

РАЦИОНАЛЬНАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ САХАРНОГО ЗАВОДА

Филоненко В.Н., канд. техн. наук,

Национальный университет пищевых технологий (E-mail: ipren@ukr.net)

Цыганков Д.Н. ООО Техпроект (E-mail: tehproekt_kursk@mail.ru)

Швецов А.А. ООО Балашовский сахарный комбинат (E-mail: sanbskinge-
neer@yandex.ru)

Общеизвестно, что для создания энергосберегающей тепловой схемы сахарного завода необходимо внедрить в его теплотехнологическую схему **четыре** группы технических решений, направленных на:

1. **Снижение** кол-во воды, поступающей в соковый поток:
 - с откачкой сока из диффузионного аппарата;
 - с известковым молоком;
 - с промывкой станций фильтрации;
 - с конденсатом, вводимым в соковый поток для «сглаживания» неравномерности подачи сока в первую (по ходу сока) ступень выпаривания.
2. **Максимальное использование** в тепловой схеме завода теплоты ее вторичных энергоресурсов (ВЭР), а именно:
 - теплоты уфельного пара вакуум-аппаратов;
 - теплоты конденсата головных корпусов ВУ;
 - теплоты конденсата последних корпусов ВУ;
 - теплоты жомопрессовой воды;
3. **Достижение** предельно возможной по условиям фильтрации концентрации сиропа из ВУ, за счет:
 - максимально возможного смещения паротборов на последние ступени выпаривания, выдерживая соответствие температуры вторичных паров ВУ эксплуатационному регламенту потребителей вторичного пара;
 - использования подогревателей с минимальным (не выше 4 °С) недогревом нагреваемого потока на выходе до температуры конденсации греющего пара;
 - увеличения числа ступеней выпаривания ВУ, обусловленном полнотой использования в тепловой схеме теплоты ВЭР.
4. **Минимизация** до функционально необходимого минимума (не выше 8 °С) снижения до температуры сокового потока по соковому тракту, вследствие потерь теп-ла в окружающую среду и не контролируемых выпаров.

На сегодня, накоплено огромное количество соответствующих технических решений по указанным направлениям энергосбережения. На рынке производственных услуг

успешно работают целый ряд фирм, владеющими этими решениями и осуществивших успешные реконструкции в энергосберегающем направлении, с результатами которых можно ознакомиться в т.ч. и по публикациям в журнале «Сахар».

По всем вопросам и направлениям энергосбережения в сахарной промышленности накоплен достаточный объем научно-технической информации. например, [1 - 6], позволяющей оперативному и административному персоналу любого сахарного завода страны поставить перед исполнителем работ задачи и оценить практически любые вопросы, решаемые в проекте.

При наличии у завода необходимых финансовых средств и доступа к трудовым ресурсам всеобъемлющую реконструкцию в направлении энергосбережения можно осуществить и в один межсезонный период.

В случае же ограничения в финансировании прочих ресурсах, осуществить все приведенные выше технические решения в один сезон не представляется возможным. Поэтому приобретает актуальность формирование их поэтапной, в определенном порядке, реализации.

Опыт неупорядоченной реализации технических решений на некоторых сахарных заводах свидетельствует не только об удлинении сроков получения результата – снижения расхода топлива на производство, но и к проблемам эксплуатационного характера, вплоть до возникновения предаварийных (а то и аварийных) ситуаций.

Ключевое положение эффективной последовательности на всех этапах реконструкции состоит в том, чтобы потребность в греющем паре технологических потребителей (вакуум-аппаратов, подогревателей) не превысила тепловые возможности корпусов ВУ. А «стремление» корпусов ВУ генерировать требуемое кол-во пара не вылилось в понижение температурного режима вторичных паров и не обернулось негативом для той же таки технологии, которая инициировала эту ситуацию.

Пример 1:

Технология завода, инициировала установку мощных с увеличенной поверхностью теплообмена вакуум-аппаратов, оснащенных механическими циркуляторами и перевод их на обогрев вторичным паром 3-го (4-го) корпуса ВУ, ожидая эффекта повышения СВ сиропа и снижения энергоемкости производства. В тоже время теплотехника (по финансовым и другим причинам) не «подкрепила» это решение ни увеличением поверхности соответствующих корпусов ВУ, ни изменением конфигурации движения сокового потока в рамках ВУ. В результате при эксплуатации завода существенно-возросшая паровая нагрузка продуктового отделения, существенно снижая температуры вторичного пара по всей ВУ (особенно на 3-м 4-м и 5-м корпусах), по существу, блокировала работу технологических станций дефекосатурации и фильтрации.

Пример 2:

Теплотехника инициировала установку подогревателя преддефектованного сока на вторичном паре последней ступени ВУ с целью увеличения СВ сиропа и снижения энергоемкости производства, рассчитывая на низкотемпературный режим эксплуатации прогрессивного преддефекатора. А технология в это же время с целью повышения выхода сахара в диффузии смонтировала в системе диффузионной установки ошпариватель стружки. В результате диффузионный сок приобрел высокую температуру и потенциально эффективный подогреватель был фактически выведен из эксплуатации.

Под рациональной последовательностью энергосберегающих технических решений, авторами предполагается такой порядок ее реализации, который обеспечивает получение экономии тепловой энергии (пара и топлива) в конце каждого этапа, и исключает возникновение эксплуатационных проблем.

На основании накопленного опыта, а также математического моделирования всего заводского комплекса «технология-теплотехника-энергетика» представляется целесообразной следующая последовательность реализации энергосберегающих технических решений.

В группу решений **первого этапа** реконструкции необходимо включить решения, используют энергосберегающие возможности тех технологических решений, которые не потребуют теплотехнического спровождения и не создают дополнительную тепловую нагрузку на ВУ. Это позволит сохранить существующую тепловую схему завода.

К таким решениям относятся:

- мероприятия по повышению активности известкового молока;
- мероприятия по увеличению дигестии стружки;
- осуществление клеровки желтого сахара сиропом из ВУ;
- гашение извести промываемой станции фильтрации с добавкой горячего конденсата (возможно сока);
- фильтрация сока на фильтрах, требующих минимального расхода воды на промывание фильтрационного осадка;
- снижение откачки диффузионного сока за счет внутренних резервов диффузионной установки;
- установка ошпаривателя в структуре диффузионной установки, понимая, что недогрев стружки при процессе диффузии приводит к недополучению товарного сахара.
- и др.

Реализация указанных решений не потребует крупных капиталовложений в сопутствующие теплотехнические решения. А главное – не создаст дополнительной тепловой нагрузки на существующие поверхности теплообмена выпарных аппаратов.

В группу решений **второго этапа** реконструкции следует включить организационно-технические решения, а именно:

- изолирование трубопроводов и теплового оборудования, понимая, что изоляция уменьшает потери в окружающую среду от их поверхности на 250 % – 300 % в зависимости от температуры;

- обеспечение типоразмерами котлов и турбин эксплуатацию паротурбинной энергоустановки ТЭЦ завода на параметрах (p_0/t_0) острого пара не ниже – 35 атм/435 °С. Дело в том, что при более низких параметрах острого пара в ТЭЦ балансовая взаимосвязь между потребленными заводом теплом и электроэнергией, в случае достижения заводом низкого (ниже 190...204 Мкал/т св) теплопотребления, «потребует» закупки для завода от 300 кВт до 1000 кВт электрической мощности в районной энергосистеме (РЭС), закупочная цена которой в 2,5 – 3 раза выше себестоимости электроэнергии собственной выработки. Это не приведет к увеличению расхода газа в ТЭЦ, но ухудшит экономические показатели реконструкции;
- эффективная организация системы удаления неконденсирующихся газов легче и тяжелее водяного пара из греющих камер диффузионных аппаратов, выпарных аппаратов и подогревателей, понимая, что это гарантия интенсивного теплообмена;
- закупка и установка кавитационно устойчивых насосов, понимая, что предотвращение кавитационных явлений в насосной установке гарантирует эффективную реализацию технических решений, использующих перемещение конденсатов (жидкостей в состоянии насыщения) с высокой температурой;
- минимизация поступления конденсата в сборник сульфитированного сока перед ВУ для создания гарантированного потока на 1-й корпус ВУ;
- минимизация неравномерности соко-стружечного потока по всем технологическим станциям завода, понимая, что неритмичность работы завода ведет к перерасходу энергоресурсов на производство;
- совершенствование системы смешения сатурационного газа с соковым потоком для увеличения степени утилизации сатурационного газа и уменьшения его количества, также уносимого газом водяного пара, и чрезмерного снижения температуры сокового потока на станциях сатурации;
- организация системы «стандарт-сироп» на выпарной установке, понимая, что эта система обеспечивает минимизацию затрат тепловой энергии на продуктивное отделение завода;
- использование антинакипина на всех корпусах ВУ с коррекцией дозировки его на протяжении всего сезона, понимая, что его применение гарантирует стабильные температуры вторичных паров ВУ и регламентный температурный режим на технологических станциях завода;
- оснащение вакуум-аппаратов механическими циркуляторами, понимая, что их установка обеспечивает и минимизацию времени уваривания, и подачу низко температурного пара в греющие камеры, и должный гранулометрический состав утфеля, и повышение производственной мощности продуктового отделения завода;

В группу **решений третьего этапа** реконструкции следует включить решения, по использованию в тепловой схеме завода теплоты вторичных энергоресурсов завода (ВЭР), понимая, что теплота ВЭР, введенная в завод, гарантирует достаточно высокую степень «вытеснения» первичного энергоносителя завода – технологического пара из ТЭЦ.

Дело в том, что всей теплоты ВЭР сахарного завода достаточно много, **не менее 50 %** от кол-ва тепловой энергии, полученной заводом от ТЭЦ. Остальная ее часть – функциональные потери, т.н. «тепловая» цена производства сахара.

Однако, поскольку «теплотехнологическая площадка» сахарного производства недостаточно велика, для использования такого большого объема низкотемпературной тепловой энергии, реальный уровень ее использования невысок.

На рис. 1. приведена типичная структура потерь тепловой энергии в окружающей среде в тепловой схема сахарного завода.

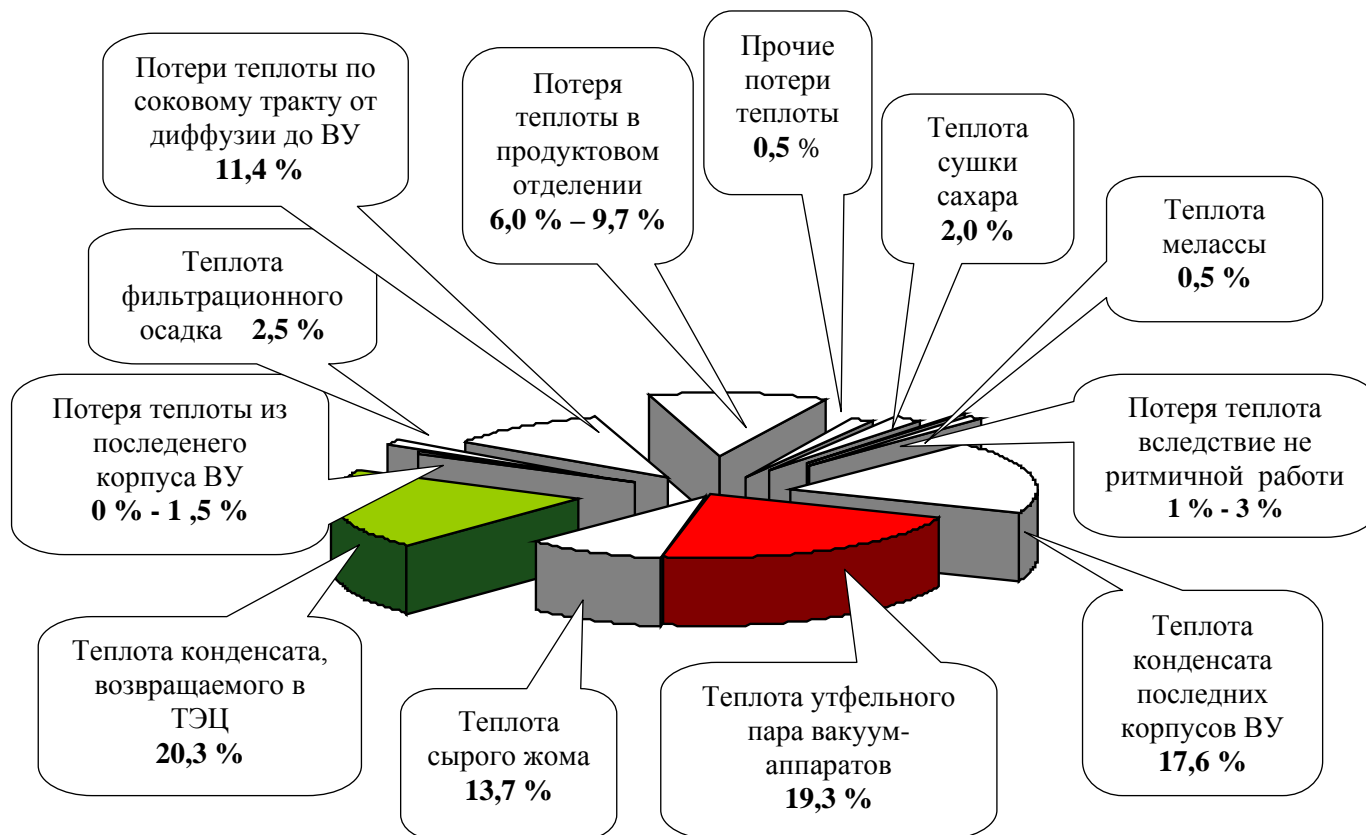


Рис. 1. Типичная структура потоков теплоты, функционально отводимой за пределы сахарного завода.

Использование (при наличии и реализации соответствующего технического решения) обеспечивает реальное вытеснение из баланса потребления теплоты заводом эквивалентного по содержанию теплоты первичного теплоносителя (отработанного пара из ТЭЦ), что приводит к уменьшению расхода пара, тепловой энергии и топлива.

Среди пригодных по своей температуре и приемлемых по количеству теплоты, **относительно вошедшей в завод теплоты**, представляют практическую ценность следующие потоки ВЭР:

- утфельный пар вакуум-аппаратов 1-го продукта – **не выше 6,0 %**;
- переданная в теплообменниках теплота конденсата последних корпусов ВУ – **от 8 % до 13 %**;

- конденсат последних корпусов, введенный в диффузионную установку, как составная часть питательной воды – на уровне **15 %**;
- жомопрессовая вода, введенная в диффузионную установку, как составная часть питательной воды – на уровне **15-20 %**.

Конденсат отработанного пара, несмотря на значительный объем своей теплоты не может быть использован, как ВЭР, поскольку является функциональным отводом теплоты.

Отработанный сатурационный газ (выпар из сатураторов), несмотря на высокую (не ниже 80 °С) температуру и объем (по нашим расчетам, не менее **8,0 %**) теплоты, не может рассматриваться как ВЭР, поскольку имеет низкое парциальное давления водяного пара и неприемлемо низкую температуру его конденсации.

Не следует воспринимать сумму теплоты ВЭР, которая реально может быть использована в тепловой схеме завода, как правило, это десятки процентов, как реальный прогноз уменьшения эксплуатационного расхода тепловой энергии на производство.

Дело в том, что в тепловой схеме завода имеет место эффект т.н. «взаимопогашения» положительных эффектов внедрения группы из двух-четырех ВЭР. И результирующий эффект снижения эксплуатационного расхода тепловой энергии на производство будет значительно меньше алгебраической суммы их теплосодержания.

Примером может служить сопоставление вариантов не использования и использования двух потоков ВЭР – жомопрессовой воды (**55 % м.св**) и конденсата (**31 % м.св**) в качестве питательной воды диффузионной установки.

Если при отсутствии использования этих компонентов удельный расход тепловой энергии в заводе составлял – **205,3** Мкал/(т св), то при их использовании – **196,9** Мкал/(т св), т.е. расход тепловой энергии уменьшился только на **4,0 %**. Несмотря на то, что содержание тепловой энергии в двух потоков ВЭР составляло не ниже 30 % от расхода тепловой энергии на завод.

Это обстоятельство формирует высокие требования к достоверности методов теплотехнологических расчетов сахарных заводов, гарантирующих объективность проектно-расчетных результатов реконструкции.

Следует обратить внимание на то, что внедрение эффективного в тепловом отношении технического решения по вовлечению ВЭР всегда требует формирования и внедрения в тепловую схему завода одновременно т.н. «компенсаторного» теплотехнического решения.

Так, внедрение даже небольшого не скомпенсированного объема ВЭР, например, теплоты конденсата в кол-ве **0,54** Гкал/ч, уменьшит отбор пара на **1,0** т/ч, а, следовательно, снизит (если это был вт. пар 4-го корпуса ВУ) кол-во выпаренной воды в ВУ на **4,0** т/ч. При расходе сока на ВУ в **125** т/час «исчезновение» 1,0 т/час пароотбора из 4-го корпуса вызовет снижение СВ сиропа от **65 %СВ** до **58 %СВ**, что вызовет заметное увеличение расходов пара на его уваривание, в целом на ВУ и, в конечном итоге, расхода топлива в ТЭЦ.

Таким образом, приступая к выбору решения о внедрении ВЭР следует одновременно формировать «компенсаторное» решение. Чтобы при реализации проекта не допустить снижения СВ сиропа.

В группу решений **четвертого этапа** реконструкции следует включить системные проектно-конструкторские решения. К их группе следует отнести следующие успешно апробированных промышленностью решения:

- повышение СВ сиропа путем смещения паробортов на последние корпуса ВУ при существующей их поверхности, которая допускает это смещение без «критического» снижения температур вторичного пара;
- использование пленочных длиннотрубных или пластинчатых конструкций выпарных аппаратов, в частности для сиропных корпусов, при проектировании энергоэффективных ВУ;
- сохранение 5-ти корпусных ВУ, но увеличением поверхности теплообмена последних ступеней выпаривания (предпочтительно пленочных) до уровня удельных поверхностей теплообмена – $0,40 \dots 0,45 \text{ м}^2/(\text{т св/сут})$;
- увеличение числа ступеней выпаривания ВУ, продиктованное полнотой использования теплоты ВЭР в тепловой схеме. При высокой стоимости топлива и убедительном экономическом обосновании возможны и 6-и и 7-ми ступенчатые ВУ;
- повышение производительности ВУ за счет проектирования ВУ с проектно-расчетным перепуском (до 15 т/ч) отработанного пара во вторичный пар 1-го корпуса ВУ и активизацией его в случае снижения паропроизводительности существующей системы паробортов без увеличения расхода пара, теплоты и топлива;
- повышение производительности ВУ за счет установки батареи пароструйных компрессоров при наличии ресурса (до 10 т/ч) редуцированного пара на завод;
- изменение конфигурации сокового потока в пределах ВУ, т.е. впуск сульфитированного сока не в 1-й корпус ВУ, а в корпус, вторичный пар которого направляется на уваривание вакуум-аппаратов 1-го продукта;
- использование в качестве питательной воды для диффузионной установки охлажденного конденсата, последних корпусов ВУ, прошедшего либо деаммонизацию, либо подкисление до регламентного значения pH;
- использование в качестве питательной воды для диффузии жомопрессовой воды, прошедшей тепловую обработку;
- использование теплоты утфельного пара для нагревания на $16 - 25 \text{ }^\circ\text{C}$ диффузионного сока перед прогрессивным преддефекатором в скоростном трубчатом подогревателе;
- использование теплоты конденсата последних корпусов для нагревания сокового потока;
- использование теплоты конденсата для нагревания сиропных и паточных сборников, понимая, что это решение снижает расход греющего пара на компенсацию потерь теплоты в продуктовом отделении;
- и др.

Главным требованием к реализации решений третьего и четвертого этапов – есть не допуск эксплуатационного снижения температур вторичных паров ВУ ниже регламентного уровня, чтобы у оперативного персонала не создалось мнение, что у ВУ не хватает пара для того или иного потребителя.

Дело в том, что пара всегда будет достаточно, если у потребителя не будет снижена температура этого пара против проектно-расчетного уровня.

Если у потребителя будет допущено снижение температуры (давления) греющего пара, то снизится количество переданной паром и воспринятой потребителями тепловой энергии, а уже это явление, в соответствии с законом теплопередачи, приведет к «нехватке» греющего пара, как носителя этой энергии. Пара у потребителя действительно недостаточно, но не потому, что его мало, а потому, что температурные условия (температурный напор у потребителя) тормозят его вход пара в греющую камеру.

Повысится давление (температура) пара, вырастет температурный напор у потребителя и пара войдет в греющую камеру столько, сколько нужно.

В качестве иллюстрации идеи, обозначенной в названии статьи, представляем проектно-расчетную версию последовательной реализации четырех групп работ по реконструкции сахарного завода в направлении энергосбережения т.е. в направлении снижения уровня потребления пара, тепловой энергии и топлива на производство сахара с прогнозными эксплуатационными результатами.

При наличии финансовых средств и возможностей в трудовых ресурсах весь комплекс можно реализовать в один сезон, как это осуществлено на некоторых успешных сахарных заводах.

При отсутствии таких возможностей работу можно растянуть на 2-3 межсезонных периода, гарантировав ежегодный прирост эффективности.

Стартовые (перед началом реконструкции) эксплуатационные показатели работы завода представлены в табл. 1.

Таблица 1.

**Стартовые эксплуатационные показатели работы
реконструируемого завода**

№ п.п.	Наименование показателя	Обозн.	Размерн.	Величина	Оценка
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
1	Производственная мощность завода	А	т св/сут	3500	Соответствует среднеотраслевой
2	Дигестия стружки	Дг	%	17,0	Соответствует среднеотраслевой
3	Откачка сока из диффузионной	G _{отк}	% к массе	123,0	Превышает

	установки		свеклы		энергосбере-гающий уровень
4	Концентрация диффузионного сока	$CB_{диф.с}$	% СВ	16,0	Превышает энергосберегающий уровень ($ДГ_{сир} - CB_{диф.с} > 0,0$)
5	Концентрация сульфитированного сока перед выпарной установкой	$CB_{сульф.с}$	% СВ	14,5	Превышает энергосберегающий уровень ($CB_{диф.с} - CB_{сульф.с} > 0,5$)
6	Концентрация сиропа из выпарной установкой	$CB_{сир}$	% СВ	65,0	Превышает энергосберегающий уровень ($CB_{сир} < 71\%$)
7	Наименование вторичного пара, обогревающего ВАА-1	-	-	Вт. пар 2-го корп. ВУ (0,7 атм(ман); 114 °С)	Не соответствует уровню
8	Удельный расход извести на производство	$g_{изв}$	% к м. св	2,50	Соответствует уровню содержания несахаров в диффузионном соке
9	Удельный расход известкового молока на производство	$\sigma_{изв.мо}$	% к м. св	13,9	Соответствует приемлемой (1,18 ед) плотности известкового молока
10	Содержание воды в известковом молоке	$w_{изв.мо}$	% к м. св	11,0	Соответствует балансовому содержанию «известь-вода»
11	Удельный расход пара на технологические нужды завода	$d_{техн}$	% к м. св.	50,6	Существенно превышает энергоэффективный уровень – 25...30 % к м.св
1	2	3	4	5	6
12	Удельный расход тепловой энергии на переработку свеклы	$q_{техн}$	Мкал/ (т свеклы)	253,3	Существенно превышает энергоэффективный уровень – 136...160 Мкал/т св
13	Удельный расход электрической энергии на переработку свеклы	$e_{техн}$	кВт·ч/ (т свеклы)	32,0	Превышает энергоэффективный уровень – 25...27 кВт·ч/(т св)
14	Параметры острого пара в ТЭЦ	p_o/t_o	атм/°С	35/435	Соответствуют требо-

					ванию завода и энергетическому балансу турбоагрегата на базе паровой турбины типа «Р- ...»
15	Удельный расход условного топлива на отпущенную от ТЭЦ тепловую энергию	вт	кг у.т/Гкал	171,1	Достаточно низкий, соответствует эксплуатационному $\eta_{т}^{ТЭЦ} = 83,6 \%$
16	Удельный расход условного топлива на отпущенную от ТЭЦ электрическую энергию	бе	г у.т/ (кВт·ч)	173,0	Достаточно низкий, соответствует эксплуатационному $\eta_{е}^{ТЭЦ} = 71,1 \%$
17	Суммарное снижение температуры сокового потока от диффузионной до выпарной установки		°С	18°	Не соответствует энергосберегающему уровню – 8...10 °С
18	Температура диффузионного сока		°С	30°	Не соответствует энергосберегающему уровню – 20...25 °С
19	Содержание CO ₂ в сатурационном газе		%	29	Не соответствует энергосберегающему уровню – 36 %
20	Коэффициент утилизации CO ₂ в сатураторах		%	60	Не соответствует энергосберегающему уровню – 80 %
21	Удельный расход условного топлива на переработку свеклы		% к м. св	4,90	Не соответствует энергосберегающему уровню – 2,70 % м.св
22	Удельный расход природного газа на переработку свеклы		м ³ газа/ т свеклы	42,5	Не соответствует энергосберегающему уровню – 23,5 м ³ /т св.

В первую группу работ в направлении энергосбережения включено решения «технологической направленности»:

- осуществление гашение извести нагретым до **95 °С** промеем соковых фильтров с автоматизированной добавкой горячего (**95 °С**) конденсата последних корпусов ВУ;
- замена станции фильтрации сиропа новыми конструкциями фильтров, обеспечивающими фильтрацию густого (> 65 %СВ) сиропа из ВУ.

Решения не требуют «компенсаторого» теплотехнического решения, поскольку не влияют на систему пароотборов ВУ. Существующая тепловая схема завода остается без изменений.

Прогноз реализации 1-й группы работ следующий:

- откочка сока не изменится и составит **123 %** к м.св;

- СВ сока перед ВУ повысится от **14,5** до **15,4** % СВ;
- СВ сиропа повысится от **65,0** до **69,0** %СВ
- расход пара на вакуум-аппараты 1-го продукта уменьшится от **15,0** до **13,3** % к м.св;
- расход пара на ВУ уменьшится от **50,6** % к м св до **48,5** % к м св.
- удельный расход пара на технологический нужды уменьшится от **253,3** Мкал/т св. до **242,4** Мкал/т св;
- расход топлива в ТЭЦ завода уменьшится на **4,0** %, от **154,1** тыс. м³/сут до **148,2** тыс. м³/сут;
- удельный расход условного топлива уменьшится **4,0** %, от **4,9** % к м св (**42,5** м³ газа/т св) до **4,7** % к м св. (**40,9** м³ газа/т св).

Во **2-ю группу** работ в направлении энергосбережения включено ряд решений «теплотехнической» направленности, а именно:

1. увеличена степень использования теплоты ВЭР в тепловую схему завода, а именно:
 - теплоты конденсата последних корпусов ВУ за счет увеличения нагрева преддефектованного сока до **11 °С** (на **5 °С**) путем установки подогревателя с большей поверхностью теплообмена;
 - теплоты и массы (**30 %** к м.св) конденсата последних корпусов ВУ за счет использования после подкисления сернистым газом для питания диффузионной установки в смеси с барометрической водой.
 - теплоты и массы (**50 %** к м.св) жомопрессовой воды после термообработки для питания диффузионной установки в смеси (учитывая характер заполнения стружкой 1-й зоны наклонного дифаппарата) с барометрической водой и конденсатом.
2. Организационно обеспечено снижение откачки сока от **123,0** % к м св до **115** % к м св.
3. Организационно обеспечено повышение СВ клеровки сахара 2 и 3 продукта от **65** % СВ до **69** % СВ.
4. Организационно обеспечено сохранение гашения извести смесью промоя станции фильтрации и конденсата.

Учитывая тот факт, что предложенный комплекс решений требует «компенсаторного» теплотехнического сопровождения, поскольку первая группа решений снижает эффективность системы паротборов ВУ, снижая пороотборы из 4-го корпуса ВУ, в качестве «компенсаторных» решений предложено:

- перевести обогрев ПВУ с системы обогрева «2-1-0» на систему обогрева «3-2-1», допустив появление недогрева в **28 °С** сока до температуры кипения в 1-м корпусе ВУ;
- увеличить нагрев преддефектованного сока до **6 °С** (против **3 °С**) путем установки подогревателя с большей поверхностью теплообмена;

Прогноз реализации 2-й группы работ следующий:

- откачка сока снизится от **123,0** % к м св до **115,5** % к м.св;
- СВ диффузионного сока возрастет от **16,0** %СВ до **17,0** %СВ;
- СВ сока перед ВУ возрастет от **15,4** %СВ до **16,4** %СВ;
- расход сокового потока на ВУ уменьшится от **111,9** до **105,4** % к м.св. -
- СВ сиропа оставляем неизменным, на уровне **69,0** %СВ – пропускной способности существующей станции фильтрации сиропа;
- расход пара на ВАА-1 уменьшится от **13,2** % к м.св до **12,5** % к м.св.
- расход пара на ВУ несколько уменьшится от **48,5** % к м.св. до **43,7** % к м.св.
- удельный расход пара на технологический нужды уменьшится от **242,5** до **218,4** Мкал/т св.
- расход топлива в ТЭЦ уменьшится от **148,2** до **135,8** тыс. м³/сут
- удельный расход условного топлива уменьшится от **4,7** % к м.св. до **4,31** % к м.св (от **40,9** до **37,5** м³/т св).

Как видно из результатов реализации 2-й группы решений существенного снижения энергоемкости завода не достигнуто. Такой результат иллюстрирует тот факт, что приоритет в энергосбережении принадлежит не концентрации сиропа из ВУ, а иным факторам использования ВЭР и снижения поступления воды в соковый поток.

В **3-ю группу работ** в направлении энергосбережения включены следующие технические решения:

- существенно увеличена 50% - ная степень использования теплоты утфельного пара для нагрева диффузионного сока перед прогрессивным преддефекатором на **20** °С (от 30 °С до 50 °С), за счет установки скоростного трубчатого подогревателя, обогреваемого утфельным паром вакуум-аппаратов 1-го продукта;
- снижается откачка диффузионного сока до **111** % к массе свеклы;
- уменьшается до технологического минимума (не выше 5 % к м.св) расход барометрической воды на диффузию за счет повышения расхода жомопроецессовой воды и деаммонизированного конденсата;

Учитывая тот факт, что предложенный комплекс решений требует «компенсаторного» теплотехнического спровождения, поскольку третья группа решений снижает эффективность системы паротборов ВУ, снижая проотборы из 4-го корпуса ВУ, в качестве «компенсаторных» решений предложено:

Прогноз реализации 3-й группы работ следующий:

- откачка сока снизится от **115,5** % к м св до **111,0** % к м.св;
- СВ диффузионного сока возрастет от **16,9** %СВ до **17,7** %СВ;
- СВ сока перед ВУ возрастет от **16,4** %СВ до **16,9** %СВ;
- расход сокового потока на ВУ уменьшится от **105,4** до **100,8** % к м.св. ;

- СВ сиропа оставляем неизменным, на уровне **69,0 %** СВ – пропускной способности существующей станции фильтрации сиропа;
- расход пара на ВАА-1 уменьшится от **12,5 %** к м.св до **11,7 %** к м.св.
- расход пара на ВУ уменьшится от **43,7 %** к м.св. до **39,4 %** к м.св.
- удельный расход пара на технологический нужды уменьшится от **218,4** до **196,9** Мкал/т св.
- расход топлива в ТЭЦ уменьшится от **135,8** до **123,7** тыс. м³/сут
- - удельный расход условного топлива уменьшится от **4,3 %** к м.св. до **3,9 %** к м.св (от **37,5** до **34,4** м³/т св).

Таким образом, в результате реализации 3-х групп приведенных выше технических решений на сахарном заводе прогнозируемое снижение расхода топлива в ТЭЦ составляет 20,5 % (от 4,9 % к м.св. до 3,9 % к м.св.).

Эффект снижения потребления тепловой энергии и топлива относительно невелик, поскольку в заводе все еще сохраняются весомые энергозатратные факторы, а именно:

- остаются чрезмерные потери температуры сокового потока от диффузионной установки до ВУ (18 °С против 8-10 °С);
- остается чрезмерно высоким паропотребление станции уваривания утфелей всех продуктов (18,1 % к м.св против 11,0...13,5 % к м.св);
- остается 33 % недоиспользованной теплоты утфельного пара (20 °С против 30 °С повышения температуры сока в «утфельном» подогревателе);
- остается повышенная температура диффузионного сока (30 °С против 20 °С);
- остается повышенная потеря теплоты от неритмичности работы завода;
- остается нагрев сиропа и паток в продуктовом отделении паром, а не конденсатом;
- и т. д.

Обращаем внимание на тот факт, что достигнутый уровень удельного расхода тепловой энергии и топлива на производство не потребовал ни формирования 6-ти корпусной ВУ, ни использования выпарных аппаратов пленочного типа, ни заметного смещения пароотборов на последние корпуса ВУ, ни изменения конфигурации сокового потока в системе ВУ (т.н. межкорпусного ввода сока), ни покупки электроэнергии в РЭС.

Потребность в решении поставленных выше проблем возникает только тогда, когда проектом реконструкции поднимаются вопросы:

- повышения производственной мощности завода выше 6000 т св/сут, требующих применения выпарных аппаратов большой единичной мощности;
- полномасштабного внедрения теплоты ВЭР в схему завода, требующего увеличения числа ступеней выпаривания;
- предельной минимизации потерь теплоты на технологических станциях, требующей повышения паропроизводительности системы пароотборов ВУ и создания ВУ с коэффициентом эффективности на уровне 3,5 – 3,8 т исп.воды/т гр.пара;

- возрастания качества производимого сахара в частности по цветности продукта, требующего минимизации времени пребывания выпариваемого сока в ВУ;
- некоторые другие вопросы организации энергоснабжения завода.

Вывод.

Используя приведенный выше подход к реконструкции, располагая еще достаточным перечнем не использованных технических решений вполне возможно достичь минимального уровня энергопотребления сахарного завода. На сегодняшний день, это:

- удельный расход пара на завод – **28,1** % к массе свеклы;
- удельный расход тепловой энергии на завод – **136,1** Мкал/т св;
- удельный расход электрической энергии на завод – **27,5** кВт·ч/т св;
- удельный расход условного топлива в ТЭЦ – **2,7** % к массе свеклы (*при $b_T=164,6$ и $b_e = 166,6$*);
- удельный расход природного газа в ТЭЦ – **23,5** м³ газа / тонну свеклы,

Указанный уровень энергоемкости производства достигнут некоторыми сахарными заводами Европы, внедрившими максимальный объем теплоты ВЭР и минимизировав поступление воды в соковый поток на всех технологических станциях завода.

Литература

1. Маркитан С.В. и др. // Пути повышения технико-экономических показателей тепловых схем сахарных заводов.- Цукор України, - № 5 (29), 2002.- с. 5-8.
2. Филоненко В.Н. Сыщиков В.В., Никитин О.В. // От аудита к реконструкции: теплотехнический аспект. – Сахар.- № 6. – 2005. – С. 24– 26.
3. Филоненко В.Н., Никитин О.В. // Теплоэнергетика сахарного производства: технико-экономический аспект. – Сахар.– № 5.– 2006. – С. 2–6.
4. Филоненко В.Н., Никитин О.В., Михайлов В.И., Ветров А.П. Эффективный сахарный завод: вопросы проектирования. – Сахар. – 2006.- № 6.- 51-54.
5. Филоненко В.Н., Михайлов В.И, Ветров А.П. // К вопросу о финансовой целесообразности достижения европейского уровня потребления топлива сахарными заводами СНГ. – Сахар. – 2008.- № 10.- С. 34-37.
6. Филоненко В.Н., Михайлов В.И., Ветров А.П // Современные выпарные установки: потенциал, проблемы. Сахар. – № 1.- 2009.- С. 46-49

**РАЦИОНАЛЬНАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ
САХАРНОГО ЗАВОДА**

**RATIONAL ENERGY SAVING SEQUENCE TECHNICAL SOLUTIONS
FOR SUGAR FACTORIES**

OR

**RATIONALLY CONSISTENT (LOGICAL) OF REALIZATION
ENERGY-SAVING SOLUTION FOR SUGAR FACTORIES**

Authors:

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

Ключевые слова:

Сахарное производство, технические решения, тепловая энергия, топливо, энергосбережение, реализация, этапы рациональность, последовательность.

Key words:

Sugar production, technical solutions, thermal energy, fuels, energy conservation, implementation stages of rationality, consistency.

Аннотация

В статье приведены методы формирования групп технических решений энергосберегающей направленности и рациональной последовательности их реализации для сахарного завода, исключающие возникновение эксплуатационных проблем, вызванных возникновением непомерной тепловой нагрузки на существующее тепловое оборудование (на выпарные аппараты и подогреватели).

Annotation:

The article presents the methods of formation of groups of technical solutions energy saving orientation and rational sequence of its realization for sugar factory, precluding the occurrence of operational problems caused by the occurrence of excessive heat load on the existing thermal equipment (on the evaporators and heaters).

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)