

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты термодинамического анализа эффективности существующего энергопотребления текстильных и трикотажных предприятий на базе эксергетического метода. На их основе определены варианты повышения эффективности энергообеспечения отделочных производств и предприятий в целом. На примере ОАО «Барановичское хлопчатобумажное объединение» разработаны схемы рекуперации и утилизации тепловой энергии низкопотенциальных побочных потоков в отделочном производстве и оценена их термодинамическая и экономическая эффективность. Предложена схема энергообеспечения предприятия от собственного генерирующего источника и показана её технико-экономическая эффективность.

ANNOTATION

The study reveals the results of the thermodynamic analysis of textile enterprises existing energy consumption efficiency in the framework of the exergy method. On their basis, the options for improving the power supply system of finishing department and whole textile industry enterprise are identified and determined. On the example of JSC "Baranovichi Cotton Association" new flow chart has been designed including recovery and utilization system of low-grade thermal energy flows in finishing technological processes. Thermodynamic and economic efficiency of the modernization has been evaluated. The new power supply system based on own cogeneration source are proposed and its technical and economic efficiency are estimated.

К вопросу совершенствования теплоэнергетической системы предприятий лёгкой промышленности на примере ОАО «Барановичское хлопчатобумажное объединение»

В. Н. Ромانيук, д. т. н., профессор, Д. Б. Муслина, аспирант,
Белорусский национальный технический университет

Введение

В соответствии с методологией интенсивного энергосбережения для реализации максимального энергосберегающего потенциала производства необходим системный подход к решению задачи и максимальное расширение границ энергосберегающей базы. Традиционная методология энергосбережения при подходе к достижению цели в рамках отдельных агрегатов не может обеспечить решение задач по снижению энергетической составляющей производства [1–3]. Дальнейшее продвижение в рассматриваемом проблемном поле связано с построением теплоэнергетической системы промышленного предприятия (ТЭСПП) рациональной в целом структуры — пути, который в большинстве случаев не используется, например, в ходе традиционных энергоаудитов, оставаясь вне внимания и исполнителей, и заказчика. При реструк-

туризации имеющейся ТЭСПП и её совершенствовании удобно использовать иерархическое построение, отражающее взаимную значимость и функциональные назначения теплотехнологических и теплоэнергетических установок [3, 4].

В работах [5–7] рассмотрены варианты совершенствования отдельных подсистем отделочного производства. В статье приведены результаты, полученные при расширении энергосберегающей базы, для которой создаётся соответствующая теплоэнергетическая система, на примере ОАО «Барановичское хлопчатобумажное объединение» (БПХО).

Существующее положение.

Энергетический анализ

БПХО находится в зоне теплоснабжения Барановичской ТЭЦ, энергетические возможности которой сравнительно невелики: удельная выработка электроэнергии составляет 114 кВт·ч/Гкал, электрический абсолютный КПД паровой турбины на потоке пара равен 12 %. КПД использования топлива — 80 %.

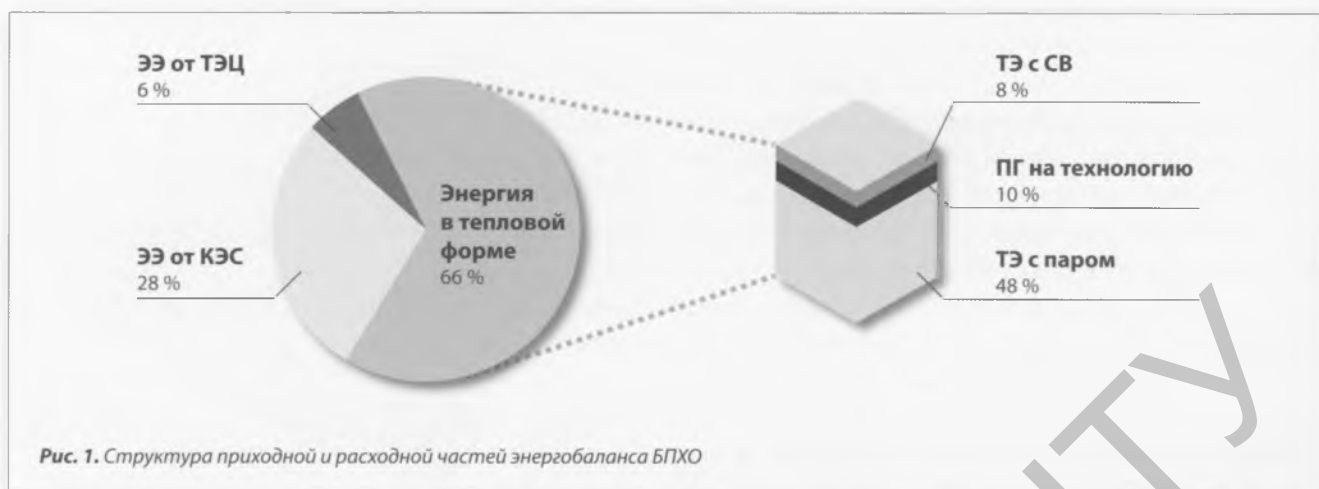


Табл. 1. Основные энергетические и эксергетические характеристики работы БПХО в штатном режиме за рабочие сутки отопительного периода

Наименование показателя	Обозначение	Значение (контрольная поверхность на границе предприятия)*	Значение (контрольная поверхность на границе энергосистемы)*
Энергетический КПД, %	η_z	0,004	0,002
Степень термодинамического совершенства технической системы, %	ν	27,0	9,5
Термодинамический КПД _т , %	η_t	0,006	0,002
Степень технологического совершенства, %	β	73	90,5
Степень полного совершенства технической системы, %	μ	0,0047	0,0019
Затраты энергии на тонну материала с учётом электроэнергии, ГДж/т	q	90,7	181,5
Затраты эксергии на тонну материала, ГДж/т	e	55,7	172,4
Потери эксергии по отношению к её значению на входе, ГДж/т, в т. ч.:	D	56,0	172,6
• внешние, ГДж/т	D_1	1,4	6,4
• внутренние, ГДж/т	D_e	54,6	166,2

* Пояснения см. на рис. 2.

Этими относительно низкими показателями объясняется низкоэффективная структура источников энергообеспечения чисто теплотехнологического предприятия, находящегося в зоне ответственности ТЭС и не имеющего каких-либо собственных источников, для которого большая часть электроэнергии генерируется, тем не менее, конденсационными электростанциями (КЭС), что неэффективно (рис. 1).

Из анализа структуры приходной части энергобаланса БПХО следует:

1. Предприятие теплотехнологическое, электрическая составляющая меньше тепловой в два раза и равна 34 %, что соответствует среднестатистической структуре энергопотребления промышленного сектора Беларуси [8].

2. Большая часть электроэнергии (до 80 %) для предприятия генерируется не на Барановичской ТЭС по комбинированной технологии, а на конденсационных мощностях энергосистемы с потерями в ходе транспортировки и трансформации электроэнергии от КЭС до потребителя. Для такого теплотехно-

логического предприятия, каким является БПХО, оказывается, что в структуре генерации на подобных паротурбинных ТЭС имеет место дефицит электроэнергии, для покрытия которого необходимы КЭС. Это вывод важен для обоснования решений о необходимости совершенствования энергообеспечения предприятия.

3. Основное потребление теплоты (73 % энергии потребляемой в тепловой форме) диктуется технологией и связано с паровым теплоносителем. Отопительная нагрузка и потребление природного газа на технологию имеют существенно меньший вес.

Для оценки эффективности существующего энергопотребления предприятия обратимся к абсолютным и относительным эксергетическим характеристикам [9], которые рассчитаны ранее в ходе термодинамического анализа на базе эксергетического метода для отдельных подсистем предприятия [5]. Для всей ТЭСПП БПХО результаты термодинамического анализа приведены в табл. 1, пояснения к которой представлены на рис. 2.

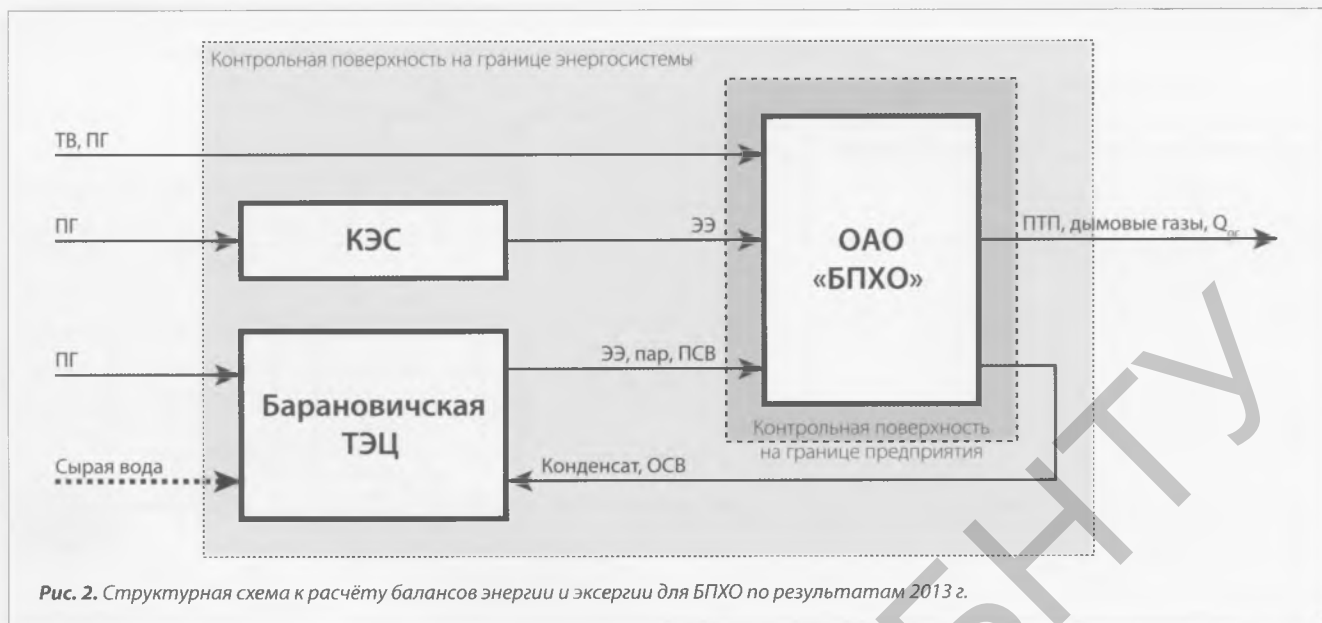


Рис. 2. Структурная схема к расчёту балансов энергии и эксергии для БПХО по результатам 2013 г.

Приведённые сокращения: ПТП — побочные тепловые потоки, ТВ — техническая вода, ОСВ — обратная сетевая вода, ПСВ — прямая сетевая вода, ПГ — природный газ, Q_{oc} — потери в окружающую среду.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что энергопотребление БПХО в рассматриваемом периоде характеризуется крайне низкой термодинамической эффективностью, а система энергообеспечения требует принципиальной перестройки. Для улучшения ситуации требуется блокирование потерь эксергии как внутренних D_i , так и внешних D_e , результатом чего станет улучшение значений целевых функций: снижение абсолютного расхода энергии за счёт совершенствования энергопотребления предприятием и уменьшение расходов на энергообеспечение производства за счёт повышения эффективности использования первичного энергоресурса при генерации тепловой энергии и электроэнергии. На неблагоприятное положение с обеспечением преобразованными видами энергоресурсов указывает значительное ухудшение относительных характеристик (в 2–3 раза) при расширении контрольной поверхности анализируемой технической системы, когда в её состав входят подсистемы преобразования топлива в требуемые для технологии энергоресурсы: тепловая энергия и электроэнергия (рис. 1 и 2, табл. 1).

Реструктуризация теплоэнергетической системы предприятия

Для рационализации энергопотребления в состав существующей ТЭСМП дополнительно интегриру-

ются подсистемы рекуперации, утилизации теплоты низкотемпературных побочных потоков с помощью абсорбционных бромисто-литиевых тепловых насосов (АБТН) и абсорбционных холодильных машин (АБХМ), паровые и водяные тепловые аккумуляторы (рис. 3).

Для указанной системы, подвергнутой реструктуризации, определены показатели энергопотребления. В табл. 2 приведены два альтернативных варианта модернизации: с переходом к собственной когенерационной выработке преобразованных энергопотоков и без неё.

Очевидно улучшение термодинамических оценок энергопотребления и, как следствие, снижение потребности в энергоресурсах и затрат на их приобретение. Для лучшей иллюстрации изменений следует обратиться к схеме, разъясняющей подсистему энергообеспечения (рис. 4), и структуре генерации энергопотоков различными источниками (рис. 5). Снижение потребности импорта природного газа для обеспечения потребности предприятия за счёт использования высокоэффективного собственного когенерационного комплекса составит 3,8 млн. m^3 в год, за счёт повышения качества энергоиспользования (суммарный эффект от когенерационного комплекса и утилизации энергии побочных тепловых потоков производства) — 5,5 млн. m^3 в год. В относительных единицах когенерация обеспечивает улучшение основных показателей от 22 до 50 % по отношению к существующим. Удельное потребление энергии снижается на 36,9 МДж/т (20 %). Бесспорно улучшение структуры энергообеспечения. Отказ

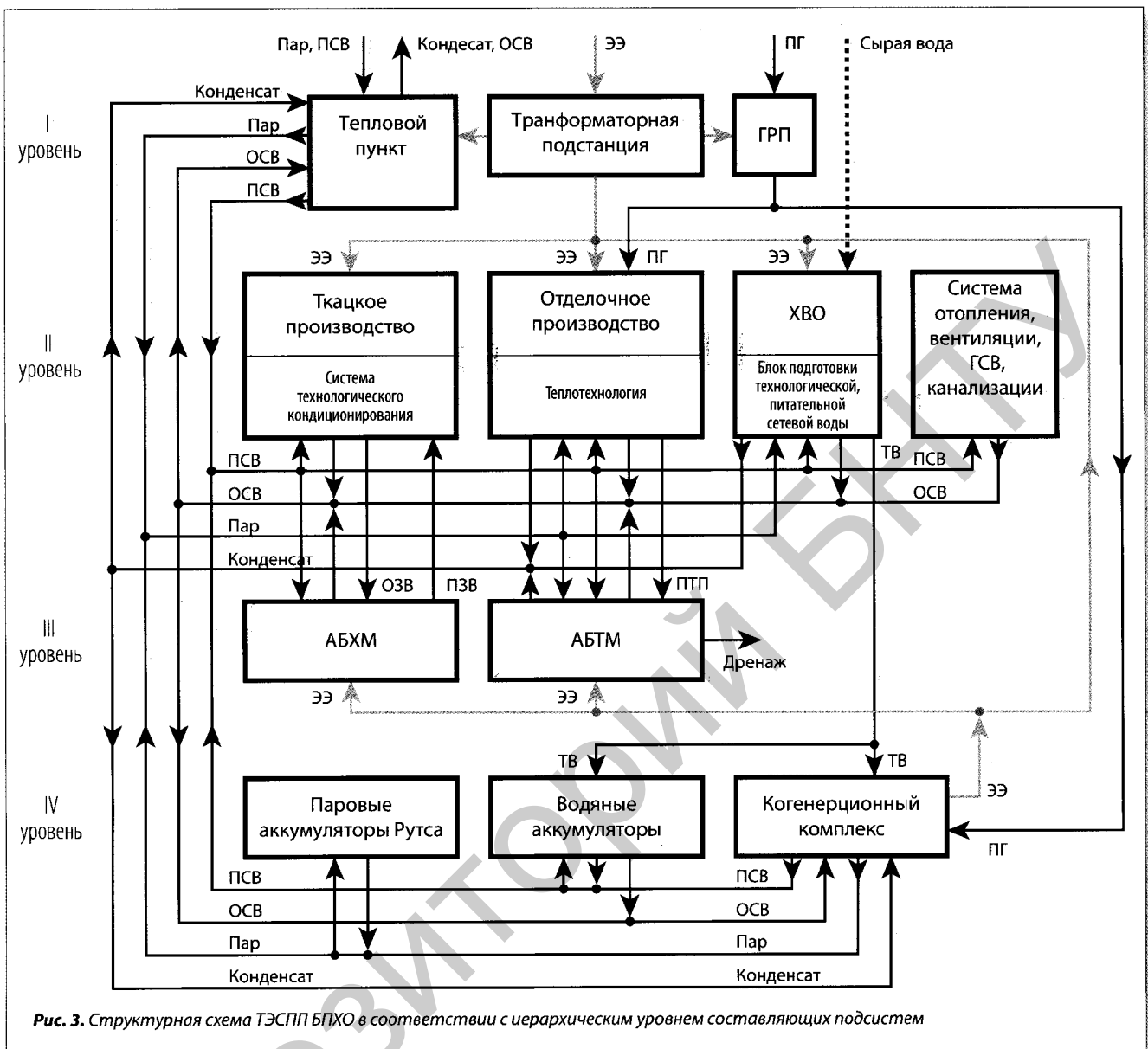


Рис. 3. Структурная схема ТЭСПП БПХО в соответствии с иерархическим уровнем составляющих подсистем

от полного замещения генерации электроэнергии сторонними источниками связан с безусловными ограничениями на выдачу избытков мощности внешним потребителям и нецелесообразностью работы собственной системы генерации энергопотоков в островном режиме.

Обозначения см. на рис. 2.

Для иллюстрации путей достижения полученного эффекта на рис. 6 приведена принципиальная тепловая схема отделочного производства, являющегося основной теплотехнологией предприятия.

В итоге осуществлено изменение схемы тепловой подготовки технологических потоков с переходом к их 2-ступенчатому нагреву водяным и паровым теплоносителем, утилизации побочных потоков [10, 11], выполнено расширение энергосберегающей базы

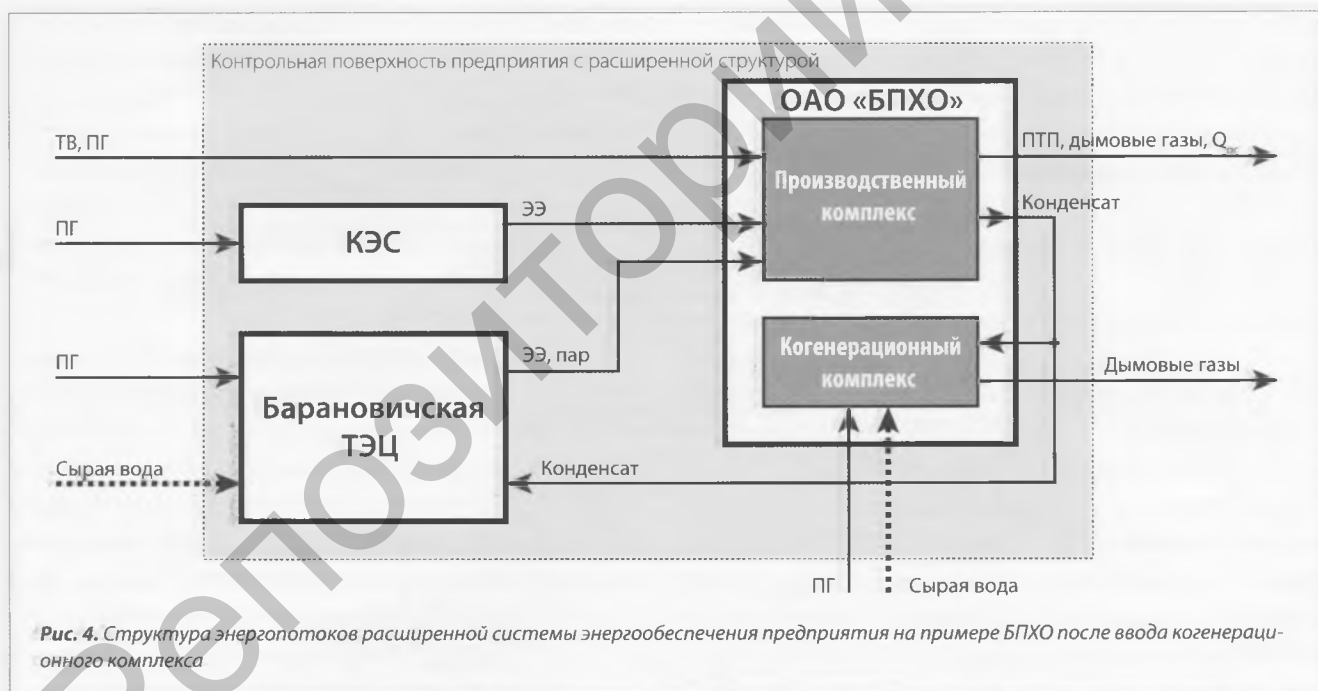
с выходом за рамки отделочного производства до границ предприятия в целом. Предусматривается в первую очередь непосредственная рекуперация теплоты до 30,2 Гкал/сутки и последующая утилизация теплоты с помощью АБТН низкотемпературных побочных потоков в количестве 12,4 Гкал/сутки. При этом будет отпущено 30,2 Гкал/сутки теплоты с сетевой водой, из которых на системы теплоснабжения приходится 4,9 Гкал/сутки. В результате побочные потоки охлаждаются до температуры 15 °С, обеспечивая 42,6 Гкал/сутки экономии тепловой энергии, или 17 % теплотребления предприятия (1,9 тыс. т у.т. в год). На привод АБТН потребуется влажный пар давлением 0,2–0,4 МПа в количестве 17,8 Гкал/сутки.

Следует отметить некорректность сравнения показателей энергоиспользования, принятых в СНГ

Табл. 2. Основные энергетические и эксергетические характеристики работы БПХО после модернизации за рабочие сутки отопительного периода (значения приведены для случая, когда контрольная поверхность находится на границе энергосистемы*)

Наименование показателя	Обозначение	Существующее положение	Положение после модернизации	
			Вариант 1 (без собственной генерации электроэнергии*)	Вариант 2 (с собственным когенерационным комплексом*)
Энергетический КПД _э , %	$\eta_э$	0,002	0,0021	0,003
Степень термодинамического совершенства технической системы, %	ν	9,5	10,0	11,6
Термодинамический КПД _т , %	$\eta_т$	0,002	0,002	0,003
Степень технологического совершенства, %	β	90,5	90,0	88,4
Степень полного совершенства технической системы, %	μ	0,0019	0,0020	0,0023
Затраты энергии на тонну материала с учётом электроэнергии, ГДж/т	q	181,5	171,3	144,6
Затраты эксергии на тонну материала, ГДж/т	e	172,4	162,8	137,4
Потери эксергии по отношению к её значению на входе, ГДж/т, в т. ч.:	D	172,6	162,9	137,6
• внешние, ГДж/т	$D_в$	6,4	5,8	5,0
• внутренние, ГДж/т	$D_вн$	166,2	157,1	132,6
Годовая экономия условного топлива, тыс. т/год	ΔB	—	1,9	6,3
Простой срок возврата инвестиций, лет	τ	—	до 0,5	3,3

* Пояснения см. на рис. 2, 3.



и Евросоюзе, поскольку в европейских показателях энергоёмкости продукции не учитываются затраты топлива на генерацию вторичных энергоресурсов (тепловой и электроэнергии). В ЕС используются следующие показатели [12]:

- ♦ удельное энергопотребление — SEC, потребление энергии в ГДж на тонну продукции;
- ♦ энергоёмкость продукции — EI, отражает количество потреблённой энергии в МДж на производство 1 евро готовой продукции;

- ♦ интенсивность выбросов диоксида углерода — CEI, тонны выбросов CO₂ на тонну продукции.

Для БПХО показатель энергоёмкости SEC в существующем положении равен 90,7 ГДж/т, в результате предложенной модернизации он снижается до 83,7 ГДж/т, что соответствует уровню лучших показателей подобных немецких предприятий с одинаковым технологическим оборудованием (80–90 ГДж/т), где затраты на отопление ниже из-за мягких



Рис. 5. Структура приходной и расходной частей энергобаланса БПХО после модернизации теплоэнергетической системы предприятия

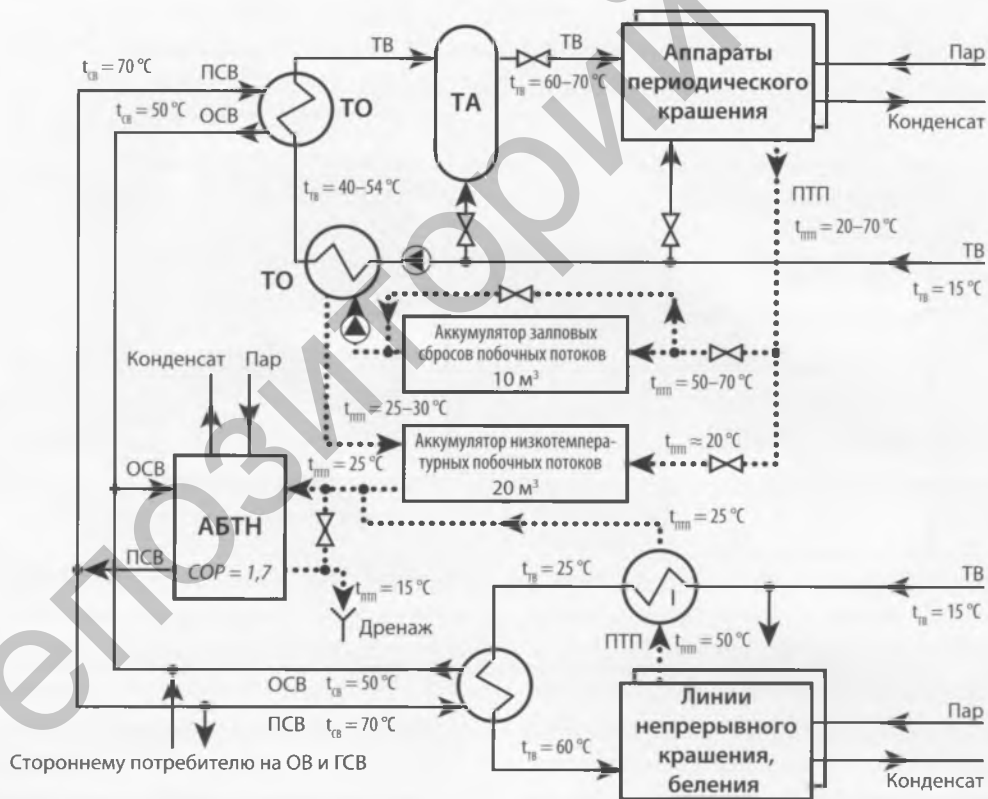


Рис. 6. Схема теплоэнергетической системы отделочного производства с утилизацией энергии побочных тепловых потоков путём интеграции в неё АБТН для внешнего энергоиспользования и 2-ступенчатой рекуперацией

климатических условий [12]. С учётом стоимости продукции показатель энергоёмкости EI для отделочных производств Германии равен 7–8 МДж/EUR. Для БПХО в 2013 г. величина соответствующего показателя энергоёмкости EI составила величину

15 МДж/EUR, после модернизации она снижается до 13,7 МДж/EUR. Разница обусловлена более высокой стоимостью готовой продукции в Германии.

Если обратиться к такой характеристике эффективности энергоиспользования, как количество

Табл. 3. Техничко-экономические показатели по вариантам модернизации

Наименование показателя	Вариант 1	Вариант 2
Годовая балансовая прибыль, млн. руб.	9 899	47 383
Потребность в финансировании, млн. руб.	6 770	140 331
Внутренняя норма доходности (IRR), %	143,9%	29,9%
Срок окупаемости простой (PP), лет	0,69	3,29
При ставке дисконтирования 10 %		
Чистый дисконтированный доход (NPV), млн. руб.	56 192	169 610
Индекс доходности инвестиционных затрат (PI), руб./руб.	10,96	2,33
Срок окупаемости динамический (DPP), лет	0,76	4,19
При ставке дисконтирования 15 %		
Чистый дисконтированный доход (NPV), млн. руб.	41 885	100 583
Индекс доходности инвестиционных затрат (PI), руб./руб.	8,42	1,79
Срок окупаемости динамический (DPP), лет	0,80	4,87
При ставке дисконтирования 20 %		
Чистый дисконтированный доход (NPV), млн. руб.	32 354	54 627
Индекс доходности инвестиционных затрат (PI), руб./руб.	6,74	1,43
Срок окупаемости динамический (DPP), лет	0,83	5,88

выбросов диоксида углерода на тонну произведённой продукции (CEI), получим для текстильных и трикотажных предприятий Германии 14–17 тонн CO₂/т продукции, для БПХО в случае модернизации по варианту без когенерации CEI снизится с 4,9 до 4,5 тонн CO₂/т продукции. Столь существенная разница обусловлена тем, что основным топливом в Германии служит уголь.

Оценка экономической целесообразности реализации мероприятий концепции интенсивного энергосбережения

Для оценки эффективности вариантов модернизации теплоэнергетической системы предприятия рассчитаны основные показатели экономической эффективности в соответствии с действующими методическими рекомендациями и нормативной документацией [13, 14]:

- ♦ динамический срок окупаемости проекта;
- ♦ чистый дисконтированный доход NPV;
- ♦ индекс рентабельности PI.

Расчёты основных показателей эффективности капитальных вложений основаны на движении чистых потоков наличности, базирующихся на экономии денежных средств за счёт снижения производственных издержек на приобретение энергоресурсов со стороны. Полученные показатели эффективности инвестиций представлены на рис. 9–13 и в табл. 3. Горизонт расчёта при расчёте технико-экономических показателей принят в 15 лет.

Результаты расчёта показывают, что предложенные варианты модернизации ТЭСПП БПХО отвечают всем требуемым критериям, предъявляемым к проектам при отборе их для финансирования:

- ♦ динамический срок окупаемости меньше срока службы оборудования;
- ♦ чистый дисконтированный доход превышает нулевое значение;
- ♦ индекс рентабельности инвестиций больше 1.

Оценка экономической целесообразности модернизации теплоэнергетической системы ОАО БПХО и устойчивости показателей проекта к изменению основных факторов риска

Российская академия наук ранжировала факторы риска реализации проектов совершенствования энергообеспечения [13, 14]. Эти риски сохраняются и в случае проектов модернизации энергопотребления промышленными предприятиями. Для проверки устойчивости предложенных вариантов модернизации ТЭСПП на примере БПХО к изменениям наиболее существенных факторов риска был произведён анализ чувствительности.

Основными факторами риска снижения возврата инвестиций являются:

- ♦ увеличение стоимости топлива;
- ♦ увеличение инвестиционных затрат.

Проведена оценка влияния этих факторов на изменение технико-экономических показателей при увеличении капитальных вложений на 20 %

Табл. 4. Технично-экономические показатели по вариантам модернизации при одновременном увеличении инвестиционных затрат на 20 % и стоимости природного газа на 20 %

Наименование показателя	Вариант 1	Вариант 2
Годовая балансовая прибыль, млн. руб.	13 981	58 497
Потребность в финансировании, млн. руб.	8 123	168 397
Внутренняя норма доходности (IRR), %	169,4	30,8
Срок окупаемости простой (PP), лет	0,59	3,20
При ставке дисконтирования 10 %		
Чистый дисконтированный доход (NPV), млн. руб.	81 646	238 928
Индекс доходности инвестиционных затрат (PI), руб./руб.	15,47	2,87
Срок окупаемости динамический (DPP), лет	0,54	3,26
При ставке дисконтирования 15 %		
Чистый дисконтированный доход (NPV), млн. руб.	61 454	153 873
Индекс доходности инвестиционных затрат (PI), руб./руб.	11,89	2,20
Срок окупаемости динамический (DPP), лет	0,57	3,67
При ставке дисконтирования 20 %		
Чистый дисконтированный доход (NPV), млн. руб.	48 001	97 237
Индекс доходности инвестиционных затрат (PI), руб./руб.	9,51	1,76
Срок окупаемости динамический (DPP), лет	0,59	4,19

и стоимости приобретения природного газа на 20 %. Результаты расчётов свидетельствуют об устойчивости вариантов модернизации по всем требуемым критериям (табл. 4).

Оценка энергосберегающего потенциала текстильной и трикотажной отраслей лёгкой промышленности

По оценкам авторов, опубликованным в работах [15, 16], потенциал собственной энерготехнологической комбинированной генерации энергопотоков в лёгкой промышленности может достигать 60 МВт, что позволит ежегодно экономить порядка 80–100 тыс. т у.т.

При оценке потенциала утилизации ПТП предприятий текстильной и трикотажной отраслей Беларуси были проанализированы данные по стокам более 25 крупных и стольких же мелких предприятий [17, 18]. Суммарные объёмы низкопотенциальных ПТП составляют порядка 7,2 млн. м³/год. Нетрудно оценить энергосберегающий потенциал их утилизации: при охлаждении потоков с 45 до 20 °С (что не составляет проблем при использовании АБТН) получаем бестопливный годовой поток теплоты 0,75 млн. ГДж (180 тыс. Гкал), или 28 тыс. т у.т., который необходимо утилизировать прежде всего внутри предприятий. Этот потенциал возможно реализовать непосредственно при рекуперации теплоты для проведения технологических операций крашения и использовании тепловых насосов для утилизации тепловых потоков с температурами ниже 45 °С.

Таким образом, совокупный энергосберегающий потенциал текстильной и трикотажной отраслей Беларуси составляет порядка 0,13 млн. т у.т. в год.

Выводы

1. Предложены варианты рационализации схем теплоэнергетической системы предприятий лёгкой промышленности для различных внешних условий энергообеспечения, для чего разработаны и обоснованы схемы:

- ♦ тепловой обработки отделочного производства с использованием водяного теплоносителя наряду с паровым;
- ♦ рекуперации и утилизации тепловой энергии низкопотенциальных побочных потоков в отделочном производстве и оценена их термодинамическая и экономическая эффективность;
- ♦ энергообеспечения предприятия от собственного генерирующего источника с выравниванием графиков теплового потребления отделочного производства и оценена их термодинамическая и экономическая эффективность.

2. Показана технико-экономическая стабильность проектов модернизации ТЭСПП с учётом основных факторов риска. Предложенные варианты модернизации энергообеспечения в рамках реструктуризации и совершенствования ТЭСПП:

- ♦ имеют высокую эффективность;
- ♦ устойчивы к изменению основных факторов риска;

- ♦ обеспечивают значительную экономию органического топлива (от 1,9 до 6,3 тыс. т у.т.) и повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, что признано одним из приоритетных направлений развития экономики Республики Беларусь;
- ♦ улучшают экологическую обстановку в стране за счёт снижения вредных выбросов в атмосферу. Годовое снижение выбросов CO₂ при модернизации по варианту 1 составит 3,5 тыс. т, а по варианту 2 — порядка 11,5 тыс. т.

3. Дана оценка совокупного энергосберегающего потенциала для текстильных и трикотажных предприятий Беларуси — до 0,13 млн. т у.т. в год. ■■■

Литература

1. Ключников, А. Д. Интенсивное энергосбережение: предпосылки, методы, следствия / А. Д. Ключников // Теплоэнергетика. — 2000. — № 11. — С. 12–16.
2. Ключников, А. Д. Предпосылки радикального повышения эффективности работ в области энергосбережения / А. Д. Ключников // Промышленная энергетика. — 2001. — № 4. — С. 12–17.
3. Романюк, В. Н. Интенсивное энергосбережение в тепло-технологических системах промышленного производства строительных материалов: дис. д-ра. техн. наук: 05.14.2004 / В. Н. Романюк. — Мн.: БНТУ, 2010. — 365 с.
4. Сазанов, Б. В. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий / Б. В. Сазанов, В. И. Ситас. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 304 с.
5. Романюк, В. Н. К вопросу о повышении эффективности энергообеспечения линий непрерывного крашения на предприятиях лёгкой промышленности / В. Н. Романюк, Д. Б. Муслина // Энергия и Менеджмент. — 2015. — № 4–5 (85–86). — С. 4–13.
6. Романюк, В. Н. Развитие энергоиспользования линий непрерывного крашения на предприятиях лёгкой промышленности / В. Н. Романюк, Д. Б. Муслина // Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. — 2015. — № 6. — С. 40–53.
7. Романюк, В. Н. К вопросу о совершенствовании энергообеспечения аппаратов периодического крашения на предприятиях лёгкой промышленности / В. Н. Романюк, Д. Б. Муслина // Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. — 2016. — № 1. — С. 46–59.
8. Романюк, В. Н. Потенциал комбинированной выработки энергопоток на базе промышленных теплотехнологий Беларуси / В. Н. Романюк, Д. Б. Муслина, А. А. Бобич, Н. А. Коломыцкая и др. // Энергетика вузов. — 2012. — № 3. — С. 51–63.
9. Бродянский, В. М. Эксергетический метод термодинамического анализа / В. М. Бродянский. — М.: Энергия, 1973. — 296 с.
10. Муслина, Д. Б. Сопряжение графиков потребления и генерации тепловой энергии технологическими когенерационными комплексами на примере предприятий лёгкой промышленности / Д. Б. Муслина, В. Н. Романюк // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы XIII Международной научно-технической конференции студентов, магистрантов и молодых учёных, Гомель, 25–26 апр. 2013 г. — Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. — С. 218.
11. Муслина, Д. Б. Энергосберегающий потенциал тепло-технологий лёгкой промышленности / Д. Б. Муслина // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, асп. и мол. учёных с междунар. участием, Екатеринбург, 16–19 декабр. 2014 г. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (УрФУ), 2015. — С. 174–176.
12. Martinez, C. Energy use and energy efficiency development in the German and Colombian textile industries / C. Martinez // Energy for Sustainable Development. — 2010. — Vol. 14. — P. 94–103.
13. Экономика энергетики: учеб. пособие для вузов Н. Д. Роголёв, А. Г. Зубкова, И. В. Мастерова и др.; под ред. Н. Д. Роголёва. — М.: издательство МЭИ, 2005. — 288 с.
14. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: Вторая редакция / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр-ву, архит. и жил. политике; В. В. Коссов, В. Н. Лившиц и др. — М.: ОАО «НПО «Издательство «Экономика», 2000 г. — 421 с.
15. Романюк, В. Н. Потребление энергии и потенциал энергосбережения предприятий лёгкой промышленности / В. Н. Романюк, Д. Б. Муслина // Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. — 2012. — № 1. — С. 52–60.
16. Муслина, Д. Б. Комбинированное производство энергопоток на предприятиях лёгкой промышленности / В. Н. Романюк, Д. Б. Муслина // Перспективы развития энергетики в XXI веке: материалы II Республиканской научно-практической конференции, Минск, 11–13 мая 2011 г. — Мн.: БНТУ, 2012. — С. 42, 43.
17. Комплексная программа развития лёгкой промышленности Республики Беларусь на 2011–2015 гг. с перспективой до 2020 г. // БелЛегПром [электронный ресурс]. — 2011. — Режим доступа: <http://www.bellegprom.by/programs>. — Дата доступа: 02.10.2013.
18. Концерн Беллегпром. О концерне // Беллегпром [электронный ресурс]. — 2013. — Режим доступа: <http://www.bellegprom.by/about/concern>. — Дата доступа: 20.10.2013.