

РАЗВИТИЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Д. А. Волоткевич

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Н. В. Ермалинская

В современных условиях и общемировых тенденциях устойчивое энергоэффективное функционирование энергосистемы Республики Беларусь невозможно без комплексного и сбалансированного подхода в определении важнейших задач и направлений ее развития. Сегодня в качестве ключевых стратегических задач ставятся: обеспечение энергетической безопасности, повышение энергоэффективности, диверсификация топливно-энергетического баланса (в том числе за счет увеличения доли использования возобновляемых источников энергии) и переход к цифровой энергетике.

Цель проводимых исследований – анализ современного состояния и выявление тенденций развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) Республики Беларусь в условиях повышения уровня энергетической безопасности страны.

Анализ состояния и структуры выработки энергии в энергетической отрасли Беларуси за период с 2010 по 2019 г. позволил установить следующее:

– основным источником получения электроэнергии являются тепловые электростанции, суммарная мощность которых составляет 9820 МВт [1]. Также в белорусской энергосистеме работают 19 гидроэлектростанций установленной мощностью 95 МВт, ветроэнергетические установки (11 МВт) и блок-станции потребителей (1034,4 МВт);

– активно развивается энергетика на возобновляемых источниках, в частности, увеличивается выработка электроэнергии на солнечных, ветро- и гидроэлектростанциях;

– экспорт электроэнергии в последние годы увеличился в 8,75 раза (с 271 млн кВт · ч до 2370 млн кВт · ч) при существенном снижении импорта электроэнергии от зарубежных поставщиков в 92,8 раза (табл. 1).

Таблица 1

Баланс электрической энергии, млн кВт · ч

| Наименование | Годы | | | | | |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2010 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| Производство, в том числе | 34890 | 34232 | 33572 | 34522 | 38927 | 40451 |
| – на тепловых электростанциях | 34844 | 34073 | 33331 | 33930 | 38386 | 39755 |
| – на гидроэлектростанциях | 45 | 111 | 142 | 406 | 324 | 351 |
| – ветроустановками | 1 | 39 | 73 | 97 | 99 | 166 |
| – солнечными установками | – | 9 | 26 | 89 | 118 | 179 |
| Импорт | 2971 | 2816 | 3181 | 2733 | 50 | 32 |
| Экспорт | 271 | 194 | 160 | 148 | 1040 | 2370 |
| Потреблено в республике | 37590 | 36854 | 36593 | 37107 | 37937 | 38113 |

Примечание. Составлено автором на основе источника [2].

В сложившихся условиях основными тенденциями развития энергосистемы Республики Беларусь становятся следующие:

– *наращивание собственной генерации электроэнергии блок-станциями организаций.* Производство электрической энергии на блок-станциях предприятий выросло с 2432 млн кВт · ч, в 2010 г. до 4160 млн кВт · ч в 2019 г. [1]. Это произошло по ряду причин: возможность исключения затрат на передачу, распределение, сбыт, диспетчеризацию; внедрение дешевых газотурбинных и газопоршневых установок с высоким КПД и маневренностью. Однако в связи с вводом Островецкой АЭС выдача разрешений на строительство блок-станций приостановлена;

– *ввод и эксплуатация атомной электростанции.* Особенностью атомной станции является то, что станция должна работать в номинальном режиме, для поддержания ее в безопасном состоянии и обеспечения минимальной себестоимости производства электрической энергии (топливные затраты должны составлять не более 25 %);

– *развитие теплофикационной генерации.* По производству тепловой энергии доля ТЭЦ составляет в среднем 55 % от всей тепловой энергии, при этом удельный расход топлива на ТЭЦ значительно ниже среднего по системе. В результате ввода АЭС существующие ТЭЦ периодически разгружаются ниже теплового графика, что свидетельствует об отсутствии необходимости создания новых энергоблоков;

– *развитие конденсационной генерации.* Мощности конденсационных станций в белорусской энергосистеме представлены: ТЭЦ–5 719,6 МВт, Березовской ГРЭС – 1255,1 МВт, Лукомльской ГРЭС – 2889,5 МВт. Данные станции выполняют функции баланса мощности и выработки электроэнергии для обеспечения данного баланса;

– *развитие возобновляемых источников энергии.* В возобновляемой энергетике наибольшее развитие получили ГЭС. Однако сдерживающим фактором остается рельеф территории, не позволяющий строить крупные станции.

Системообразующим документом для разработки прогнозов и программ развития энергетики страны выступает Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. (табл. 2).

Таблица 2

Программно-правовые документы, определяющие приоритеты развития топливно-энергетического комплекса Республики Беларусь

| Программные документы | Основные цели |
|---|---|
| Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. | Повышение энергетической самостоятельности страны за счет вовлечения в энергобаланс ядерного топлива и возобновляемых источников энергии |
| Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь | Диверсификация поставщиков и видов энергоресурсов, энергетическая эффективность конечного потребления ТЭР и пр. |
| Отраслевая программа развития электроэнергетики на 2016–2020 гг. | Сбалансированное развитие и модернизация генерирующих источников, диверсификация первичных энергоносителей и пр. |
| Комплексный план развития электроэнергетической сферы до 2025 г. с учетом ввода БелАЭС | Интеграция Белорусской атомной электростанции в Объединенную энергетическую систему; ликвидация перекрестного субсидирования в тарифах с учетом планируемого роста реальных доходов населения |

Примечание. Составлено автором на основе источника [1].

Предполагается, что развитие атомной энергетики и возобновляемых энергоисточников позволит диверсифицировать топливно-энергетический баланс энергосистемы в направлении снижения потребления природного газа. Также ставится задача повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов до уровня развитых стран, т. е. снижения уровня энергоемкости ВВП в 1,5–2 раза [1].

В соответствии с Концепцией энергетической безопасности развитие ТЭК Беларуси должно идти в направлении достижения установленных показателей (табл. 3).

Таблица 3

Основные индикаторы энергетической безопасности Республики Беларусь

| Наименование индикатора | Пороговые уровни | | Значение по годам | | |
|--|------------------|-------------|-------------------|------|------|
| | нормальный | критический | 2025 | 2030 | 2035 |
| Отношение объема производства первичной энергии из ВИЭ к валовому потреблению ТЭР, % | 14 | 5 | 7 | 8 | 9 |
| Доля доминирующего поставщика энергоресурсов в импорте ТЭР, % | 65 | 85 | 80 | 75 | 70 |
| Доля доминирующего вида топлива в валовом потреблении ТЭР, % | 50 | 70 | 55 | 52 | 50 |
| Отношение суммарной установленной мощности электростанций к максимальной фактической нагрузке в энергосистеме, % | 140 | 95 | 155 | 150 | 145 |
| Доля доминирующего энергоресурса (газа) в производстве тепловой и электрической энергии, % | 50 | 80 | 60 | 50 | < 50 |
| Энергоемкость ВВП (в ценах 2005 г.), кг у. т. / млн р. | 160 | 485 | 353 | 317 | 268 |

Примечание. Составлено автором на основе источника [1].

Следовательно, в соответствии с целями Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь ТЭК должен развиваться в направлениях, обеспечивающих увеличение объема производства первичной энергии из возобновляемых источников энергии (ВИЭ) до 14 %, снижении доли доминирующего вида топлива (газа) в потреблении ТЭР не более 50 %, снижении энергоемкость ВВП до 160 кг у. т. / млн р. в ценах 2005 г.

Для реализации намеченного курса разработано три варианта развития баланса энергосистемы Республики Беларусь с учетом развития ветроэнергетики (табл. 4).

Сценарии развития энергосистемы Республики Беларусь

| Прогнозируемые показатели | Сценарий | | |
|--|----------------------------|----------------------|----------------|
| | Оптимистичный ² | Базовый ³ | Пессимистичный |
| Производство электроэнергии, млрд. кВт · ч | 45,2 | 42,1 | 39,6 |
| Производство теплоэнергии, млн Гкал | 63,2 | 59,8 | 58,4 |
| Отношение объема производства первичной энергии из ВИЭ к валовому потреблению ТЭР, % ($d_{\min} - d_{\max}$) | 8–14 | 8–14 | 8–14 |
| Суммарная установленная мощность ВЭУ / СЭС к 2030 г., млн кВт | 2,0 / 2,0 | 2,5 / 3,0 | 1,5 / 1,0 |
| Производство электрической энергии из ВИЭ, млрд кВт · ч ($W_{\min} - W_{\max}$) | 2,3–6,8 | 2,1–6,3 | 2,0–5,9 |
| Прогнозная минимальная себестоимость генерации энергии, долл, МВт · ч | 44,40 | 45,00 | 44,10 |

Примечания. 1. Таблица составлена автором на основе источника [1]. – 2. Оптимистичный сценарий заложен индикаторами НСУР–2030. – 3. Базовый сценарий заложен индикаторам Концепции энергетической безопасности.

Необходимо отметить, что представленные сценарии развития энергосистемы Республики Беларусь (табл. 4) разработаны с учетом следующих особенностей [1]:

- обоснование вариантов развития энергосистемы проводилось по критерию минимума общей себестоимости генерации электрической энергии;
- каждый из представленных сценариев включает два подсценария, в которых доля ВИЭ составила 5 и 15 % в общем объеме производства электроэнергии;
- проблема прохода периодов перепроизводства электроэнергии решена с помощью электродвигателей, которые будут потреблять излишки для выработки тепловой энергии;
- во всех сценариях активного развития ВИЭ основным видом энергии должна стать энергия ветра, так как ветроэнергетические установки (ВЭУ) имеют более равномерный и прогнозируемый график выработки, а полученная энергия будет иметь наиболее низкую себестоимость;
- исключение возможности регулирования графика нагрузки посредством мощностей АЭС, так как станция должна работать в постоянном режиме;
- базовым уровнем графика нагрузки, не подлежащим снижению, останется выработка электроэнергии в теплофикационном цикле ТЭЦ, что принято за технологические ограничения допустимой выработки энергии из ВИЭ;
- доля выработки энергии АЭС и ТЭЦ в общем балансе должна будет составлять 79,6–87,8 % в зависимости от сценария.

Таким образом, перспективные направления и прогнозные параметры развития ТЭК Республики Беларусь учитывают различные сценарии функционирования энергосистемы и, в первую очередь, ориентированы на повышение уровня энергетической безопасности страны, увеличение доли использования возобновляемых источников энергии посредством введения дополнительных генерирующих мощностей солнечных и ветроэнергетических установок.

Литература

1. Разработка энергетического баланса энергосистемы Беларуси с учетом развития возобновляемой энергетики, в том числе ветроэнергетики : науч.-техн. отчет / А. Ф. Молочко [и др.]. – Минск : Альфа-книга, 2019. – 238 с.
2. Энергетический баланс Республики Беларусь : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2020. – 101 с. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by>. – Дата доступа: 12.02.2020.

**ПЕРСПЕКТИВЫ И БАРЬЕРЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ
ГЕНЕРАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

Е. М. Вежновец, К. П. Герасенко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Г. А. Рудченко

Энергетическая политика Республики Беларусь ориентирована на обеспечение надежного, устойчивого энергоснабжения потребителей на основе повышения уровня энергетической безопасности страны, максимально эффективного использования имеющихся топливно-энергетических ресурсов, снижения зависимости от импорта органического топлива. В этой связи в настоящее время в научных и прикладных исследованиях значительное внимание уделяется вопросам создания на предприятиях собственных генерирующих мощностей, т. е. формированию и развитию систем распределенной генерации энергии.

Применение источников собственной генерации энергии у потребителя – процесс, как для мировой энергетики, так и для отечественного топливно-энергетического комплекса, не являющийся новацией. Изучение исторических аспектов развития отечественной энергетики показало, что источники распределенной генерации энергии существовали на начальном этапе формирования энергетической отрасли [1]–[4]. Дальнейшее применение они нашли на объектах промышленного, бытового, социального, сельскохозяйственного и других секторов экономики.

Ключевыми предпосылками развития распределенной генерации энергии в мире являются следующие [5]:

- возникновение и развитие новых технологий генерации энергии;
- появление нового оборудования;
- рост конкуренции за энергоресурсы;
- участвовавшие в мире аварии и отключения техногенного происхождения;
- нарастающая нагрузка на окружающую среду;
- геополитические и социальные угрозы.

Процесс развития распределенной энергетики в мире происходит весьма высокими темпами: по данным исследований группы Navigant research [6] прогнозируется ввод большего объема мощностей распределенных источников генерации энергии, чем централизованной генерации (рис. 1). Так, к 2026 г. в мире ожидается следующее соотношение: на долю распределенных источников генерации энергии будет приходиться около 76 %, а централизованных – всего 24 %.

Анализ концепций построения распределенной энергетики в мировой практике позволил установить ключевые условия ее применения при энергоснабжении хозяйствующих субъектов, характерные также для Республики Беларусь [5]:

1) учет особенностей спроса на количество и качество энергии местными (локальными) потребителями всех ее видов;