

## **КОМПЛЕКС ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЭЦ В УСЛОВИЯХ РАБОТЫ БЕЛОРУССКОЙ АЭС И ПОДГОТОВКА КАДРОВ**

*В.Н. Романюк, А.А. Бобич*

*Белорусский национальный технический университет*

В условиях избытка генерирующих мощностей и значительного изменения их структуры развитие энергосистемы должно связываться с мероприятиями по обеспечению условий стабильности и повышения эффективности ее работы. Требуется изменения в работе всех энергоисточников, которые при сохранении или повышении надежности энергосистемы должны обеспечивать дальнейший рост системного энергосберегающего эффекта. С усложнением структуры и режимов функционирования системы все более актуальным становится проблемы выбора вариантов планируемых к внедрению технических решений. В этих условиях для оценки эффективности энергосистемы, кроме традиционных и абсолютно необходимых показателей надежности и экономичности, следует рекомендовать термодинамические критерии [1].

С вводом Белорусской АЭС прогнозируются избытки мощности в период ночных провалов в отопительный и межотопительный периоды возникает проблема регулирования графиков нагрузки энергосистемы, поскольку из генерации вытесняются традиционные регуляторы мощности, и решение комплекса задач, сопутствующих проблеме, невозможно без участия ТЭЦ.

Для ликвидации ожидаемых избытков мощности предусматривается использование тепловых нагрузок систем теплоснабжения, часть которых планируется передавать в часы провалов электропотребления от традиционных теплогенерирующих источников к взаимосвязанным комплексам в составе «электрокотел – тепловой аккумулятор», обеспечивающих увеличение электрической нагрузки энергосистемы Беларуси [2]. Указанные комплексы безусловно необходимы в условиях, которые будут иметь место в энергосистеме страны, поскольку при должной их суммарной мощности в состоянии обеспечить необходимую динамику процесса регулирования выполнения соотношения «генерация – потребление электроэнергии». Вместе с тем, такое искусственное увеличение электрической нагрузки не решает всех задач, традиционно имеющих место в энергосистеме, например, надежность тепло- и электрообеспечения потребителей, снижение удельного расхода топлива на ТЭЦ, а также проблем, связанных с необходимостью разгрузки отборов паровых турбин до технического минимума. Также следует отметить, что результаты количественной оценки термодинамической эффективности энергосистемы Беларуси после ввода в строй АЭС и электрокотлов и сравнение их с данными по существующему положению в энергосистеме указывают на сниже-

ние ее термодинамической эффективности от 2,3% в отопительный период до 3,2% в межотопительный период [3], рис. 1.

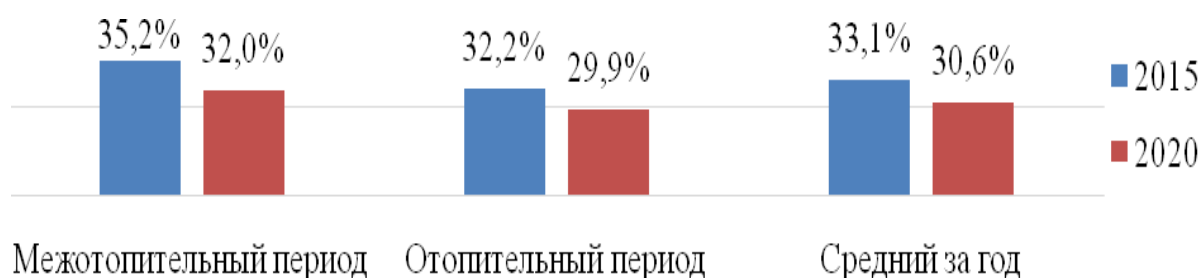


Рисунок 1 – Сравнение эксергетического КПД энергосистемы Беларуси в 2015 и в 2020 году при работе Белорусской АЭС и электрокотлов

В свете изложенного очевидна необходимость придания не свойственных ТЭЦ функций ни сегодня, ни в недавнем прошлом, и которые желательно будет выполнять без ухудшения одного из основных показателей работы ТЭЦ – удельного расхода топлива на отпускаемые потоки электроэнергии и тепловой энергии. Такими новыми, востребованными со стороны энергосистемы к ТЭЦ страны функциями, на наш взгляд, будут две:

1. способность резервировать и изменять генерацию электроэнергии при сохранении отпуска тепловой энергии без перерасхода природного газа и без потери моторесурса основного оборудования;

2. способность значительно изменять (снижать) удельную выработку электроэнергии на тепловом потреблении.

При указанных функциональных требованиях необходимо обеспечить высокие технико-экономические показатели ТЭЦ:

– снизить УРТ до уровня лучших теплотехнологических когенерационных комплексов промышленных предприятий, т. е. величины УРТ на уровне не более 150 г/(кВт·ч) для обеспечения конкурентоспособности электроэнергии, выработанной на ТЭЦ;

– обеспечить надежность снабжения тепловых потребителей в соответствии с их категоричностью и с сохранением комбинированной выработки отпускаемых тепловой и электрической энергии;

– минимизировать рассеяние энергии за счет утилизации низкотемпературных тепловых потоков и вытеснением процессов дросселирования.

Для достижения указанных целей в работе [4] предложены перспективные технические мероприятия, позволяющие повысить эффективность энергосистемы путем внедрения на ТЭЦ абсорбционных бромистолитиевых тепловых насосов (АБТН), тепловых аккумуляторов (ТА) и интеграции в состав ТЭЦ высоких начальных параметров ГТУ по сбросной схеме с основным оборудованием. Единовременное внедрение перечисленных мероприятий в полном объеме, при всей заманчивости такой реализации, по различным причинам оказывается невозможным. В этой связи очевидна необходимость оценки вклада в ожидаемый эффект (возможно-

сти резервирования, снижения расхода природного газа и пр.) того или иного из перечисленных мероприятий, а также определения количественной оценки эффективности энергосистемы с многоукладной структурой энергоисточников: КЭС, ТЭЦ, котельные на органическом топливе, АЭС на ядерном топливе, электрокотлы на ТЭЦ, электрокотельные, ГЭС, ветроэлектростанции. В [1, 5] показана целесообразность применения для принятия решения по выбору варианта развития системы термодинамического метода, и, в частности, на базе расчета термодинамического КПД для получения количественной оценки термодинамической эффективности энергосистемы Беларуси на различных стадиях ее развития: от текущей ситуации, до интеграции в ее состав АЭС и дальнейшего совершенствования с применением комплекса технических решений.

Реализация комплекса мероприятий, рассмотренных выше, обеспечивает дополнительно после ввода в строй АЭС уменьшение потребления природного газа до 0,74 млн т у.т. в год, что, в конечном итоге, увеличивает термодинамическую эффективность энергосистемы до 32,2%, однако требует специалистов соответствующей квалификации, которых следует адаптировать и подготавливать к складывающимся в энергосистеме условиям.

**Выводы:** Термодинамическая эффективность энергосистемы может быть дополнительным объективным и стабильным показателем при принятии соответствующих решений внедрения энергосберегающих мероприятий.

Ввод АЭС улучшает структуру генерирующих мощностей энергосистемы, снижает потребление природного газа до 4,2 млн т у.т., однако при этом, что ожидаемо, ухудшается термодинамическая эффективность энергосистемы с 33,1 до 30,6%.

Для реализации рассмотренного комплекса технических решений, который позволит повысить эффективность использования природного газа на ТЭЦ, следует рекомендовать существующим специалистам ТЭЦ пройти переподготовку для возможности адаптации к грядущим изменениям и приданием ТЭЦ несвойственных для них функций в части регулирования графика генерации электрической мощности. Также следует усилить подготовку студентов по специальностям кафедры «Тепловые электрические станции».

#### **Список использованных источников**

1. Романюк В.Н. К вопросу оценки термодинамической эффективности Белорусской энергосистемы / В.Н. Романюк, В.А. Седнин, А.А. Бобич // Энергия и Менеджмент. – 2016. – № 6. – С. 2–7.

2. Разработка мероприятий по режимной интеграции Белорусской АЭС в баланс энергосистемы: отчет о НИР/ Науч.-исслед. и проект. Республ. Унитарн. Предпр. «Белорусский теплоэнергетич. ин-т»; рук. Работы Ф.И. Молочко. – Минск, 2014. – 96 с. – № Б-14-7/1.

3. 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.

4. Романюк В.Н. К вопросу о диверсификации вариантов регулирования мощности генерации Белорусской энергосистемы / В.Н. Романюк, А.А. Бобич // Энергия и Менеджмент. – 2015. – № 6. – С. 3–8.

5. Андриющенко А.И. Показатели эффективности сложных систем энергоснабжения и взаимосвязь между ними / А.И. Андриющенко // Материалы четвертой Российской научно-технической конференции «Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности», Ульяновск, 24–25 апреля 2003 г. / Ульяновский государственный технический университет. – Ульяновск, 2003. – С. 12–14.

УДК 621.039

## **ТРЕНАЖЕРНАЯ ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ В БЕЛОРУССКОМ НАЦИОНАЛЬНОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ДЛЯ ПЕРВОЙ БЕЛОРУССКОЙ АЭС**

*А.Л. Буров, А.А. Павловская*

*Белорусский национальный технический университет*

В рамках реализации Государственной программы подготовки кадров для ядерной энергетики Республики Беларусь на 2009–2020 годы на энергетическом факультете Белорусского национального технического университета (БНТУ) в 2008 году открыта новая специальность 1-43 01 08 «Паротурбинные установки атомных электрических станций», выпуск специалистов по которой обеспечивает кафедра «Тепловые электрические станции» (ТЭС).

Строительство атомной электростанции является одним из стратегических направлений развития энергетики Беларуси, а подготовка собственных высококвалифицированных специалистов – одним из важнейших факторов реализации этого проекта.

Особенностью подготовки инженеров для энергетики, в особенности для работы на объектах атомной энергетики, является сочетание глубоких теоретических знаний и приобретенных практических навыков.

Строительство Белорусской АЭС потребует специалистов, способных обеспечить пуск и эксплуатацию энергоблоков с соблюдением требований ядерной и радиационной безопасности. При комплектовании штата АЭС необходим подготовленный оперативный персонал блочных щитов управления: ведущие инженеры по управлению реактором (ВИУР) и турбиной (ВИУТ).

Оперативный персонал в ходе своего обучения должен получить знания, достаточные для самостоятельной деятельности по управлению энергоблоком АЭС; развить навыки приема, оценки и переработки информации, принятия решений и их реализации, увязки сведений, получаемых от средств отображения информации, с ходом технологических процессов. Для будущих работников атомной электростанции важно понимать взаимосвязь меж-