

ОТ АУДИТА К РЕКОНСТРУКЦИИ. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

- В.Н. Филоненко** – Институт проблем энергетики в пищевой промышленности НУПТ (Украина, Киев)
- Сыщиков В.В.** – ОАО «Заинский сахар» (Россия, Заинск)
- Никитин О.В.** – ЗАО «Красный сахар (Россия, Санкт-Петербург)

На сегодня, на наш взгляд, весомость эксплуатационных факторов в глазах владельцев сахарных заводов по степени ее убывания выглядит следующим образом:

1. Фактор роста производственной мощности завода
2. Фактор приемлемого срока возврата вложенного в реконструкцию финансового капитала
3. Фактор увеличения выхода сахара и снижения потерь сахара в производстве
4. Фактор автоматизации контроля и управления технологическим процессом
5. Фактор энергоемкости, т.е. достижения экономически обоснованного минимального уровня энергопотребления предприятия

Именно в этих пяти направлениях в различной степени их комплексности осуществляются деятельность фирм, предоставляющих свои услуги для сахарной промышленности России.

Методология реализации работы хорошо известна специалистам, от аудиторского обследования, через проектирование до внедрения с обязательным шефнадзором за реализацией проектных решений.

Именно в этом ключе в последние годы выполняет свои работы ЗАО «Красный сахар», в частности на сахарных заводах Татарстана, на Буинском, Заинском и Нурлатском, выполняя работы по наращиванию мощности до 6,0 тыс.тонн свеклы в сутки.

Ниже предлагаем рассмотрение теплотехнического аспекта реконструкции на примере вышеуказанных сахарных заводов.

Наш анализ состояния энергоемкости ряда сахарных заводов России (по результатам обследований 2001-2004 г.г.) не позволяет считать его удовлетворительным, если сравнивать с европейским уровнем энергопотребления, **рис. 1**.

Удельный расход «энергетического» топлива (без угля на обжиг известняка) на переработку свеклы на большинстве сахарных заводов России, имеющих собственную ТЭЦ, не ниже **4,70 - 9,00 %** к массе перерабатываемой свеклы.

За исключением заводов «Свобода» и «Ленинградский», уровень которых следует признать наиболее энергосберегающим среди обследованных нами заводов.

В то время, как европейский уровень составляет **2,90 – 3,60 %** к массе свеклы.

Следует учесть, что низкий расход топлива это не только имидж энергоэкономического предприятия, но огромные затраты на соответствующее оборудо-

дование – пленочные (трубчатые или пластинчатые) выпарные аппараты, пластинчатые подогреватели, системы фильтрации густого сиропа, вакуум-аппараты с принудительной циркуляцией утфеля, деаммонизационные установки, системы автоматизации высокого уровня и т.п.

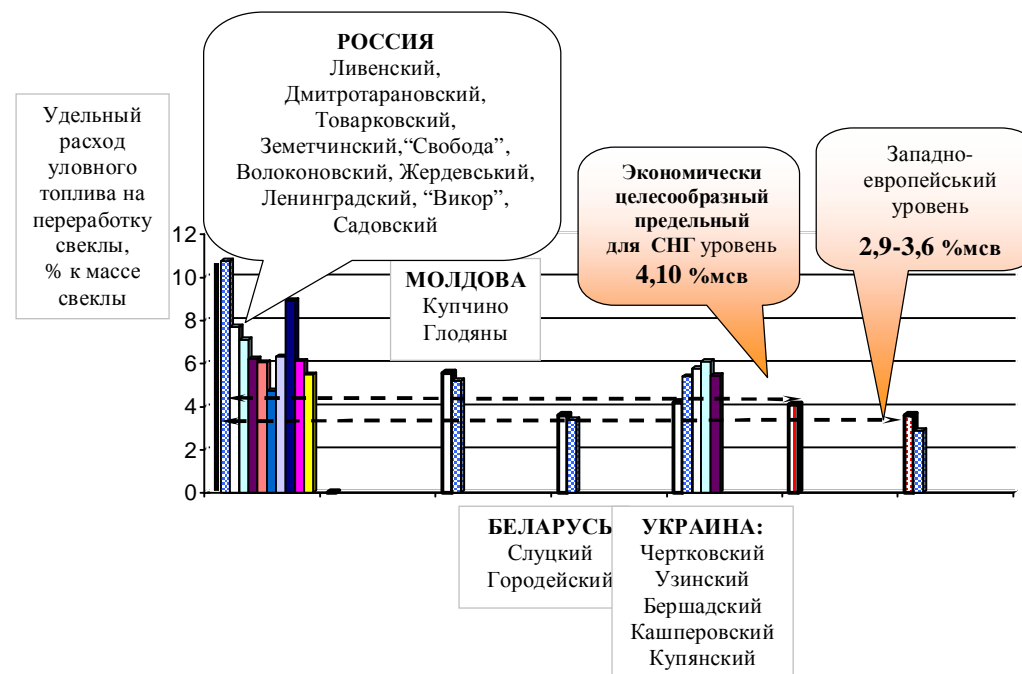


Рис.1 Удельные расходы топлива (без топлива на обжиг известняка) некоторых сахарных заводов России, Беларуси, Украины, Молдовы. По результатам обследований 2002-2004 г.г.

Учитывая разницу цен на топливо в Европе (150-250 \$/тыс.м³) и России (35-40 \$/тыс.м³) такое состояние дел не вызывает особенной тревоги у владельцев сахарных заводов.

Известно, европейские заводы «пришли» к энергосбережению исключительно экономическим путем, из-за существенного веса топливной составляющей а в структуре себестоимости готовой продукции.

И в России и в Украине топливная составляющая все еще недостаточно весома для стимулирования энергосбережения. Правда для придания ей весомасти практикуется топливную составляющую относить на заводскую себестоимость процесса переработки, а не на стоимость продукции.

На сегодня специалистам отрасли из российских [4-6], и украинских литературных источников, [1-3, 7], хорошо известны и факторы, которые вызывают перерасход топлива, и роль каждого фактора в энергосбережении.

Известен также перечень фирм, которые предлагают и реализуют свои услуги в решении задачи энергосбережения, от энергоаудита и проектирования

до изготовления и шефнадзора за реконструкцией. Выработано также объективное мнение о каждой из фирм.

Следует отметить приведенный в [6] неожиданным взгляд г-на В. Колесникова из СКНИИ сахарной свеклы и сахара (г. Краснодар) на ситуацию в энергосбережении. Неожиданным, поскольку абсолютно правильные и необходимые заводам аудиторские предложения активно работающих фирм “Техинсервис” и “Скиф-Контрол”, реально доказавшим свою эффективность на реальных заводах, представляются неэффективными.

Считаем, что на сегодня имеется достаточный информационный и технический фундамент для выработки эффективного пути решения вопросов энергосбережения.

Поскольку энергосбережение – комплексная тепло-технологическая задача то перед работниками завода, ответственными за решение проблемы, стоит задача выбора того или иного порядка внедрения необходимых технических решений.

Метод проб и ошибок на пути энергосбережения заводы используют уже не одно десятилетие. Статистика работ по снижению расхода топлива на сахарных заводах знает много вариантов начала работ, но не много их успешного завершения.

Как показали результаты наших обследований, большинство сахарных заводов имеет стандартный набор узлов несовершенства тепловой схемы, их перечень приведен, например, в [2,3].

Даже на достаточно энергосберегающих заводах нами выявляется от 6 до 8 «скрытых» узлов несовершенства тепловых схем.

Накопленный нами опыт обследования и моделирования сахарных заводов, опыт их реконструкции позволяют сформировать рациональную, по нашему убеждению, систему внедрения энергосберегающих технических решений.

В качестве **первоэтапной** должна быть решена задача снижения поступления воды в соковый поток, что в самой значительной степени гарантирует получение густого сиропа даже при несовершенной тепловой схеме.

Для решения задачи **первого этапа** потребуются:

- Использовать жомпрессовую воду (при наличии жомовых прессов) в качестве составляющей питательной воды диффузии.
- Снизить откачку сока до уровня $118...120$ % к массе свеклы, обеспечив разность $D_{г\text{стружки}} - СВ_{диф.сока}$, т. н. «разрыв-1», не выше 0,5 % СВ за счет доведения до совершенства оборудования и процессов по тракту подачи свеклы и в диффузионном аппарате.
- Обеспечить снижение концентрации сока от диффузии до ВУ не выше 1,0 % СВ, обеспечив разность $СВ_{диф.сока} - СВ_{сульф.сока}$, т. н. «разрыв-2», не выше 0,8 % СВ для чего:
 - Снизить кол-во промывной воды на станции фильтрации до уровня 1-2 % м св,
 - Снизить расход извести до $2,0...2,5$ % к м св
 - Обеспечить активность известкового молока не ниже 95 %

На **втором этапе** следует выполнить работы по использованию вторичных энергоресурсов (ВЭР) в тепловой схеме завода, а именно:

- Теплоты уфельного пара, составляющей **22...25** % от теплоты полученной заводом от ТЭЦ
- Теплоты конденсатов головных (1-го и 2-го) корпусов ВУ, составляющей **22...27** % от теплоты полученной заводом от ТЭЦ,
- Теплоты последних корпусов ВУ, составляющей **12...17** % от теплоты, полученной заводом от ТЭЦ

Для решения задачи **второго этапа** необходимо:

- Внедрить установку по деаммонизации конденсата последних корпусов ВУ десорбционного типа, гарантирующей удаление до 90 % аммиака, и использовать его для диффузии до в количестве до 50 % к массе свеклы .
- Внедрить подогреватель диффузионного сока перед обработкой на станции дефекосатурации, обогреваемый уфельным паром, с нагревом сока на $12-15$ °С . Конструкция подогревателя - предпочтительней трубчатая, обеспечивающая высокую скорость сока в трубках и минимизацию отложений на внутренней поверхности.
- Внедрить систему каскадного самоиспарения и охлаждения до $100...103$ °С конденсатов головных (1-го и 2-го) корпусов ВУ в сборниках-испарителях.
- Внедрить подогреватель сока перед основной дефекацией с нагревом на $8...11$ °С, обогреваемый объединенным потоком конденсатов последних корпусов ВУ, исключив откачку горячего ($92-95$ °С) конденсата из последнего конденсатного сборника на аммиачный ящик.

На **третьем этапе** надлежит выполнить работы по увеличению производительности ВУ по выпаренной воде. Критерием совершенства ВУ и ее системы пароотборов служит коэффициент испарительной способности – $K_{ву}$ (тонн выпаренной на ВУ воды / тонн греющего пара, поступившего на ВУ). Реальные значения $K_{ву}$ находятся в пределах $1,8...2,25$, что на $20...35$ % ниже предельно достижимого значения - $2,8...2,9$.

Низкие значения $K_{ву}$ обуславливают низкую концентрацию сиропа даже при нормативной откачке сока из диффузии.

Для решения задачи третьего уровня необходимо:

- Перевести, в первую очередь, обогрев вакуум-аппаратов 1-го продукта на обогрев вторичным паром 3-го корпуса (при условии достаточно большой поверхности нагрева 3-го корпуса ВУ).
- Внедрить пароконтактный подогреватель питательной воды для диффузии, способный нагреть ее до регламентной температуры $66...68$ °С вторичным паром 5-го корпуса ВУ.
- Эксплуатировать ВУ в режиме 5-корпусной станции, осуществив значительный пароотбор из последнего корпуса.

- Внедрить пластинчатые или трубчатые подогреватели сока перед основной дефекацией, способные нагреть его:
 - на 5... 6 °С вторичным паром паром 5-го корпуса.
 - на 16...18 °С вторичным паром паром 4-го корпуса
 - на 9...10 °С вторичным паром паром 3-го корпуса
- Внедрить пластинчатые или трубчатые подогреватели сока перед выпарной установкой, способные нагреть его:
 - на 10... 12 °С вторичным паром паром 3-го корпуса ВУ.
 - на 8...10 °С вторичным паром паром 2-го корпуса ВУ
 - на 10...12 °С вторичным паром паром 1-го корпуса ВУ,

Результатом третьего этапа работ является получение густого «энергосберегающего», с концентрацией 66...68 % СВ сиропа из ВУ.

Достижение предельно высокой (72-75 %СВ) концентрации сиропа из ВУ приведет к незначительному, не более 3-4 %, снижению расхода топлива, а проблемы с закупкой вакуум-аппаратов с циркуляторами и автоматики его уваривания высокого уровня создаст значительные.

При формировании и реализации плана работ следует иметь в виду, что:

- Технические решения **1-го** этапа могут внедряться независимо от работ 2-го и 3-го этапов.
- Технические решения **3-го** этапа могут внедряться независимо от работ 1-го и 2-го этапов.
- Технические решения **2-го** этапа должны в обязательном порядке дополняться работами 3-го этапа. В противном случае ожидаемого эффекта снижения расхода пара и топлива на завод не будет. Решения 2-го этапа, сокращая пароотборы из корпусов ВУ, снижают ее производительность и повышают расход пара на завод.

ЗАО «Красный сахар» видит реальный путь реконструкции сахарного завода в сочетании технических решений «европейского» уровня с использованием теплотехнического оборудования «традиционных» образцов, оснастив его автоматикой «европейского» уровня добиться приемлемого результата по всем 5-м приоритетным аспектам, представляющим комплексный интерес владельцу предприятия.

На сегодня ЗАО «Красным Сахар» совместно с ОАО «Скиф-Контрол» (Киев) - разработка и внедрение средств автоматики, ОАО «Сахпроект» (Курск) - проектирование, ИПЭПП (Киев) – разработка и обоснование технических решений, начал поэтапную реализацию своих проектов совершенствования энерготехнологии Балашовского, Ромодановского, Динского, Ленинградского, «Викор» сахарных заводов.

На сегодня уже реализованы, правда не в полной мере из-за масштабности работ, проекты наращивания мощности и энергосбережения Буинского и Заинского сахарных заводов.

Перечень некоторых технических решений, использованных в указанных проектах, не вдаваясь в их описание, приводим ниже.

1. Реализована 5-ти корпусная выпарная установка (ВУ), скомпонованная из трубчатых аппаратов с естественной циркуляцией, поверхностью нагрева от 2360 м² до 3000 м², обеспечивающих относительную дешевизну проекта.
2. Установлен спаренный 3-й корпус ВУ с целью обеспечить в дальнейшем, перевод вакуум-аппаратов 1-го продукта на обогрев вторичным паром 3-го корпуса и возможность максимально использовать ВЭР.
3. Осуществлена многокаскадная система отвода конденсатов, обеспечивающая глубокое использование теплоты конденсатов внутри завода.
4. Реализован режим активно кипящего 5-го корпуса ВУ, максимально «работающего» на сгущение сиропа, с двумя паровыми отборами.
5. Осуществлена протяжка вторичного пара 4-го корпуса через греющую камеру 5-го корпуса, обеспечивающая должный уровень интенсивности конденсации пара в его «слабо напряженной» поверхности теплообмена.
6. Спроектирован и будет установлен трубчатый теплообменник преддефекованного сока, нагреваемый конденсатом из последних корпусов ВУ, обеспечивающий использование 12-17 % теплоты, ранее теряемой заводом.
7. Спроектирован, изготовлен и установлен трубчатый подогреватель диффузионного сока, нагреваемый вторичным паром 5-го корпуса ВУ, вносящий максимальный вклад в сгущение сиропа.
8. Спроектирован, изготовлен и установлен пароконтактный подогреватель барометрической воды для диффузии, нагревающий вторичным паром 5-го корпуса ВУ, вносящий максимальный вклад в сгущение сиропа.
9. Спроектированы и установлены паропроводы с диаметрами, обеспечивающие минимизацию «транспортных» потерь температуры конденсации пара, температурного напора и поверхности теплообмена подогревателей.
10. Спроектированы и установлены межкорпусные перепускные сокопроводы, регулирующие заслонки, обеспечивающие действенность системы автоматики.
11. Реализован 3-х ступенчатый нагрев сока перед 1-м корпусом ВУ, вторичными парами 3-го, 2-го и 1-го корпусов ВУ в пластинчатых подогревателях « α -Laval»/
12. Сформирован объединенный поток конденсата последних корпусов ВУ (т.н. аммиачного) с температурой 103 °С необходимого как для минимизации поверхности нагрева трубчатого теплообменника-охладителя большой тепловой мощности, отечественного изготовления так и для последующей его деаммонизации.
13. Осуществлен необходимый перепад высот между спаренными корпусами ВУ, обеспечивающий ускоренный переток сока и регулирование уровней.
14. Осуществлена полная автоматизация работы ВУ, дополненная системой предупреждающей сигнализации и руководящих указаний о событиях не могущих быть урегулированными системой и требующей осмысленного ручного вмешательства
15. И т д.

Результаты реализации в сезон 2005 г. 1-го этапа проекта реконструкции ОАО «Заинский сахар» изложены ниже.

По росту производственной мощности от 3400 до 5000 т свеклы в сутки, см. рис. 2.

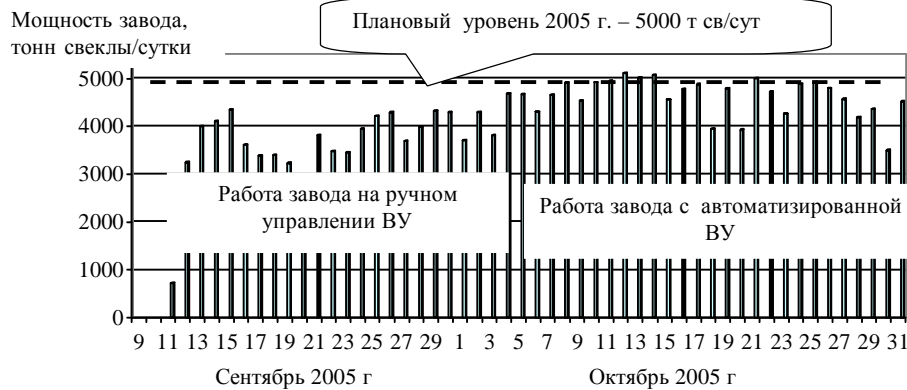


Рис. 2. Диаграмма суточной производственной мощности ОАО «Заинский сахар» за 2-а месяца работы сезона 2005 г.

По концентрации сиропа из выпарной станции – 63,0 – 68,0 % СВ

Ниже, на рис. 2, в качестве примера, приведена почасовая концентрация сиропа в течение 3-х суток (07-09. 10.05 г) работы завода:



Рис. 3. Эксплуатационная концентрация сиропа из выпарной станции за период (07-31) 10. 2005 г..

По энергоёмкости завода - удельный расход газа (в условном топливе) в котельной завода составил 4,17 – 4,72 % к массе свеклы см. рис. 4.

Удельный расход
условного топлива на
котельную завода,
% к массе свеклы

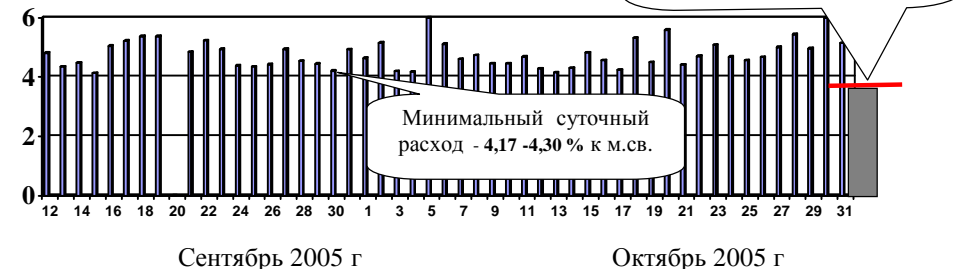


Рис. 4. Удельный расход условного топлива в котельной ОАО «Заинский сахар» после реконструкции выпарной станции и наращивания мощности до 5000 т свеклы в сутки.

Дальнейшая реализации проекта в части завершения тепловой схемы завода, если завод в силу различных причин не отклонится от условий Технического задания, гарантирует заводу выполнение всех ожидаемых показателей и по мощности, и по окупаемости капложений, и по выходу сахара, и по энергоёмкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Князев А.О. и др. Расходы тепла и топлива на производство сахара: перспективные, проектные, реальные.- Цукор України, № 1, 1994, с.8-13
2. Филоненко В.Н. // Энергозбереження та експлуатаційні фактори в цукровому заводі.- Цукор України, - №2, 2000.- С.17-19.
3. Филоненко В.Н. // Энергозбереження в цукровій галузі. Проблеми й перспективи.- Харчова і переробна промисловість.- № 1, 2002, С. 24-26.
4. Колесников В.А. и др. // Где мы теряем пар и топливо.- Сахар, №3, 2002.- с. 46-47.
5. Маркитан С.В. и др. // Пути повышения технико-экономических показателей тепловых схем сахарных заводов.- Цукор України, - № 5 (29), 2002.- с. 5-8
6. Колесников В.А. // Теплотехнический аудит: что мы получаем на практике.- Сахар.- № 4.- 2003.- С.12-14.
7. Филоненко В.М., Прядко М.О. // Энергозбереження в бурякоцукровій галузі. Реальний стан та перспективи.-Цукор України.- № 5.- 2005.- С.35-38.