

АННОТАЦИЯ

В работе рассматривается ключевая энергетическая проблема современности — энергосбережение и возможность её решения на базе концепции интенсивного энергосбережения. Анализируется один из путей решения задачи снижения потребления первичных энергоресурсов в Беларуси. Рассматривается задача перехода к принципиально новой системе теплоснабжения, использующей побочные тепловые потоки, в том числе и низкотемпературные тепловые потоки промышленных предприятий, коммунального хозяйства, рассеиваемые в настоящее время в окружающей среде.

ANNOTATION

This paper considers the problems of modern key energy – energy saving and methodology of its decision based on the concept of intensive energy saving. It is considered one of the ways of reducing primary energy resources consumption in Belarus. Consider the task of moving towards a fundamentally new system heat supply using the side flow heat such as low-temperature flow heat of the industrial enterprises and communal facilities dissipating currently in the environment.

К вопросу о развитии систем теплоснабжения в Беларуси

Взгляд в ближайшее будущее и обозримую перспективу

Б. М. Хрусталёв, академик НАН Беларуси, д. т. н., профессор,
В. Н. Романюк, д. т. н., профессор, **Т. В. Бубырь**, м. т. н.,
Белорусский национальный технический университет

Введение

Прежде всего следует определиться с понятиями, обозначенными в названии. В контексте настоящей статьи под обозримой перспективой предполагается период трудовой деятельности поколения, начинающего сегодня самостоятельную работу, то есть порядка четырёх десятилетий. В процессе обсуждения и, конечно, неизбежных и необходимых дискуссий по глобальным вопросам типа «Какие системы теплоснабжения должны иметь место в стране к завершению указанной обозримой перспективы?» и «Каким путём можно осуществить переход к эффективным системам теплоснабжения?» должно сформироваться чёткое понимание того, как ответить на традиционный и, пожалуй, самый главный вопрос: «Что делать в ближайшие годы?»

Второе, что следует оговорить, связано с выбором целевой функции дальнейшего развития: сохранение окружающей среды, стабильность и успешное развитие, минимум потребления топлива и др. Важен и ответ на вопрос: «На какое топливо ориентироваться?» Ведь первичные энергоресурсы конечны. За последние два

десять лет земляне потребили их больше, чем за всё предыдущее существование, и ставка на топливо, которое по разным причинам может стать недоступным, с учётом инерционности энергетического комплекса, затратности его создания и изменения связана с серьёзными рисками. Для ответа на поставленные вопросы надо знать, от чего мы отталкиваемся, то есть чем располагаем в настоящее время.

Исходное состояние

Безусловно, развитие систем теплоснабжения, на которые приходится до 40 % потребляемых в Беларуси топливно-энергетических ресурсов, связано с энергосбережением. Необходимо не просто повышение, а кардинальное увеличение эффективности использования энергоресурсов на всех стадиях: производства, передачи и потребления. Система теплоснабжения является важной составляющей созданного в последние 60 лет хозяйственного комплекса страны. Этот комплекс не может быть кардинально изменён даже за десятилетие из-за ограниченности ресурсов финансовых, людских, временных и т. п.

Каждый хозяйственный комплекс характеризуется сложившейся индивидуальной структурой энергобаланса, включающего первичные и вторичные

энергоресурсы, побочные потоки энергии¹. Что отличает хозяйственный комплекс Беларуси? Прежде всего развитая газовая инфраструктура в широком смысле: газотранспортная система; теплотехнологии, ориентированные на применение природного газа; специалисты, подготовленные для работы с этим топливом. Следует отметить, что только на территории СНГ в вузах есть такая специальность, как промышленная теплоэнергетика, призванная готовить кадры, из числа которых, наиболее вероятно, могут вырасти системные специалисты, которые только и могут обеспечить в конечном итоге требуемое повышение эффективности использования первичных энергоресурсов. Обратим внимание, что эта специальность введена по инициативе выдающегося советского учёного, системного специалиста в области энергетики, академика Л. А. Мелентьева. Возвращаясь к особенностям хозяйственного комплекса страны, необходимо отметить, что игнорировать их при определении направления дальнейшего развития энергетического комплекса, в том числе и систем теплоснабжения, по меньшей мере, нецелесообразно.

Используемые в Беларуси первичные энергоресурсы составляют $\approx 0,3$ % мирового потребления, в том числе до $\approx 0,5$ % потребления природного газа [1]. Если представить, что мы прекратим всякую деятельность, связанную с потреблением топлива, очевиден факт, что значимых изменений ни в экологической ситуации, ни в объёмах запасов невозобновляемых энергоресурсов на планете Земля не произойдёт. Однако это не означает, что мы не должны бережно относиться как к окружающей среде, так и потреблению первичных энергоресурсов. Вместе с тем не представляется разумным «бежать впереди планеты всей», интенсивно развивая технологии энергообеспечения, которые сегодня в сравнении с альтернативными решениями крайне дороги, а потому ведут, по большому счёту, только к перерасходу столь необходимых стране средств. По сути, они инвестируются в разработку и производство соответствующих технологий и оборудования в отдельных, отметим, далеко не бедных странах.

Более взвешенно следует рассматривать и использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), которые, конечно, привлекательны, но объективно не способны обеспечить у нас необходимого изменения

ситуации. ВИЭ можно и нужно развивать, но не в ущерб (за счёт) промышленности и энергетике, отвлекая и без того ограниченные ресурсы от более радикальных шагов по сокращению потребления импортируемого топлива и не загружая реальный сектор экономики связанным увеличением тарифов на электроэнергию, полученную преобразованием энергии ветра, солнечного излучения и т. п. Желание «попробовать» может приветствоваться, когда речь идёт об использовании собственных средств.

Аналогичный подход в части взвешенности решений справедлив и в отношении экологии. Не следует вводить чрезмерные требования, например, по выбросам окислов азота, затрудняя, а то и блокируя ввод экономически выгодных установок, например, на базе газопоршневых агрегатов, давая дорогу другим, в частности газотурбинным, установкам, менее экономичным и к тому же дающим в указанном сравнении в 1,5 раза бóльшие выбросы ответственного за парниковый эффект диоксида углерода.

Сегодня предлагается много апробированных решений, которые если и несут риск неудачного использования, то минимальный. Энергоресурсы Беларуси ограничены, и надо крайне бережно использовать имеющееся, а то, что дала природа (бурый уголь, ценное сырьё, торф, сланцы), оставить будущим поколениям, у которых появятся разработанные к тому времени дешёвые и эффективные, экологически щадящие технологии их использования.

Исходя из сказанного, на наш взгляд, представляется наиболее целесообразным дальнейшие шаги по развитию энергосбережения ориентировать на использование природного газа, разведанных запасов которого, по оценкам РАН и признанных мировых институтов, хватит на 200–250 лет при сохранении нынешнего уровня энергопотребления [2–4]. Неизбежный рост цены природного газа можно компенсировать значительным (до 40 %) повышением эффективности его использования. Кроме того, ввод атомной электростанции на треть снизит его потребление в электроэнергетике.

Развитие энергообеспечения

Согласно концепции интенсивного энергосбережения, сформулированной профессором А. Д. Ключниковым, почти четверть века возглавлявшим факультет промышленной теплоэнергетики МЭИ, следует, что для достижения максимального энергосберегающего потенциала надо расширять систему, энергосберегающую базу, вовлекаемую в процесс рационализации энергоиспользования [5, 6]. Это ключевой момент,

¹ Вторичные энергоресурсы — это преобразованные потоки энергии: электроэнергия, тепловая энергия с различными энергоносителями. В этом контексте использован термин «вторичные энергоресурсы». Широко используемое понятие ВЭР не совсем корректно и вносит путаницу. Поэтому в статье, как предписывает соответствующая литература, применяется термин «побочные энергоресурсы».

на который следует обратить внимание. Расширение энергосберегающей базы ускорит решение стоящей перед нами глобальной задачи обеспечения относительной энергетической безопасности. Абсолютная энергетическая безопасность, к сожалению, следует признать, недостижима.

В контексте расширения энергосберегающей базы при снижении затрат энергии в системах теплоснабжения заслуживает внимания возможное расширение и изменение состава теплогенерирующих источников названных систем, что в конечном итоге приведёт к качественному изменению систем централизованного теплоснабжения, подобного тому, что имело место в 20-е гг. прошлого века в СССР.

В свете сказанного, на наш взгляд, необходимо рассмотреть вопрос о подобном масштабном изменении системы энергообеспечения. Речь идёт об использовании в системе централизованного теплоснабжения, наряду с существующими теплоисточниками (котельными, ТЭЦ), базирующимися на потреблении первичных энергоресурсов, побочных энергетических потоков промышленного производства и не только. К ним следует отнести прежде всего низкотемпературные тепловые потоки, в избытке образующиеся как при реализации промышленных теплотехнологий, так и в жилищно-коммунальном хозяйстве (канализационные стоки). Использование последних ещё в 70-е гг. прошлого века предложил и проводил первые исследования основатель кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» Белорусского политехнического института (ныне БНТУ) профессор Э. Х. Одельский. Сегодня изменились и условия, и техническая база реализации этой идеи, то есть имеется всё необходимое для её воплощения.

Энергетическая база

Низкотемпературные (до 50 °С) тепловые потоки составляют не менее 30 % тепловых выбросов промышленных предприятий. Поскольку всё потребление энергии промышленными предприятиями в конечном счёте рассеивается в окружающей среде в тепловой форме, нетрудно определить величину и отметить значительный потенциал рассматриваемого теплового потока, так как на промышленность приходится до 40 % энергоресурсов, потребляемых в стране. Коммунальное хозяйство расходует приблизительно такое же, как промышленность, количество энергоресурсов, то есть 40 % общего потребления. Расходуемая системами горячего водоснабжения энергия в конечном итоге также рассеивается в окружающей среде с канализационными стоками и, как принято считать, составляет до 30 %

энергии, необходимой системам теплоснабжения. Однако низкая температура упомянутых потоков не позволяет их повторное прямое использование.

Среднетемпературные (до 120 °С) тепловые выбросы промышленных предприятий и в ряде случаев тепловые потоки с более высокой температурой используются частично или вовсе не используются из-за отсутствия спроса. При этом, как правило, потенциальные потребители, такие как системы теплоснабжения, расположенные по соседству с источниками выбрасываемых тепловых потоков, игнорируются. Между тем объём этих тепловых выбросов и их энергосберегающий потенциал соизмерим с вышеупомянутыми низкотемпературными побочными тепловыми потоками промышленного производства.

Например, по данным энергоаудита за 2000 г., Белорусский металлургический завод рассеивал побочные технологические тепловые потоки в воздушных охладителях с температурой и в объёме, достаточных для теплоснабжения Жлобина в межотопительный период, то есть для закрытия потребности горячего водоснабжения города, а это 30 % потребления топлива последним. И этот потенциал энергосбережения может быть увеличен за счёт утилизации низкотемпературных технологических дренажных стоков.

Котельные в системе теплоснабжения страны занимают одно из доминирующих мест, многие из них являются производственно-отопительными. Рядом с ними в большинстве случаев имеются те или иные тепловые низкотемпературные потоки предприятий, например рассеиваемые градирнями систем оборотного водоснабжения. Так, по предварительным оценкам, Борисовское СП «ФреБор» ООО сбрасывает в отопительный период через испарительные градирни тепловой поток мощностью до 6 МВт, ОАО «Мозырсьоль» — до 20 МВт, завод «Полимир» ОАО «Нафтан» — до 200 МВт. Такая ситуация обусловлена теплотехнологией этих предприятий. При изменении энергообеспечения собственной системы теплоснабжения за счёт внедрения в её состав АБТН, которые будут использовать теплоту систем оборотного водоснабжения, на «Полимире», например, можно добиться снижения затрат на собственное энергообеспечение на 5 млн. USD. Простой срок окупаемости соответствующего проекта не превысит двух лет. Следует обратить внимание, что рядом с предприятием находится Новополоцкая ТЭЦ, в зону теплоснабжения которой входит город. Использование ею теплового потока испарительных градирен системы оборотного водоснабжения «Полимира», рассеиваемого в окружающей среде и загрязняющей её,

позволит в первом приближении на 40 % снизить затраты тепловой энергии ТЭЦ, требуемой на теплоснабжение Новополоцка.

Подобное изменение в работе ТЭЦ даёт дальнейшее развитие системного энергосберегающего эффекта, поскольку за счёт снижения нагрузки на отборы турбин ТЭЦ уменьшится генерация электроэнергии, что будет необходимо энергосистеме в связи с вводом в эксплуатацию АЭС. Ведь, когда заработает первый энергоблок, появится ночной избыток мощности до 0,5 ГВт, а с пуском второго он, по оценкам, составит более 1,1 ГВт. При использовании ТЭЦ для снабжения потребителей теплоты от охлаждения низкотемпературных потоков тех или иных источников важно, что обозначенное снижение генерации электроэнергии на ТЭЦ происходит без передачи тепловой нагрузки пиковым или иным теплогенерирующим источникам прямого сжигания топлива. То есть не только без перерасхода топлива, но и с экономией в отмеченные десятки процентов.

Помимо названных технологических низкотемпературных побочных потоков тепловой энергии (градиент), для теплоснабжения можно использовать тепловые потоки станций очистки сточных вод, температура которых достаточна для их утилизации и последующего нагрева сетевой воды с помощью АБТН. Например, в полукилометре от котельной ОАО «Забудова» расположена станция очистки сточных вод жилого посёлка. Использование теплоты охлаждения канализационных стоков с помощью АБТН и упомянутой котельной позволит снизить потребление топлива системой теплоснабжения посёлка, по предварительной оценке, на 30 %, поскольку именно столько в общей нагрузке систем теплоснабжения составляет вклад горячего водоснабжения, теплота которого рассеивается со стоками.

Другой пример возможного использования теплоты сточных вод связан с Оршанской ТЭЦ, в полукилометре от которой расположены очистные сооружения Орши. Рядом с ними проходят паропровод и тепловые сети ТЭЦ, то есть практически готова инфраструктура для обеспечения работы АБТН совместно с ТЭЦ. В первом приближении оценка потенциала утилизации теплового потока сточных вод с температурой порядка 30 °С соответствует мощности более 20 МВт, а средняя тепловая нагрузка упомянутой ТЭЦ в отопительный период составляет величину до 70 МВт. В этом случае использование теплоты сточных вод города снизит затраты топлива на теплоснабжение не менее чем на 30 %. При этом ТЭЦ улучшит показатели эффективности и снизит генерацию электроэнергии на величину

ориентировочно до 30 МВт, что, как уже отмечалось, будет полезно энергосистеме с вводом АЭС.

Когда речь идёт о сопряжении АБТН, утилизирующих побочные потоки, с теплогенерирующими источниками комбинированного производства энергии (ТЭЦ), неизбежны возражения о вытеснении теплофикации, снижении удельной выработки на тепловом потреблении и увеличении удельного расхода топлива на ТЭЦ. Рассмотрим эти возражения на примере ТЭЦ высоких начальных параметров (130 ата, 550 °С). Пусть в результате сопряжения АБТН и ТЭЦ складывается следующая ситуация: снижается нагрузка на теплофикационный отбор с удельной выработкой 450 кВт·ч/Гкал на величину 100 %, при этом в связи с обеспечением работы АБТН возрастает нагрузка промышленного отбора на 60 % потока теплоты, передаваемой ранее сетевой воде за счёт теплофикационного отбора. 40 % теплоты нагрева сетевой воды в этом случае обеспечивается сбрасываемыми побочными потоками. Удельная выработка промышленного отбора составляет 200–250 кВт·ч/Гкал. Теперь можно определить, что в результате внесённых изменений на 60–75 % снижается теплофикационная выработка на чисто отопительных ТЭЦ при сохранении тепловой нагрузки потребителей. Уменьшается удельная выработка электроэнергии на тепловом потреблении, но при этом снижается потребление природного газа, а это главный показатель. Реальное снижение генерации электроэнергии на ТЭЦ будет меньшим, поскольку низкотемпературных утилизируемых потоков в районе ТЭЦ может быть недостаточно. Для производственно-отопительных ТЭЦ многое зависит от соотношения производственной и отопительной нагрузок. Требуется дифференцированная оценка в каждом конкретном случае. С учётом неизбежных ограничений разного рода интегральное снижение мощности генерации электроэнергии на ТЭЦ Беларуси в результате привлечения с помощью АБТН теплоты побочных тепловых потоков к покрытию тепловых нагрузок в первом приближении можно принять до 25 %. Мощность потока электроэнергии от ТЭЦ в отопительный период известна — 2–4 ГВт, что позволяет оценить величину снижения мощности генерации ТЭЦ в результате описанных изменений до 1 ГВт. Это хорошо соотносится с приведённым выше прогнозом ожидаемого избытка мощности в ночные часы при вводе в строй АЭС. В складывающихся в энергосистеме Беларуси условиях это выгодно, поскольку с пуском АЭС и модернизацией паротурбинных ТЭЦ с помощью газотурбинных надстроек избыток мощности неизбежен. Дефицит нагрузок будут испытывать не только

паротурбинные конденсационные ТЭС и высокоэффективные парогазовые блоки, но и ТЭЦ. Сегодня это вынуждает рассматривать передачу тепловых нагрузок пиковым котлам, внедрение электронагрева сетевой воды, искать иные пути ликвидации указанного дисбаланса. Вместе с тем снижение генерации ТЭЦ за счёт рассмотренного технического решения даёт требуемое увеличение загрузки АЭС в зимний период и облегчает обеспечение графика электропотребления не только без пережога топлива, но и со снижением его расхода.

Энергосберегающий потенциал рассмотренных тепловых побочных потоков можно укрупнённо оценить, используя приведённые данные об их относительных весах в структуре энергобалансов предприятий, отраслей и известный объём годового валового потребления в стране энергоресурсов — ≈ 40 млн. т у. т. Получаем в топливном эквиваленте объём тепловых выбросов со средней и более высокой температурой — 4,8 млн. т у. т. в год, низкотемпературных выбросов — 9,6 млн. т у. т. Если принять коэффициент их использования 30 %, то величина энергосберегающего потенциала составит 4,3 млн. т у. т. в год, или 10 % существующего валового потребления энергоресурсов. Эта величина сопоставима с тем, что даёт паротурбинная теплофикация, и уже только по этой причине заслуживает внимания дальнейшее рассмотрение вовлечения этих энергоресурсов в число теплогенерирующих источников систем централизованного теплоснабжения. Расширение энергосберегающей базы, составляющее основу концепции интенсивного энергосбережения путём объединения традиционных теплогенерирующих источников с источниками рассеиваемых в окружающей среде тепловых побочных потоков предприятий промышленности и обеспечения жизнедеятельности (канализация), является своевременным шагом в дальнейшем развитии энергообеспечения страны — технически осуществимым, энергетически выгодным и при должном подходе к реализации экономически целесообразным.

Техническая база

Рассмотрим, на какой технической базе сегодня можно реализовать переход к описанной выше качественно новой системе теплоснабжения, каков энергосберегающий потенциал этого перехода и что требуется для его реализации.

Если говорить об утилизации среднетемпературных потоков и потоков с более высокой температурой, то вопросы возникают лишь в отношении согласования и взаимовыгодного объединения интересов различных субъектов хозяйствования и предприятий. Необходи-

мое техническое обеспечение, прежде всего теплообменные аппараты, в том числе и успешно работающие на потоках загрязнённых, агрессивных и других сред, имеются в широком ассортименте.

Вопросы могут появиться у читателей в отношении использования низкотемпературных тепловых потоков. Техническая проблема их использования решается с помощью абсорбционных тепловых насосов (АТН), которые известны давно и внимание к которым привлекалось неоднократно. Ещё в прошлом веке на кафедре холодильных машин Ленинградского технологического института холодильной промышленности была доказана возможность теплоснабжения на базе АТН. Однако низкая стоимость топлива и высокая цена абсорбционной техники в тот период не способствовали развитию этого направления.

Сегодня ситуация изменилась, и в дополнение к изменениям в оценке энергоресурсов появились надёжные и удобные в эксплуатации абсорбционные бромистолитиевые тепловые насосы (АБТН), получившие название чиллеров. Они достаточно дешёвые, выпускаются рядом компаний с мировым именем, что косвенно свидетельствует об их популярности и широком применении в развитых странах. Например, АБТН наиболее успешной в мире и широко известной у нас китайской корпорацией BROAD. Период их эксплуатации составляет 20 лет, в ходе которых не нужны расходные материалы. Это, конечно, при условии ответственной эксплуатации, что при наличии квалифицированного персонала и опыта в условиях Беларуси не является проблемой. Дополнительной нагрузки на экологию при использовании АБТН не создаётся. Их типоразмерный ряд охватывает диапазон от десятков киловатт до десятков мегаватт, что достаточно для решения обозначенной задачи. Утилизируют АБТН тепловые потоки в диапазоне температур от 12 до 50 °С. Тепловые потоки с более высокой температурой целесообразно использовать непосредственно. Приводом для АБТН служит относительно дешёвая тепловая энергия. Возможные теплоносители: пар, дымовые газы, горячая вода, наконец, топливо. АБТН способны нагревать сетевую воду до 85 °С. Соотношение потоков, составляющих баланс энергии АБТН, определяется их энергетическим КПД (отопительным коэффициентом, коэффициентом преобразования). Сегодня это соотношение таково: утилизируемый низкотемпературный поток — 40 %, затраты энергии теплогенерирующего источника — 60 %, поток теплоты сетевой воды — 100 %. Соответствующие решения проектировщиков (по схемам использования и подбору параметров теплоносителей)

могут обеспечить работу АБТН с более высоким коэффициентом преобразования и снизить затраты энергии теплогенерирующего источника с 60 % до 50 %, соответственно увеличив вклад утилизируемых потоков и снизив долю потока топлива. В случае широкого использования АБТН соотношение весов утилизируемого теплового потока и затрат теплоты теплогенерирующим источником может быть несколько улучшено за счёт заинтересованности изготовителей в изменении характеристик теплопередающих пучков теплообменников АБТН.

Однако уже сегодня АБТН обеспечивают при сопряжении с котельными до 40 % экономии топлива и, соответственно, средств на его покупку, что крайне важно. Ведь топливная составляющая себестоимости отпускаемой котельной тепловой энергии высока и может достигать 90%! Очевидно в связи с этим ожидание высоких экономических показателей проектов модернизации. Естественно, необходимо наличие соответствующих побочных тепловых потоков.

Из рассмотренного следует, что проблем, нерешаемых в техническом плане, нет. Остаётся лишь заинтересовать предприятия и организации различных ведомств в переходе к качественно новой системе централизованного теплоснабжения, и этот переход станет достойным ответом на вызов времени.

Выводы

1. Поскольку природный газ и технологии его потребления являются основной базой энергосбережения в республике, целесообразно дальнейшие шаги по развитию энергообеспечения и энергосбережения ориентировать в направлении использования этого топлива с тем, чтобы эффективность его использования возросла на десятки процентов.

2. Дальнейшее развитие энергосбережения, ориентированного на реализацию максимального энергосберегающего потенциала, должно базироваться на принципах системного подхода, которые и заложены в основу концепции интенсивного энергосбережения.

3. Необходимо рассмотреть вопрос о качественном изменении системы теплоснабжения городов, предусматривающем объединение теплоэнергетических систем промышленных предприятий, энергосистемы и ЖКХ в части использования в системе централизованного теплоснабжения побочных энергетических потоков. Это приведёт к экономии до 10 % потребляемого в стране первичного топлива, улучшит экологическую обстановку, облегчит покрытие суточных графиков генерации электроэнергии, что актуально с вводом

АЭС, и в связи с этим обеспечит дальнейшую системную экономию топлива.

4. Для согласования и объединения интересов различных субъектов хозяйствования необходимо создание соответствующей законодательной базы, регулирующей взаимоотношения предприятий промышленности и водопроводно-канализационного хозяйства, с одной стороны, при использовании их тепловых потоков в системах теплоснабжения объектов жилищно-коммунального хозяйства и энергетики, с другой.

5. Техническая база и квалифицированный персонал для реализации предлагаемых изменений в Беларуси имеются. Современные апробированные технологии также доступны, и их внедрение не является проблемой.

6. Изложенное указывает на целесообразность внесения в число приоритетных национальных проектов разрабатываемой Стратегии «Республика Беларусь-2030: формирование экономики знаний» положения о необходимости развития систем централизованного теплоснабжения за счёт использования побочных тепловых потоков промышленных предприятий, станций очистки канализационных стоков на базе абсорбционных тепловых насосов, что обеспечит снижение потребления топлива системами централизованного теплоснабжения не менее чем на 30 %.

ЭИМ

Литература

1. Романюк, В. Н. Интенсивное энергосбережение в промышленных теплотехнологиях / В. Н. Романюк, А. А. Бобич, Т. В. Бубыр // Энергия и Менеджмент. — № 6. — 2013. — С. 8–12.
2. Коротаяев, Ю. П. Природный газ — доминанта современной и будущей энергетики России и мира / Ю. П. Коротаяев. — М.: Нефть и газ, 1996. — 83 с.
3. Судо, М. М. Энергетические ресурсы. Нефть и природный газ. Век уходящий / М. М. Судо, Э. Р. Казанкова // Россия в окружающем мире: аналитический ежегодник / Международный независимый эколого-политологический университет. — М., 1998. — С. 10–22.
4. Глава ВР попросил инвестиций в энергетику на 30 триллионов долларов. [электронный ресурс]: TUT.BY|НОВОСТИ. — 2009. — Режим доступа: <http://news.tut.by/150361.html> — Дата доступа: 20.10.2009.
5. Ключников, А. Д. Предпосылки радикального повышения эффективности работ в области энергосбережения / А. Д. Ключников // Промышленная энергетика. — № 4. — 2001. — С. 12–17.
6. Ключников, А. Д. Интенсивное энергосбережение: предпосылки, методы, следствия / А. Д. Ключников // Теплоэнергетика. — № 11. — 2000. — С. 12–16.