

**Б.М. Хрусталеv,**  
академик НАН Беларуси, проф., д.т.н.



**В.Н. Романюк,**  
проф., д.т.н.



Белорусский национальный технический университет

# РАСШИРЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ БАЗЫ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ДОМИНИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

## Аннотация

В работе рассматривается ключевая энергетическая проблема современности – рациональное и эффективное использование энергоресурсов и возможность ее решения на базе концепции интенсивного энергосбережения. Предложены пути решения задачи снижения потребления первичных энергоресурсов в Беларуси. Анализируется нынешнее положение на пути дальнейшего совершенствования энергопотребления, который необходимо пройти до 2030 года. Для Беларуси показана ведущая роль в энергосбережении мероприятий по повышению эффективности потребления природного газа.

## Abstract

The paper considers the key energy problem of our time – rational and efficient use of energy resources and the possibility of its solution on the basis of the concept of intensive energy saving. The ways of solving the problem of reducing the consumption of primary energy resources in Belarus are suggested. The current situation on the way to further improving energy consumption, which must be passed before 2030, is analyzed. As for Belarus, a leading role of improving the efficiency of natural gas consumption for energy saving is shown.



## Введение

Мировое потребление энергоресурсов, достигло беспрецедентного уровня: за 30 лет в период 1975–2005 годов было добыто и использовано первичных энергоресурсов больше, чем за все предыдущее время существования цивилизации [1]. Рост экономики является условием благополучия стран и достигается увеличением промышленного производства, требующим соответствующего энергетического обеспечения. Традиционное удовлетворение потребности в энергоресурсах за счет расширения добычи, а в случае Беларуси – за счет увеличения закупок, невозможно по причинам экологического, экономического, технического характера. В этом контексте энергосбережение – ключевая энергетическая проблема современности, крайне актуальная для дальнейшего экономического развития и сохранения окружающей среды [2].

Для Беларуси энергетическая ситуация более остра, поскольку исторически сложившаяся структура промышленного производства такова, что большая часть продукции страны связана с объективно энергоемкими технологиями. Изменить структуру промышленного производства чрезвычайно сложно, поскольку внешние рынки поделены, на них царит жесткая конкуренция и преодолеть ее весьма проблематично, при том что собственный внутренний рынок мал. В этой связи нет предпосылок для привлечения инвестиций, а собственных средств, необходимых для переориентации производства, всегда недостаточно. Вместе с тем, трансформация структуры промышленного производства неизбежна, однако темпы изменений объективно не могут решить задачу по снижению энергоемкости ВВП в требуемые сроки. В этом контексте, рациональное и эффективное использование энергоресурсов чрезвычайно важно как для существующих, так и для вновь вводимых производственных предприятий и систем теплоснабжения хозяйственного комплекса Беларуси.

## Состояние вопроса и актуальные задачи

Ситуация в мире, как отмечалось, обостряется, и необходимо ускорение развития и внедрения новых энергосберегающих технологий. С учетом этого темпы роста потребления энергии прогнозируются гораздо ниже, чем темпы роста экономики мира: так, согласно прогнозам, мировая экономика вырастет к 2040 году в два раза, а потребление энергии – всего на 30%. При этом, считается, что производство электроэнергии будет занимать большую часть энергобаланса и к 2040 году вырастет на 100% [3]. Однако, на наш взгляд, это не следует понимать как простую замену органических топлив, прежде всего, вытеснение природного газа из существующих теплотехнологий. Текущий век

считается веком углеводородов, прежде всего, природного газа. Сроки выработки мировых запасов природного газа при существующем уровне потребления оцениваются в 200 лет. Стоимость его будет расти, поскольку требуются инвестиции в размере десятков триллионов долларов для создания инфраструктуры и освоения новых месторождений [4]. В этой связи и должны появиться технологии с низкой энергоемкостью, не просто ориентированные на потребление электроэнергии, а не допускающие использование других, энергетически менее ценных энергоресурсов. И тут нельзя не вспомнить, что энергетическая система Беларуси базируется на тепловых электростанциях, в основном использующих природный газ (сегодня его вклад составляет  $\approx 97\%$  из суммарного потребления 12,2 млн т у.т.), который в энергетике объективно не могут заменить местные виды топлива. С вводом БелАЭС на полную мощность суммарное потребление условного топлива составит 15,4 млн т у.т., из которых вклад ядерного топлива оценивается в 6,1 млн т у.т. ( $\approx 40\%$ ); доля природного газа уменьшится до  $\approx 57\%$ , тем не менее, он остается доминирующим первичным энергоресурсом.

Электроэнергия является эксергетически более ценным продуктом, чем природный газ и, тем более, тепловые потоки. Во-первых, простая замена природного газа на электроэнергию в тепловых операциях означает потерю термодинамической эффективности технической системы со всеми вытекающими последствиями в отношении перерасхода первичного энергоресурса. Во-вторых, стоимость электроэнергии с учетом КПД генерации на КЭС и необходимой рентабельности должна быть выше стоимости того же количества природного газа в 4–5 раз, а для потребителя и производителя важна финансовая сторона. Например, в настоящее время, при использовании электроэнергии на отопление тариф в часы ночных провалов электропотребления составляет 8 центов за киловатт-час, а в остальное время суток – 39 центов за киловатт-час. При теплоснабжении от котельных на природном газе топливная составляющая себестоимости киловатт-часа оказывается на уровне 3,5 центов. Из этого следует, что переход на технологии, связанные с потреблением электроэнергии, грозит промышленному производству Беларуси потерей конкурентоспособности его продукции. Ввод АЭС смягчит ситуацию, но изменить ее в требуемом объеме не может в силу объективных обстоятельств,

связанных со спецификой условий эксплуатации любой электроэнергетической системы.

Если также учесть, что основу электроэнергетики Беларуси на протяжении многих лет составляли тепловые электростанции на природном газе, то можно сделать вывод, что природный газ объективно останется основным первичным энергоресурсом энергосистемы и в обозримом будущем. Альтернативное производство электроэнергии на основе местных и возобновляемых ресурсов имеет незначительный потенциал и может рассматриваться лишь для обеспечения локальных, мелких и удаленных потребителей. Использование угля, мировые запасы которого могут обеспечить потребности в течение

сотен лет, имеет проблемы экологического плана. В связи с экологической ситуацией и происходящем изменением климата, Международное энергетическое агентство рекомендует в ближайшее время вообще отказаться от использования этого органического топлива [5].

Изложенные обстоятельства предъявляют особые требования к выбору путей и выработке алгоритма решения задач, обеспечивающих кардинальное изменение ситуации с энергосбережением. В стране сделано и достигнуто много, но еще большего предстоит достигнуть.

Тепловая обработка остается одной из основных операций в системах преобразования вещества на протяжении всего периода существования цивилизации. В этих системах либо должны появиться и заменить существующие принципиально новые энергоэффективные технологии, ориентированные только на использование электроэнергии, либо для обеспечения термодинамической и, в первую очередь, финансовой эффективности существующих теплотехнологий сохранится целесообразность и необходимость использования природного газа. Финансовую сторону можно, конечно, несколько смягчить дифференцированными тарифами на электроэнергию, стимулировав, например, электропотребление в часы провалов электрических нагрузок. Возможно, что будут дешевле мощные системы аккумуляции электроэнергии, о появлении которых заявлено в последнее время. Таким образом, опережающий рост потребления электроэнергии, заявляемый в мире, должен быть связан с развитием систем производства, в которых нет альтернативы применению электроэнергии и в технологическом, и в финансовом отношении. ▶

**Трансформация структуры промышленного производства неизбежна, однако темпы изменений объективно не могут решить задачу по снижению энергоемкости ВВП в требуемые сроки.**



Если в ближайшие 10–20 лет не появятся технологии, обеспечивающие более дешевое производство электроэнергии, то в Беларуси по указанному выше причинам производство этого энергоресурса останется относительно дорогим. В этом случае, для обеспечения энергетической и экономической эффективности существующих теплотехнологических производств электроэнергия должна вытесняться энергетически менее ценными тепловыми потоками, а в установках, связанных с крупными потоками механической работы, – прямым использованием последних, без промежуточного звена генерации электроэнергии из работы и наоборот.

Поскольку от 70 до 90% продукции промышленного производства реализуется на внешних рынках, жизненно важно сохранить эти объемы экспорта. Валюту стране зарабатывают предприятия, производящие материальные потоки, и в этой связи необходимо делать все для обеспечения конкурентоспособности их продукции, что в условиях Беларуси возможно в основном за счет снижения энергетической составляющей себестоимости.

Хотя вклад Беларуси в энергопотребление мира невелик и составляет 0,3% первичных энергоресурсов и 0,5% природного газа [7], тем не менее, надо сохранять благоприятную экологическую обстановку, бережно подходить к охране природы и использованию ресурсов, реализуя объективно небольшие финансовые возможности с максимальной отдачей. Неразумно развивать другие, технически продвинутые страны, вкладывая средства в неапробированные, дорогие импортные технологии. В то же время необходимо отслеживать удешевление тех или иных новых технологий, еще недавно считавшихся дорогими. Например, в России разработаны

эффективные и более дешевые солнечные панели, обеспечивающие даже в условиях Севера поддержание требуемой температуры нефтепроводов. Другой пример появления новых технологий связан с беспроводной передачей электроэнергии, что еще вчера считалось нереальным. РИА «Новости» приводит слова главы Минэнерго России Александра Новака, который, выступая на XIX Всемирном фестивале молодежи и студентов, утверждал: «Беспроводные технологии передачи электроэнергии в ближайшее время позволят забыть понятие «электрическая розетка» [3]. Сейчас ведутся перспективные исследования передачи энергии на большие расстояния.

### Возможные пути решения и особенности хозяйственного комплекса Беларуси

Энергосбережение (снижение потребления первичных энергоресурсов) и переход на менее дорогие энергоресурсы, в силу комплекса причин, являются практически единственными реальными путями снижения себестоимости продукции в Беларуси. Поскольку замена первичного энергоресурса в большинстве случаев либо проблематична, либо в системном отношении неэффективна, энергосбережение имеет особую значимость. Его реализация, большей частью, возможна на пути повышения эффективности использования энергоресурсов и должна осуществляться дифференцировано, с учетом сложившейся специфики хозяйственного комплекса региона, страны. Для Беларуси, на наш взгляд, можно выделить следующие его перспективные направления.

**Возможности использования природного газа.** В структуре приходной части энергобаланса Беларуси особое место занимает

природный газ. Незаменима его роль и в промышленных теплотехнологиях. Хозяйственный комплекс Беларуси характеризуется структурой потребления энергоресурсов, в которой доминирует тепловая составляющая: ее удельный вес в среднем по стране находится на уровне ≈64%. Природный газ останется основным первичным энергоресурсом промышленности. При этом удельный вес природного газа в структуре приходной части энергобаланса страны должен быть снижен до значений менее 50% (в настоящее время – около 59%) [6]. В этой связи, изменение цены на соответствующие первичные энергоресурсы, прежде всего природный газ, для Беларуси наиболее критично. Следует констатировать, что ситуация с чрезмерным влиянием на экономику страны колебаний цены природного газа объективно не может измениться в обозримой перспективе.

Решение задачи снижения удельного веса природного газа в энергобалансе страны должно происходить в условиях подъема экономики. Потребление энергоресурсов в ходе упомянутого развития должно быть снижено или сохранено на существующем уровне, что можно обеспечить непосредственно с помощью того же природного газа. Общеизвестно, что наиболее эффективно в энергетическом аспекте будет снизить потребность в природном газе при существующих уровне производства, экономическом (с меньшими инвестициями) и эксплуатационном (автоматизация, персонал) аспектах до 40% [7]. К тому же, в Беларуси есть резервы использования развитой газовой инфраструктуры.

**Использование местных первичных энергоресурсов.** Данные ресурсы не следует исключать из процесса решения задачи замещения природного газа, однако они могут быть полезны лишь в местах их локализации. Это мелкие котельные в поселках городского типа, энергоснабжение местных промыслов, зерносушильные комплексы в хозяйствах аграрного производства, льнозаводы по обработке льнотресты и т.п. Солнечные коллекторы для обеспечения систем горячего водоснабжения, солнечные панели для электроснабжения мелких, локальных и удаленных потребителей, например, в системе организации дорожного движения.

**Комбинированное производство энергопотоков.** Существующие ТЭЦ, прежде всего крупные, обеспечивающие до 95% генерации общего количества электроэнергии, вырабатываемого в энергосистеме по комбинированной технологии, следует сохранять и развивать с учетом специфики белорусской энергосистемы. На крупных ТЭЦ необходимо снижать удельные расходы топлива (УРТ). Кроме того, развитие крупных ТЭЦ необходимо проводить и с тем, чтобы кроме они получили расширенные, прежде им не свой-

ственные функции, способствующие решению задач регулирования мощности генерации и горячего резервирования в энергосистеме без пережога топлива.

Особое, все более значимое место остается за когенерационными комплексами непосредственно на теплотехнологических промышленных производствах. Во-первых, теплотехнологическая когенерация на предприятиях, в контексте энергосбережения, более выгодна, чем ее вариант на базе производственно-отопительных ТЭЦ, о чем многократно говорилось в разных аудиториях.

Здесь следует выделить два обстоятельства в контексте энергетической и экономической эффективности предприятий. Прежде всего, энергетически идеальное теплотехнологическое производство должно потреблять электроэнергию, выработанную лишь на его тепловом потреблении, и не должно потреблять электроэнергию от конденсационных тепловых электростанций. Каждый мегаватт электрических мощностей когенерационных комплексов при должных проектировании и эксплуатации снижает годовую потребность в импорте природного газа на 1,7 тыс. т у.т. Наконец, что более существенно, непосредственно для предприятий себестоимость комбинированного производства электроэнергии на собственных технологических ТЭЦ в два раза ниже существующих тарифов на электроэнергию, и, исходя из складывающейся ситуации, эти тарифы не уменьшатся. Для предприятий данное обстоятельство наиболее весомо и в настоящий момент, и в ближайшем будущем, поскольку, как уже отмечалось, не следует ожидать снижения тарифов на электроэнергию.

Во-вторых, когенерационные комплексы на базе двигателей внутреннего сгорания (ДВС) не вытесняют крупные ТЭЦ, а дополняют их количественно и качественно. Количественное расширение теплофикации на базе этих комплексов связано с обеспечением систем централизованного теплоснабжения небольших населенных пунктов и отдельных комплексов зданий. Качественное расширение теплофикации связано с тем, что во многих случаях теплотехнологии рассчитаны на использование идеально-газовых теплоносителей (воздух, дымовые газы) или органических высокотемпературных теплоносителей с температурами до 500°C, генерацию которых по разным причинам в принципе не могут обеспечить крупные ТЭЦ. В то же время, задача генерации соответствующих теплоносителей вписывается в возможности когенерационных комплексов на базе ДВС, которые могут быть максимально приближены к потребителям.

В контексте значимости собственной комбинированной генерации на предприятиях следует отметить следующее. Доля когенерационных комплексов в Беларуси составляет

до 0,7 ГВт, и их вклад в снижение импорта природного газа можно определить величиной до 1,2 млн т у.т. в год, а их совокупное производство электроэнергии можно оценить величиной до 15% объема потребления в стране. На эту же величину 15%, в связи с функционированием когенерационных комплексов, уменьшились и потери в электросетях, и это составляет до 1,5% потребления электроэнергии. Т.е. за счет применения когенерационных комплексов на теплотехнологических предприятиях в стране снижено потребление природного газа на  $12,2 \times 0,015 = 0,18$  млн т у.т. в год.

В контексте промышленной теплотехнологической когенерации следует отметить часть теплотехнологических предприятий мясомолочной, пищевой и др. отраслей, которые во многом работают на внешние рынки. Этим предприятиям жизненно важно сохранить экспорт, и сделать они это могут, прежде всего, за счет снижения энергетической составляющей себестоимости продукции на базе собственного когенерационного производства электроэнергии. Потребление электроэнергии каждым из упомянутых предприятий в отдельности оценивается потоком мощностью до 1 МВт, а их суммарный потенциал генерации – на уровне 0,1 ГВт, что менее того, чего можно достичь за счет собственных резервов ТЭЦ энергосистемы. Эта величина 0,1 ГВт не изменит ситуации в энергосистеме, но сохранит устойчивость экспортного потенциала предприятий, зарабатывающих валюту. По этой причине не следует упомянутым предприятиям запрещать ввод собственных когенерационных комплексов. Эти мощности также могут способствовать смягчению ситуации в энергосистеме тем, что в часы ночных провалов электропотребления без потери моторесурса и без иных проблем могут быть остановлены, а в часы дневных максимумов электропотребления будет снижен рост амплитуды нагрузок энергосистемы. Теплофикацию как основной путь энергосбережения следует сохранять и развивать, но делать это надо с учетом специфики энергосистемы страны, где вводится в строй мощная АЭС, а также с учетом специфики промышленного производства.

**Системы централизованного теплоснабжения и использование побочных низкотемпературных тепловых потоков промышленного производства.** Весьма важная особенность хозяйственного комплекса Беларуси, которую нельзя игнорировать в контексте дальнейшего развития энергосбере-

жения, – в том, что в стране имеются развитые системы централизованного теплоснабжения и комбинированного производства электроэнергии и тепловой энергии в объемах, которых, по разным причинам, нет в технически развитых странах Запада. В этой связи, не следует уповать на опыт этих стран.

Прежде всего, климат Беларуси более суров, чем в странах Западной Европы, поскольку средние температуры зимнего периода понижаются при движении на Восток, а не на Север. Подтверждение тому можно найти в сравнении зимних температур Киева, Волгограда и Осло. Последний город расположен севернее Киева на 5 градусов, но в Осло зимы мягче. Волгоград южнее Киева на 6 градусов, но зима в районе Волгограда

несопоставимо более суровая. Это обстоятельство во многом объясняет отсутствие на протяжении долгого времени в Западной Европе развитых систем централизованного теплоснабжения и теплофикаций.

Комбинированному производству энергопотоков для систем теплоснабжения в контексте энергосбережения нет альтернативы. Вместе

с тем, требуется развитие этого направления за счет новых возможностей, что доказано переходом к теплофикации на базе газовых двигателей внутреннего сгорания. Подобная ситуация имеет место и в отношении привлечения тепловых ВЭР к генерации энергопотоков. В этой связи следует отметить важное в контексте утилизации тепловых ВЭР появление на рынках энергосберегающего оборудования абсорбционных бромистолитиевых тепловых насосов (АБТН). Их исполнением на новом техническом уровне в виде чиллеров полной заводской сборки, полной автоматизацией, экологической безопасностью, большими общим и годовым числом часов использования достигается возможность бесперебойной эксплуатации, не затрудняющей проведение основного производственного процесса. Удельные инвестиции в реализацию проектов по утилизации тепловых ВЭР на базе АБТН «под ключ» составляют не более 300 руб. на киловатт их установленной тепловой мощности при сроке возврата инвестиций от одного года до двух лет. С учетом всего изложенного можно выделить в отношении тепловых побочных потоков следующие возможности.

**Внутренние резервы ТЭЦ энергосистемы.** Прежде всего, можно констатировать, что на действующих ТЭЦ совершенствование генерации энергопотоков за счет термодинамического развития процесса преобра- ▶

**Теплофикацию как основной путь энергосбережения следует сохранять и развивать, но делать это надо с учетом специфики энергосистемы страны, где вводится в строй мощная АЭС, а также с учетом специфики промышленного производства.**

зования теплоты в работу практически исчерпано. Дальнейшее совершенствование возможно, и оно связано с использованием низкотемпературных тепловых потоков, отводимых от работающего оборудования, например, для нагрева сетевой воды. Такие потоки на ТЭЦ связаны с охлаждением оборотной воды, которая отводит теплоту конденсации пара, пропускаемого в конденсатор, охлаждением генератора, систем смазки, дымовых газов до 30°C. Только за счет утилизации теплоты охлаждения оборотной воды снижается удельный расход топлива на выработку киловатт-часа электроэнергии на величину до 30 грамм. На рисунках 1–3 приведены оценки внедрения в тепловые схемы ряда ТЭЦ энергосистемы утилизации низкотемпературных тепловых ВЭР [8, 9]. Перечень ТЭЦ может быть расширен за счет Оршанской ТЭЦ и блока Минской ТЭЦ-5, работающего в теплофикационном режиме.

Кроме всего прочего, подобные мероприятия способствуют обеспечению работы энергосистемы в части прохождения ночных провалов электропотребления. При сохранении отпуска теплоты потребителям на крупных ТЭЦ страны снижается генерация электроэнергии более чем на 0,15 ГВт, и это без привлечения теплоты охлаждения дымовых газов. Утилизация теплоты потока охлаждения дымовых газов утраивает снижение генерации ТЭЦ, т.е. до 0,5 ГВт в отопительный период с интегральным системным снижением расхода топлива в течение года до 0,25 млн т у.т. и выполнением всех экономических ограничений. Ситуация для энергосистемы страны благоприятна, поскольку позволяет более полно загрузить конденсационные блоки ПГУ. В связи с утилизацией побочных тепловых потоков, потребуются, безусловно, и пересмотр режимов работы основного оборудования ТЭЦ, и, в пределе, замена его для обеспечения работы с более низким техническим минимумом.

**Использование побочных тепловых потоков промышленного производства.** Резервы энергосбережения растут нелинейно в случае расширения энергосберегающей базы, которое имеет место при переходе к рассмотрению ситуации на промышленных узлах и в промышленных зонах. Тут следует ожидать качественных изменений в системах теплоснабжения, сопоставимых с теми, что достигнуты переходом к теплофикационному производству энергопотоков. В Беларуси, как уже определено, доминирует теплотехнология, как правило, энергоемкая (цемент, стекло, химические волокна, нефтепереработка и пр.). Теплотехнологии и в системах преобразования энергии, и в системах преобразования вещества в подавляющем числе случаев сопровождаются выходом различных побочных потоков, по традиции называемых ВЭР (тепловых, горючих, давления). Их тра-

диционно не используют в силу комплекса причин, который имел место ранее и отсутствует в настоящее время. Главный аргумент прошлого – низкая цена энергоресурсов, следствием чего явилось отсутствие необходимости производства соответствующего оборудования и подготовки более квалифицированных кадров. Сегодня основная причина изменилась, чем объясняется налаженный выпуск необходимого оборудования для обеспечения использования всех перечисленных побочных потоков. Это оборудование технологично, апробировано, оно доказало эффективность данного направления энергосбережения и в части рекуперации, и в части утилизации тепловых потоков.

**Отопительные и производственно-отопительные котельные** наиболее распространены в системах теплоснабжения. С помощью контактных теплообменников на котельных обеспечивается охлаждение уходящих газов со 150 до 30°C, в результате чего получается поток теплоносителя с температурой 30°C. Его дальнейшее использование с помощью АБТН может обеспечить снижение расхода топлива на котельных на 15%.

На промышленных предприятиях утилизация тепловых ВЭР с помощью АБТН выгодна в системах отопления, но наибольший эффект достигается при использовании ВЭР потребителей, прежде всего, технологических, за счет большего годового числа часов работы ▶

Рис. 1. Возможные мощности АБТН на ТЭЦ ОЭС Беларуси

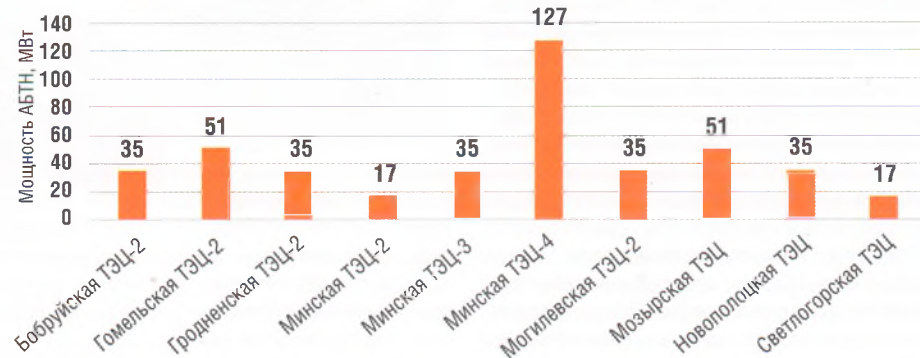


Рис. 2. Снижение УРТ на отпуск электроэнергии на ТЭЦ Беларуси

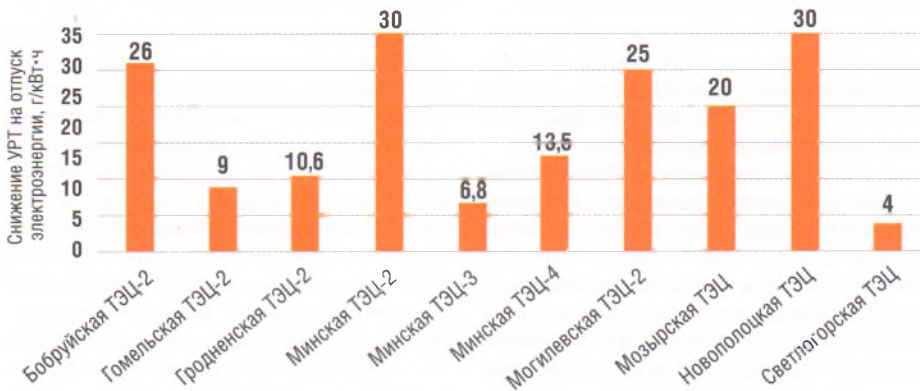
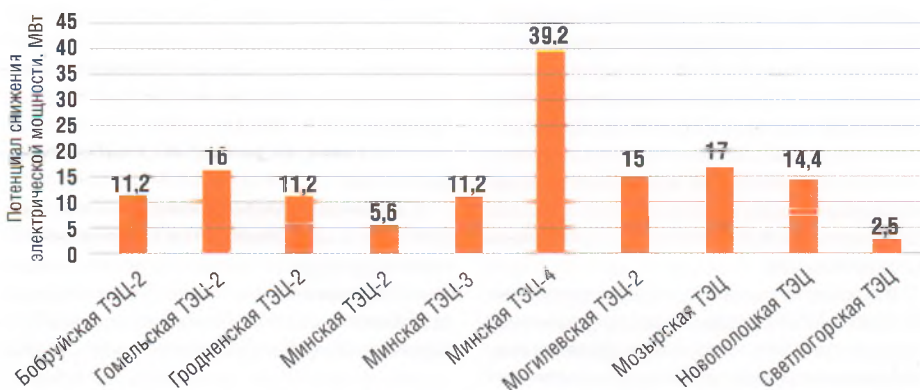


Рис. 3. Передача генерации электроэнергии от ТЭЦ на конденсационные блоки ПГУ и АЭС при внедрении АБТН на ТЭЦ ОЭС Беларуси при сохранении отпуска теплоты и системного снижения потребления природного газа



с номинальной мощностью в сравнении с системами отопления. Утилизация всего разнообразия промышленных тепловых сбросов позволяет снизить затраты топлива на обеспечение нагрева соответствующих потоков в диапазоне до 100°C на 40%, а также при осуществлении двухступенчатого нагрева в среднетемпературных операциях тепловой обработки.

В качестве иллюстрации неиспользованного потенциала энергосбережения обратимся к такой важной для страны отрасли, как легкая промышленность, где более, чем на 70% обновлено основное производственное оборудование, но требуемой отдачи не отмечается. Одна из причин связана с традиционным, не отвечающим времени построением теплоэнергетической системы промышленного предприятия, в том числе не использующей тепловые ВЭР. В таблице 1 приведены данные по побочным низкотемпературным тепловым потокам текстильных и трикотажных предприятий легкой промышленности Беларуси с полным производственным циклом [10].

Суммарные объемы стоков по предприятиям обоих типов можно оценить в 7,7 млн м<sup>3</sup>/год. С учетом наращивания объемов энергопотребления к 2020 году на 10–12% объем стоков возрастет до 8,5 млн м<sup>3</sup>/год. Охлаждение их до 20°C даст дополнительно бесплодный поток теплоты до 0,2 млн Гкал в год, что соответствует годовой экономии порядка 0,03 млн т у.т., или до 6 млн USD.

**Качественное изменение в потреблении первичных энергоресурсов в системах теплоснабжения.** Переход к использованию тепловых ВЭР промышленных предприятий для обеспечения соответствующих потребителей сопряженного с предприятиями промышленного узла или промзоны обеспечивает существенно большую абсолютную экономию топлива, поскольку реализуется один из важнейших принципов концепции интенсивного энергосбережения: для увеличения соответствующего энергетического эффекта необходимо расширение энергосберегающей базы. Обратимся к характерным примерам [11].

Использование тепловых сбросов завода «Полимир» ОАО «Нафтан» позволяет снизить расход топлива на отопление г. Новополоцка на 40% с выполнением всех экономических ограничений проектов. Средняя зимняя отопительная нагрузка города составляет 100 Гкал/час, годовое число часов использования с номинальной мощностью утилизационного оборудования – до 6 тыс. часов. При удельном расходе топлива 170 килограммов на гигакалорию годовое снижение потребления природного газа составит до 40 тыс. т у.т. При цене природного газа 220 USD за тонну условного топлива годовое снижение издержек со-

**Таблица 1. Данные по побочным потокам, не утилизируемым на текстильных и трикотажных предприятиях Беларуси**

Наименование предприятия	Годовой объем стоков, млн м <sup>3</sup>	Температура стоков, °C
ОАО «Гронитекс»	0,17	45
ЗАО СП «Сопотекс»	0,06	45
ОАО «Купалинка»	0,39	45
ОАО «Речицкий текстиль»	0,17	45
РУП «Ветковская хлопко-пряделная фабрика»	0,0030	45
ОАО «Кобринская ПТФ «Ручайка»	0,055	45
ОАО «Алеся»	0,07	45
ОАО «Бобруйсктрикотаж»	0,13	45
ОАО «Элма»	0,008	45
ОАО «БЧК»	0,27	45
ОАО «ВКШТ»	0,08	45
ОАО «Ковры Бреста»	0,040	45
РУП «БПХО»	0,52	55
ШФ «Блакiт»	0,50	55
РУППП «Оршанский льнокомбинат»	1,1	55
ОАО «Камволь»	0,25	55
ОАО «Сукно»	0,25	55
ОАО «Слонимская КПФ»	0,21	55
ОАО «Витебские ковры»	0,29	55
ОАО «Моготекс»	1,6	55
ОАО «Лента»	0,11	55
ОАО «КИМ»	0,32	55
ОАО «8 Марта»	0,17	55
ОАО «Світанак»	0,41	55
ОАО «Полесье»	0,33	55
ОАО «Белфа»	0,23	55
<b>Итого</b>	<b>7,7</b>	<b>55</b>

ставит не менее 8 млн USD. К этому надо добавить снижение расхода более 0,4 млн м<sup>3</sup> воды на обеспечение работы испарительных градирен завода «Полимир» ОАО «Нафтан» и снижение на 15 МВт генерации потока электроэнергии с передачей ее на блоки ПГУ КЭС энергосистемы, что благотворно для эксплуатации последних.

Подобная ситуация имеет место на ОАО «Мозырская» (поток рассеяния 35 Гкал/ч), на Мозырском НПЗ и в зонах ответственности Минских ТЭЦ-3 и ТЭЦ-2, в промзоне «Шабаны» и на сахарных заводах страны, например, на Слуцком сахарорафинадном комбинате. И этот перечень не сложно продолжить. Риск того, что тепло-технологии, используемые для улучшения ситуации с теплоснабжением, с течением времени могут либо исчезнуть, либо сократиться тепловые выбросы, может быть уравновешен различными проектными решениями. Для реализации рассматриваемого большого энергосберегающего эффекта необходимо согласование и объединение интересов и усилий различных субъектов хозяйствования при использовании побочных тепловых потоков в системах теплоснабжения промышленных предприятий, объектов жилищно-коммунального хозяйства, необходимо создание соответствующей законодательной базы, регулирующей взаимоотношения предприятий промышленности и водопроводно-канализационного хозяйства, с одной стороны, и энергетики, с другой стороны. Техническая база и квалифицированный персонал для реализации предлагаемых изменений в Беларуси имеются.

Подобное изменение системы теплоснабжения городов, предусматривающее объединение теплоэнергетических систем промышленных предприятий, энергосистемы и ЖКХ в части использования в системах централизованного теплоснабжения побочных энергетических потоков носит качественный характер, который можно отождествить с переходом к теплофикации на базе ТЭЦ, реализованным впервые в наших странах. Массовое внедрение подобных систем централизованного теплоснабжения позволит снизить потребление топлива системами теплоснабжения на 30%, что приведет к экономии до 10% потребляемых в стране первичных энергоресурсов, улучшит экологическую обстановку, облегчит покрытие суточных графиков генерации электроэнергии, особенно актуальное с вводом АЭС, и обеспечит дальнейшую системную экономию топлива.

**ВЭР избыточного давления.** На промышленных узлах следует использовать и иные ВЭР, например, потоки избыточного давления. Это потоки идеально-газовые и паровые, которые большей частью дроселируются. Известно, что требуется заме-

нить процесс адиабатного расширения до тех же давлений с дополнительной выработкой потоков механической энергии или электроэнергии, с использованием газовых утилизационных турбин, устанавливаемых на ГРС или у единичных крупных потребителей природного газа. Ведутся разработки подобных турбоустановок и для мелких потребителей. В отношении паровых потоков на котельных ситуация более проста, и, по разным причинам, соответствующий энергосберегающий потенциал не реализуется. Известно, что потоки влажного пара давлением 24–13 ат сплошь и рядом подвергаются дросселированию для снижения давления. Лопаточные паровые турбины мало пригодны для работы с влажным паром. Вместе с тем, сегодня предлагаются паровые винтовые турбогенераторы, предназначенные для рассматриваемого понижения давления влажного пара с одновременной генерацией электроэнергии, успешно эксплуатируемые на протяжении более десятилетия в ряде котельных России [12].

**Горючие ВЭР.** На промышленных узлах следует использовать побочные горючие потоки для организации на их потреблении комбинированного производства электроэнергии и тепловой энергии, что более эффективно, чем прямое сжигание этих горючих ВЭР в котлах для выработки пара или нагрева сетевой воды. Опыт завода «Полимир» ОАО «Нафтан» доказывает эффективность такого решения и для страны, и для предприятий непосредственно на примере использования побочных горючих потоков основного производства.

## Выводы

1. Среди решений задачи уменьшения энергоемкости промышленного производства на 30–40% одним из основных направлений остается повышение эффективности использования природного газа в хозяйственном комплексе. Этому отвечает такая особенность хозяйственного комплекса Беларуси, как наличие развитой газовой инфраструктуры, которую необходимо учитывать и использовать. В этой связи следует отметить:

1.1. В сложившейся структуре производства, теплотехнологий, базирующихся на использовании природного газа, дальнейшие шаги по развитию энергообеспечения и энергосбережения необходимо ориентировать в направлении повышения эффективности использования именно этого топлива с тем, чтобы снизить потребность в импорте природного газа на десятки процентов.

1.2. На теплотехнологических производствах в контексте энергосбережения и финансовой успешности предприятий технологическим ТЭЦ нет альтернативы. Их следует развивать и использовать для сохранения

экспортного потенциала. Это развитие отвечает и интересам энергосистемы, поскольку может способствовать снижению остроты проблемы прохождения неравномерного графика потребления электроэнергии.

2. Уникальное централизованное теплоснабжение отличает экономику Беларуси, и это обстоятельство позволяет осуществить качественное улучшение использования первичных энергоресурсов за счет привлечения всех тепловых ВЭР. Ситуацию необходимо использовать в кратчайшие сроки, поскольку ожидаемый совокупный энергетический эффект значим и составляет до 2 млн т у.т. в год. Необходимые инвестиции оцениваются в 1,2 млрд рублей. Простой срок возврата инвестиций не превышает двух лет. Технических трудностей нет, есть проблемы организационного плана, вопросы взаимодействия министерств и ведомств. Изложенное указывает

на целесообразность рассмотрения и внесения в план перспективных приоритетных национальных проектов положения о необходимости развития систем централизованного теплоснабжения за счет использования побочных тепловых потоков промышленных предприятий, станций очистки канализационных стоков на базе абсорбционных тепловых насосов, что, по предварительным оценкам, обеспечит не менее чем 30-процентное снижение потребления топлива системами централизованного теплоснабжения.

## Литература

1. Лаверов, Н.П. Топливо-энергетические ресурсы: состояние и рациональное использование / Н.П. Лаверов // Энергетика России: проблемы и перспективы: тр. науч. сессии РАН: общ. собрание РАН 19–21 декабря 2005 г. / под ред. В.Е. Фортова, Ю.Г. Леонова; РАН. – М.: Наука, 2006. – С. 21–29.

2. Ключников, А.Д. Интенсивное энергосбережение: предпосылки, методы, следствия / А.Д. Ключников // Теплоэнергетика. – № 11. – 2000. – С. 12–16.

3. Министр энергетики России Александр Новак рассказал, что ждет мир в ближайшем будущем, почему розетки уйдут в прошлое и какая энергия придет на смену газу и углю [Электронный ресурс]: Sputnik. – 2017. – Режим доступа: <http://ru.sputnik-tj.com/analytiks/20171019/1023660797/my-za-budem-orozetkah-i-zavedem-robotov-novak-obudushchem-v-energetike.html> – Дата доступа: 19.10.2017.

4. Гриценко, А.И. Сценарии развития газодобычи в России. Нетрадиционные источ-

ники энергии / А.И. Гриценко // Энергетика России: проблемы и перспективы: тр. науч. сессии РАН: общ. собрание РАН 19–21 декабря 2005 г. / под ред. В.Е. Фортова, Ю.Г. Леонова; РАН. – М.: Наука, 2006. – С. 260–266.

5. В течение ближайших 20 лет человечество, возможно, полностью откажется от использования угля [Электронный ресурс]: Sputnik. – 2017. – Режим доступа: <http://www.wellnews.ru/economy/13971-v-techenie-blizhaysih-20-let-chelovechestvo-vozmozhno-polno-os-tyu-otkazhetsya-ot-ispol-zovaniya-uglya.html>. – Дата доступа: 11.06.2013.

6. Михалевич, А.А. Энергетическая безопасность Республики Беларусь: компоненты, вызовы, угрозы [Электронный ресурс]: – 2010. – Режим доступа: [http://nmbny.eu/pub/0911/energy\\_security.pdf](http://nmbny.eu/pub/0911/energy_security.pdf). – Дата доступа: 26.03.2010.

7. Романюк, В.Н. Интенсивное энергосбережение в теплотехнологических системах промышленного

производства строительных материалов: дис. д-ра. техн. наук: 05.14.04 / В.Н. Романюк. – Минск: БНТУ, 2010. – 365 с.

8. Романюк, В.Н. Оценка термодинамической эффективности функционирования энергосистемы Беларуси в условиях работы Белорусской АЭС / В.Н. Романюк, А.А. Бобич // Энергия и менеджмент. – 2016. – № 4. – С. 2–9.

9. Романюк, В.Н. Время применения абсорбционных бромисто-литиевых тепловых насосов на ТЭЦ Беларуси / В.Н. Романюк, А.А. Бобич // Энергия и менеджмент. – 2017. – № 2. – С. 2–5.

10. Муслина, Д.Б. Научно-методическое обеспечение модернизации теплотехнологических систем текстильных и трикотажных предприятий легкой промышленности: дис. канд. техн. наук: 05.14.04 / Д.Б. Муслина. – Минск: БНТУ, 2016. – 198 с.

11. Хрусталева, Б.М. К вопросу развития энергообеспечения промышленных теплотехнологий и систем теплоснабжения в Беларуси. Взгляд в ближайшее будущее и обозримую перспективу / Б.М. Хрусталева, В.Н. Романюк, В.А. Седнин, А.А. Бобич, Д.Б. Муслина, Т.В. Бубырь // Известия ВУЗов и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2014. – № 6. – С. 53–61.

12. Богачева, А.И. Паровинтовая машина ПВМ-1000 обеспечивает электроэнергией центральную котельную в г. Муравленко / А.И. Богачева, М.Н. Никитин, А.Н. Шаповалов // Турбины и дизели. – 2011. – май-июнь. – С. 48–51. ■

Статья поступила в редакцию 6.11.2017

