

А. А. Андрижиевский, д-р техн. наук, профессор; Т. В. Семерня, студентка;  
Э. А. Михалычева, науч. сотрудник; Л. В. Новаш, науч. сотрудник;  
А. Г. Трифонов, д-р техн. наук (ОИЭЯИ «Сосны» НАН Беларуси)

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

The purpose of work is application of methods of an expert estimation of economic efficiency of introduction energy preservation actions. Objects of the analysis are perfume-cosmetic manufacture and Borisov's manufacture of textile materials. The analysis of determining criteria of efficiency of introduction energy preservation actions is executed. Methodical features of a substantiation of variants of updating of objects of power are considered. Calculation of economy of power resources is lead at introduction energy preservation actions.

Внедрение энергосберегающих мероприятий связано со значительными затратами на их реализацию, поэтому важнейшей проблемой является правильная оценка эффективности их применения. Проектный подход при принятии решения о внедрении энергосберегающих мероприятий предусматривает анализ определяющих критериев эффективности.

В настоящее время можно выделить два крайних методологических подхода к оценке эффективности реализации новых технологий и лежащего в их основе технологического оборудования:

- технико-экономические оценки в рамках энергетического планирования технологий с организацией оптимальной инфраструктуры;

- оценка эффективности реализации конкретной технологии вне ее локальных технологических связей.

Кроме того, при принятии решения о целесообразности реализации энергосберегающих технологий или модернизации оборудования в основном принимаются во внимание только прямая предполагаемая чистая прибыль, т. е. прямой экономический эффект.

Вместе с тем следует учитывать, что большинство энергосберегающих мероприятий внедряются в существующую инфраструктуру с установленными технологическими и энергетическими связями. В результате осуществления энергосберегающего мероприятия эти связи могут разрушиться или переустановиться, кроме того, могут возникнуть новые энергетические связи, что может оказать заметное влияние на эффективность работы предприятий (сопряженных технологий), находящихся в данной инфраструктуре.

Таким образом, для достоверной оценки эффективности внедрения энергосберегающих мероприятий необходимо учитывать энергетические и экономические показатели не только объектов внедрения, но и связанных с ними сопряженных технологий и технологических устройств. Иными словами, требуется комплексный

анализ всех факторов внедрения – учет в финансовом расчете косвенных издержек или прибылей, которые возникнут на других участках, в цехах, на предприятиях в результате осуществления энергосберегающего мероприятия.

Поэтому необходимо точно выявить все определяющие энергетические связи энергосберегающего мероприятия с другими сопряженными производствами и рассматривать расширенную инфраструктуру сопряженных технологий.

Методологии комплексного анализа энергетической и экономической эффективности сопряженных технологий была тестирована на примере системы теплоснабжения парфюмерно-косметического производства. Система теплоснабжения предприятия осуществляется на базе собственной котельной, в состав которой входят два котла: паровой Е-2.5-14 ГСМ и водогрейный ДЕ-10-14 ГМ (рис. 1).

Паровой котел 1 (Е-2.5-14 ГСМ) используется для производственных нужд, водогрейный котел 2 (ДЕ-10-14 ГМ) обеспечивает систему отопления и горячего водоснабжения предприятия. Обеспечение тепловой энергией технологического производства осуществлялось следующим образом. В реакторы 3 подавалась холодная вода, а в кожух реактора из парового котла поступал пар, который и нагревал воду до необходимой по техническим условиям температуры. После растворения самого тугоплавкого компонента парфюмерно-косметической смеси в рубашку подавалась охлаждающая вода.

Использовать паровой котел невыгодно по следующим причинам:

- регулировать параметры пара достаточно сложно;
- непосредственно для нагрева воды в реакторе пар использовать нельзя;
- для того чтобы нагреть воду в реакторе, сначала прогревается большая масса металла реактора.

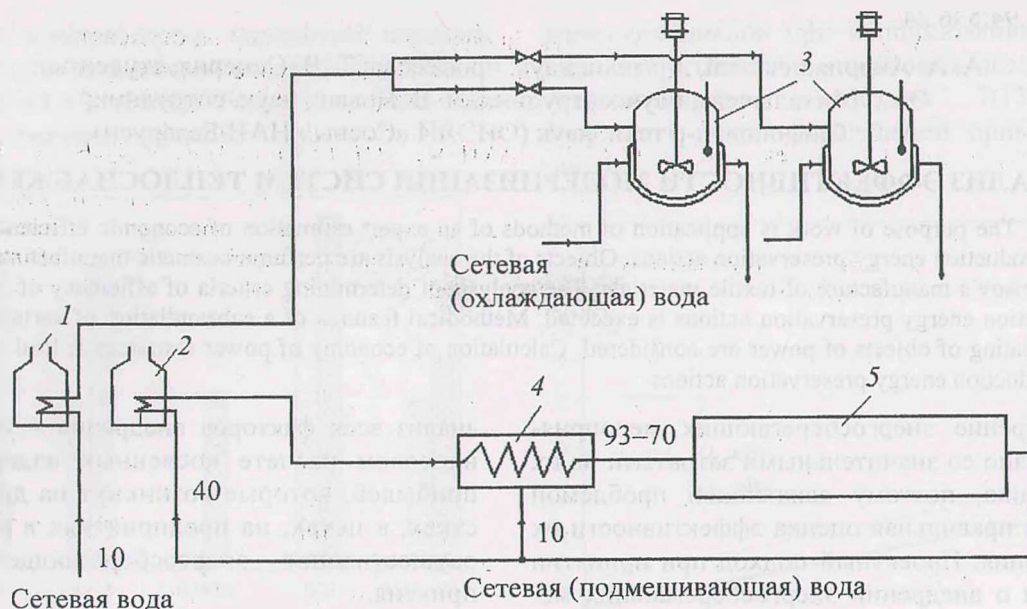


Рис. 1. Схема парфюмерно-косметического производства:

1 – паровой котел; 2 – водогрейный котел; 3 – реакторы;  
4 – промежуточный теплообменник системы отопления; 5 – система отопления

Для того чтобы улучшить работу котельной и иметь возможность более качественного регулирования параметров снабжения теплом технологических нужд предлагается установить систему подготовки технологической воды (рис. 2), которая позволит поставить на консервацию паровой котел и повысить КПД водогрейного котла.

Основным элементом системы является теплообменный аппарат 2.

Технологическая вода, поступающая для нагрева в теплообменный аппарат, проходит предварительную подготовку (очистка воды от механических примесей и солей жесткости, бактерицидная обработка).

Так как исходные параметры воды для производства продукции могут иметь различные значения (как по объему воды, так и по начальной температуре), применяется система регулирования отпуска воды.

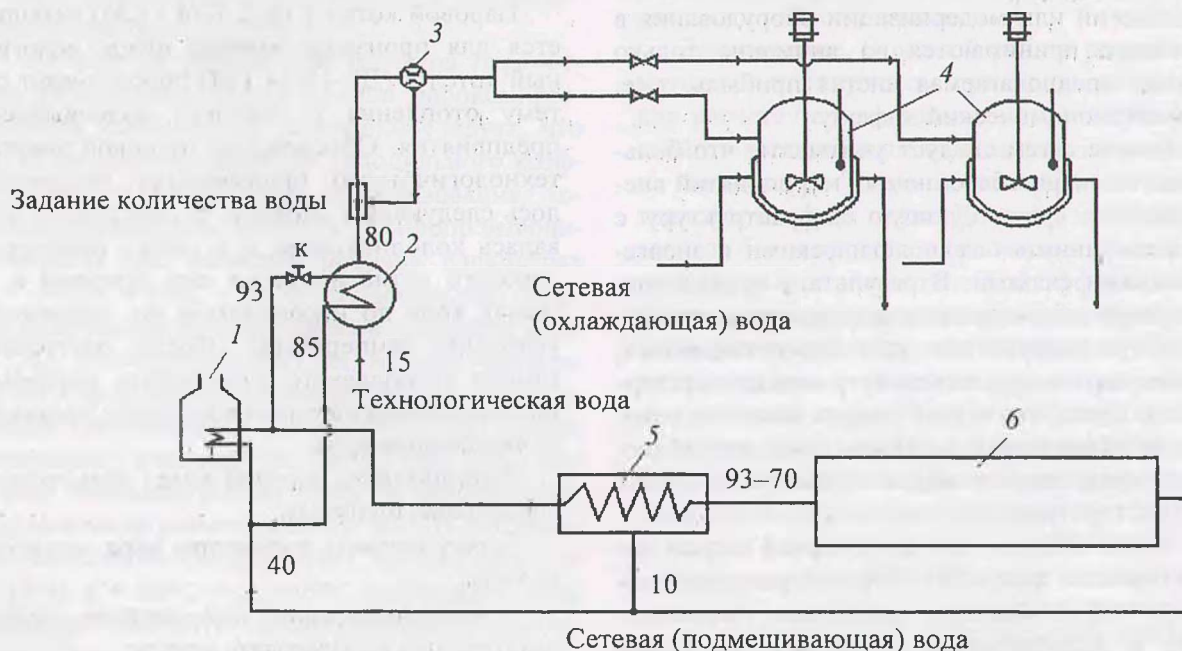


Рис. 2. Упрощенная схема подготовки технологической воды:

1 – водогрейный котел; 2 – теплообменный аппарат; 3 – система дозирования воды;  
4 – реакторы; 5 – промежуточный теплообменник системы отопления; 6 – система отопления



Автоматическое поддержание (регулирование) температуры воды, подаваемой в реактор, осуществляется путем смешения в трехходовом вентиле горячей воды из теплообменника и холодной воды из емкости. Далее через расходомер вода нужных технологических параметров подается в реактор.

Система отопления и горячего водоснабжения остается неизменной. Преимущества новой системы:

- возможность более качественного регулирования параметров горячей воды;

- существенное уменьшение времени разогрева технологической воды, чем при нагреве реактора через паровую рубашку, а следовательно, снижение энергетических затрат на единицу продукции;

- улучшение качества продукции за счет точной дозировки воды и автоматизации процесса ее подачи в реактор;

- увеличение КПД котельной.

Вторым примером тестирования методологии комплексного анализа эффективности внедрения энергосберегающего мероприятия стала система теплоснабжения УП «Борисовский комбинат текстильных материалов», которая включает систему отопления и систему горячего водоснабжения.

Были проведены следующие энергосберегающие мероприятия:

- замена в системах отопления и горячего водоснабжения пароводяных бойлеров аппаратами «Фисоник» ДУ 80 с расходом сетевой воды 60 т/ч каждый;

- замена в системе отопления сетевых насосов электрической мощностью 110 кВт сетевыми насосами электрической мощностью 55 кВт;

- замена в системе горячего водоснабжения сетевых насосов электрической мощностью 18,5 кВт сетевыми насосами электрической мощностью 11 кВт.

Система теплоснабжения до и после модернизации представлена на рис. 3, 4.

Пароводяной струйный аппарат (далее ПСА) относится к пароводяным струйным насосам и предназначен для подогрева и перекачки воды при помощи водяного пара. Он представляет собой теплообменник контактного типа, в котором происходит смешение пара и воды напрямую, при этом давление и температура воды на выходе превышает исходные параметры.

Принцип действия ПСА основан на физическом явлении из области гидродинамики двухфазных потоков, суть которого заключается в возникновении скачка уплотнения в двухфазном потоке при разгоне его до сверхзвуковой скорости и последующем торможении с переходом звукового барьера. Теплообмен в камере смешения ПСА происходит путем непосредственного контакта пара и жидкости. Пар подается в камеру смешения через сопло Лавала, а жидкость – через кольцевую диафрагму, соосно паровому потоку, в виде кольцевой струи. При взаимодействии потоков происходит распыление потока жидкости высокоскоростной струей пара, в результате чего в камере смешения происходит формирование мелкодисперсного сверхзвукового потока равновесной двухфазной смеси.

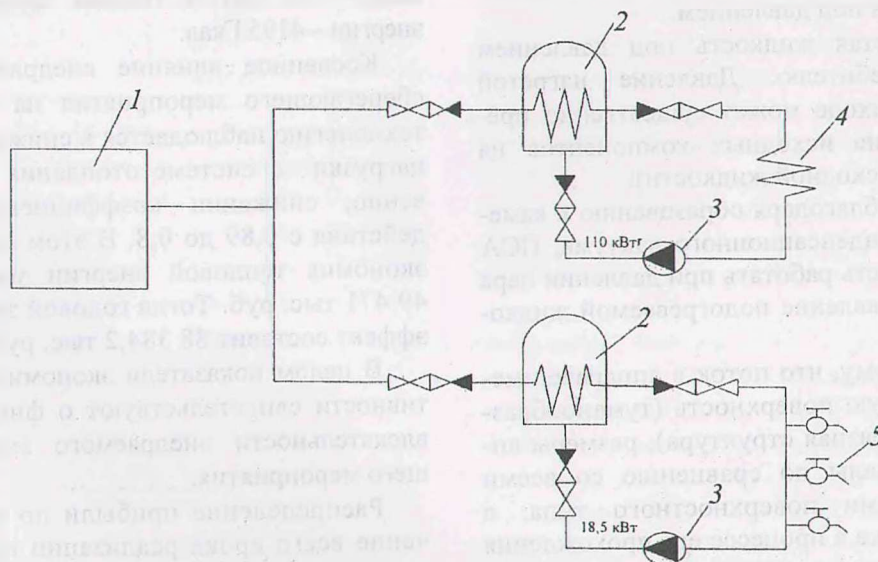


Рис. 3. Схема системы теплоснабжения

УП «Борисовский комбинат текстильных материалов» до модернизации:

1 – паровой котел; 2 – пароводяной бойлер; 3 – сетевой насос;

4 – потребители тепла; 5 – потребители горячей воды

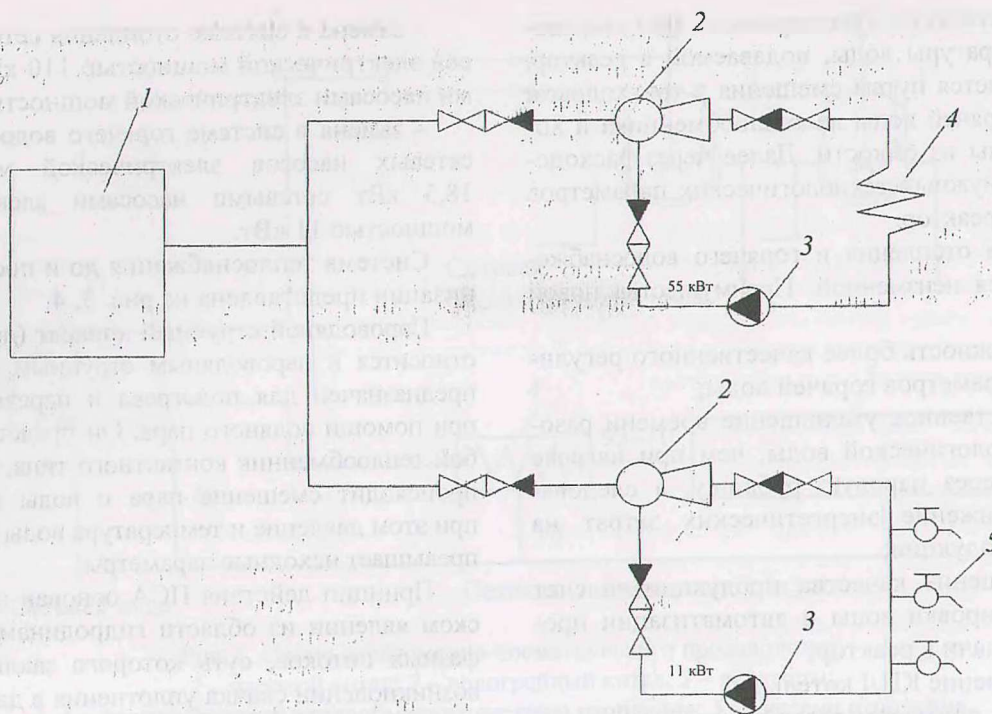


Рис. 4. Схема теплоснабжения УП «Борисовский комбинат текстильных материалов» после модернизации:  
 1 – паровой котел; 2 – пароструйный аппарат «Фисоник»;  
 3 – сетевой насос; 4 – потребители тепла; 5 – потребители горячей воды

В процессе истечения сверхзвукового двухфазного потока смеси через горловину сверхзвукового диффузора в потоке возникает скачок уплотнения, в результате которого статическое давление в потоке существенно возрастает и становится больше давления насыщения при температуре смеси, что приводит к схлопыванию объема, занимаемого паровой фазой, с образованием однофазного потока нагретой жидкости под давлением.

Далее нагретая жидкость под давлением подается потребителю. Давление нагретой жидкости на выходе может существенно превышать давление исходных компонентов на входах (пара и исходной жидкости).

Кроме того, благодаря образованию в камере смешения конденсационного вакуума, ПСА имеет возможность работать при давлении пара меньшем, чем давление подогреваемой жидкости на входе

Благодаря тому, что поток в аппарате имеет очень развитую поверхность (туманообразная или пенообразная структура), размеры аппарата очень малы по сравнению со всеми теплообменниками поверхностного типа, а давление в потоке в процессе его прохождения по нему не падает, а возрастает.

В отличие от бойлера, КПД аппаратов «Фисоник» близко к единице, и, следовательно, их использование позволяет сокра-

тить расходы на теплоснабжение предприятия.

Использование аппаратов «Фисоник» позволило установить на сети менее напорные насосы, в связи с тем, что исключается гидравлическое сопротивление бойлеров, в этом случае отпадает необходимость в подпиточных насосах. Годовая экономия электрической энергии составила – 376 кВт·ч; годовая экономия тепловой энергии – 4195 Гкал.

Косвенное влияние внедряемого энергосберегающего мероприятия на сопряженную технологию наблюдается в снижении тепловой нагрузки в системе отопления и, соответственно, снижении коэффициента полезного действия с 0,89 до 0,8. В этом случае годовая экономия тепловой энергии уменьшится до 49 471 тыс. руб. Тогда годовой экономический эффект составит 88 384,2 тыс. руб.

В целом показатели экономической эффективности свидетельствуют о финансовой привлекательности внедряемого энергосберегающего мероприятия.

Распределение прибыли по проекту в течение всего срока реализации проекта с учетом прямого эффекта внедрения энергосберегающей технологии и с учетом косвенного влияния внедряемого мероприятия на сопряженную технологию представлено на рис. 5.



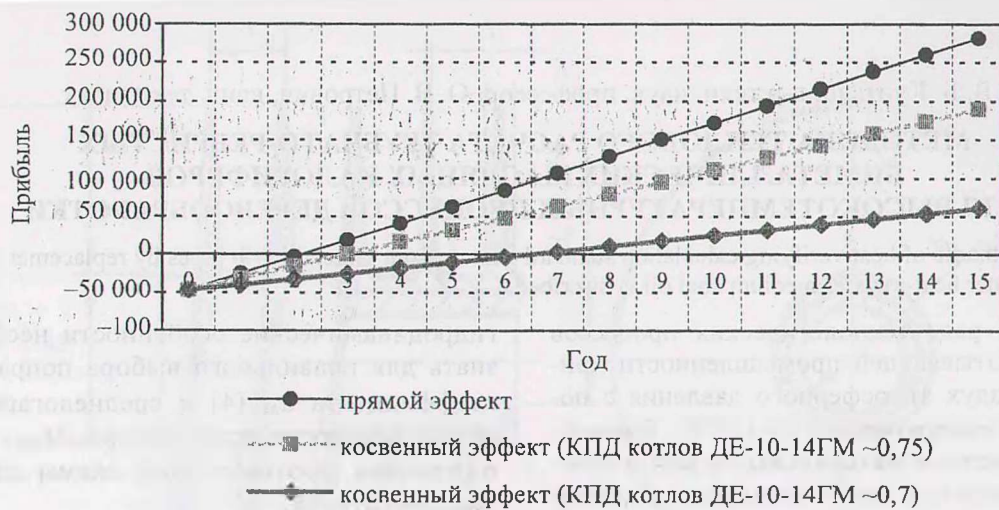


Рис. 5. Финансовый профиль проекта

Для достоверной оценки эффективности внедрения энергосберегающих мероприятий необходимо учитывать энергетические и экономические показатели не только объектов внедрения, но и связанных с ними сопряженных технологий и устройств, т. е. требуется комплексный анализ всех факторов внедрения – учет в финансовом расчете косвенных издержек или прибылей, которые возникнут на других участках, цехах, предприятиях в результате осуществления энергосберегающего мероприятия.

#### Литература

1. Ковалев В. В. Методы оценки инвестиционных проектов. – М.: Финансы и статистика. – 2001.

2. Методические рекомендации по комплексной оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. – М.: Экономика, 2000.

3. Денисов В. И. Методические особенности обоснования вариантов обновления объектов электроэнергетики // Электрические станции. – 2003. – № 5. – С. 2–7.

4. Козьмина З. Ю. и др. Оценка экономической эффективности модернизации энергетического оборудования // Электрические станции. – 2003. – № 12. – С. 22–26.

5. Котлы и котельно-вспомогательное оборудование ЗАО ПО «Бийскэнергомаш». – М., 1999. – С. 35–37.