

УДК 621.311

**ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧНОСТИ КОНДЕНСАЦИОННЫХ  
ЭНЕРГОБЛОКОВ**  
**EVALUATION OF THE ECONOMICAL EFFICIENCY  
OF CONDENSING POWER UNITS**

А. О. Боровикова

Научный руководитель – Н. Б. Карницкий, д. т. н., профессор  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Беларусь

A. Borovikova

Supervisor – N. Karnitsky, Doctor of Technical Sciences, Professor  
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** в данной статье рассматривается применение электрогенерирующих мощностей энергосистемы Республики Беларусь в качестве резервных в случае останова энергоблоков Белорусской атомной электростанции.*

***Annotation:** this article discusses the use of electricity generating capacities of the power system of the Republic of Belarus as backup in the event of a shutdown of power units of the Belarusian Nuclear Power Plant.*

***Ключевые слова:** энергоэффективность, электрочотлы, мощность, атомная энергетика, инфраструктура.*

***Key words:** energy efficiency, electric boilers, power, nuclear power industry, infrastructure.*

### **Введение**

Главной целью электростанций, котельных, электрических и тепловых сетей, подстанций, диспетчерских пунктов управления является производство, преобразование, распределение и отпуск электрической и тепловой энергии потребителям (далее – энергопроизводство).

Основными технологическими звеньями энергопроизводства являются областные энергосистемы (предприятия – РУП-облэнерго) с входящими в их состав филиалами – электростанциями, электрическими и тепловыми сетями, связанными общностью режимов работы и имеющими центральные оперативно-диспетчерские службы. Процветание стран и народов напрямую зависит от объема потребляемой энергии, что естественным образом мотивирует людей стремиться увеличивать это потребление. Энергия играет особое значение в системе человеческих ценностей, без нее нынешняя цивилизация недееспособна.

### **Основная часть**

Беларусь развивается быстрыми темпами. Однако для достижения уровня развития социально-промышленного сектора и сельского хозяйства, как в США, Швеции и других развитых стран, необходимо иметь аналогичное количество собственных электрогенерирующих источников на душу населения. Если исходить из расчета хотя бы 1 млн. кВт генерирующей

мощности на 1 млн. жителей республики, то установленная энергогенерирующая мощность должна быть в пределах 10 млн. кВт. Плюс еще необходимо до 30 % мощности, находящейся в горячем резерве (как в США), для обеспечения надежного и бесперебойного электроснабжения всей страны. Таким образом, суммарная собственная энергомощность республики должна достичь как минимум 12–15 млн. кВт.

Современные исследования и разработки ищут новые способы для максимального замещения органических источников энергии. В настоящее время основной акцент делается на возобновляемые источники энергии (ВИЭ) – ветровые, гидро- и солнечные электростанции, установки, работающие на биомассе, торфе, древесине, лигнине, отходах жизнедеятельности человека и др. К сожалению, на данный момент доля электроэнергии, производимой из возобновляемых источников энергии, остается невысокой даже в самых развитых странах мира, не учитывая крупные гидроэлектростанции. Она составляет всего 12–17 % от общего объема потребления электроэнергии.

В Беларуси удовлетворить такой уровень спроса на электроэнергию за счет ВИЭ будет очень трудно. Беларусь расположена в зоне с очень малым количеством солнечных дней в году по сравнению с Западной Европой. Тот же минус можно отнести и к ветроэнергетике так как трудно ожидать многого в связи с тем, что преобладающая скорость ветра в пределах государства, где возможна экономичная и целесообразная выработка электроэнергии составляет всего 2–3 м/сек. Что касается гидроэлектростанций, то даже если они будут построены почти на всех водоемах республики, где это конечно экономически выгодно, будет трудно получить даже 500 МВт. Поэтому неудивительно, что энергия ядерного деления вытесняет традиционные источники энергии, работающие на углеводородном топливе, во многих странах мира.

Уран – это один из наиболее распространенных элементов на Земле, и его запасы практически неограничены. Его обнаруживают в различных горных породах, включая граниты, сланцы и песчаники, а также в воде морей и океанов. Современные технологии позволяют добывать уран из различных источников, что обеспечивает его доступность для применения в различных отраслях промышленности, включая производство электроэнергии. Кроме того, атомные электростанции, работающие на уране, являются более экологически чистыми по сравнению с тепловыми станциями, так как не производят вредных выбросов в атмосферу. В то время как тепловые электростанции, работающие на каменном угле, производят 950 г/(кВт·ч) вредных выбросов, на мазуте – 700, на природном газе – 530 г/(кВт·ч).

Благодаря тому, что происходит запуск двух энергоблоков на Белорусской АЭС, энергосистема страны значительно усилится и станет второй по установленной мощности после Лукомльской ГРЭС. Строительство атомной станции – это огромный проект, который требует особого внимания и уникальных решений в сфере энергетики. Этот проект не только создаст

новый источник энергии, но и представляет собой сложную задачу по передаче больших объемов электроэнергии от АЭС к потребителям, что требует развития и модернизации электрических сетей в стране.

Для обеспечения связи АЭС с Белорусской энергосистемой параллельно со строительством атомной электростанции будет реализован проект под названием «Строительство АЭС в Республике Беларусь. Выдача мощности и связь с энергосистемой». Он предусматривает строительство воздушных линий электропередачи 330 кВ протяженностью 1032,5 км, реконструкцию 672,4 км действующих ВЛ 110–330 кВ, реконструкцию 4 распределительных устройств со строительством ячеек 330 кВ на подстанциях 330 кВ «Россь» и «Сморгонь» (с установкой второго автотрансформатора), 220 кВ «Столбцы» (она будет переведена на напряжение 330 кВ) и Минской ТЭЦ-4, а также строительство новой ПС 330 кВ «Поставы» [1]. Реализация проекта охватывает территорию Гродненской, Минской и Витебской областей.

Энергосистема Беларуси постоянно совершенствуется для обеспечения стабильного и надежного энергоснабжения. Это включает в себя развитие электростанций, расширение сетевой инфраструктуры, повышение энергоэффективности и внедрение новых технологий [2]. Концепция энергетической безопасности стремится защитить граждан, общество и экономику от возможных угроз, связанных с дефицитом энергоресурсов и прерываниями поставок энергии (табл. 1).

Таблица 1 – Данные по установленной мощности ОЭС Беларуси [1]

№	Наименование электростанций	Код	Мощность-МВт	Примечание
1	БелАЭС (прием в эксплуатацию 1 квартал 2021г) – 1 блок		1 194,0	РУП БелАЭС
	ИТОГО АЭС:		1 194,00	
1	Лукомльская ГРЭС	ГРЭС-20	2 889,5	Витебскэнерго
2	Минская ТЭЦ-4	ТЭЦ-4	1 035	Минскэнерго
3	Березовская ГРЭС	ГРЭС-15	1 095,12	Брестэнерго
4	Гомельская ТЭЦ-2	ТЭЦ-26	544	Гомельэнерго
5	Новополоцкая ТЭЦ	ТЭЦ-14	270	Витебскэнерго
6	Минская ТЭЦ-3	ТЭЦ-3	442	Минскэнерго
7	Могилевская ТЭЦ-2	ТЭЦ-21	297,3	Могилевэнерго
8	ТЭЦ-5	ТЭЦ-5	719,6	Минскэнерго
9	Светлогорская ТЭЦ	ТЭЦ-7	155	Гомельэнерго
10	Мозырская ТЭЦ	ТЭЦ-24	206	Гомельэнерго
11	Бобруйская ТЭЦ-2	ТЭЦ-22	182,6	Могилевэнерго
12	Гродненская ТЭЦ-2	ТЭЦ-23	312,45	Гродноэнерго
	ИТОГО по основным станциям:		8 148,57	

С появлением двух новых блоков на АЭС возникают сложности с управлением нагрузкой в энергосистеме из-за изменений в процессе генерации. Для эффективного решения этой проблемы необходимо активное

взаимодействие с ТЭЦ. Интеграция новой АЭС в энергосистему Беларуси является ключевой задачей для Министерства энергетики и ГПО «Белэнерго». Это означает, что все плановые мероприятия по строительству резервных и пиковых источников энергии и электродкотлов должны быть выполнены точно и в срок. Важными элементами также для обеспечения стабильности энергосистемы являются различные типы энергетических установок.

На данный момент предпринято ряд мер по интеграции Белорусской АЭС в энергосистему. Одним из главных событий является, строительство электродкотлов, которые позволяют в определенной степени выровнять суточный график нагрузки. Это представляет собой значительный шаг в направлении улучшения энергетической инфраструктуры страны. Внедрение электродкотлов поможет смягчить ночные провалы в электросети и повысит техническую гибкость существующего оборудования.

Эксплуатация электродкотлов также приведет к экономии топливно-энергетических ресурсов, поскольку уменьшит количество запусков и остановок оборудования [2]. Кроме того, это позволит создать дополнительные резервы по видам топлива, что способствует диверсификации энергетического комплекса страны.

На сегодняшний день уже запущены в эксплуатацию электродкотлы общей мощностью 170 МВт на ТЭЦ и 26 МВт на котельных. Несмотря на некоторые задержки из-за пандемии COVID-19, процесс внедрения электродкотлов продолжается успешно. Загрузка электродкотлов будет определяться конкретными потребностями в тепле и условиями эксплуатации источников.

Плановый естественный физический износ оборудования, конструкций, материалов в распределительных электрических сетях приводит к снижению надежности электроснабжения, а увеличение подключенных к сети нагрузок – к снижению качества электроэнергии и повышению потерь электроэнергии.

### **Заключение**

Предложенные мероприятия направлены на увеличение продолжительности интервалов между техническими обслуживаниями и сокращение времени и затрат на обслуживание энергетической сети. После запуска в эксплуатацию Белорусской АЭС мощностью 2400 МВт возможны исследования по повышению надежности энергосистемы. Введение в эксплуатацию электродкотлов с баками-аккумуляторами и работа паротурбинного оборудования ТЭЦ помогут смягчить ночные провалы электрической нагрузки, особенно в летний период.

Рассмотрены технические решения определения эффективности резервирования энергоблоков АЭС в отопительный период с помощью паротурбинных энергоблоков и ПГУ-427 Лукомльской ГРЭС. Так, при пиковой мощности в энергосистеме 6200 МВт при максимальной нагрузке

предлагаются для резервирования 2 блока 315 МВт 1 очереди и ПГУ-427 Лукомльской ГРЭС (без АЭС) и ПГУ-427 (в работе один блок АЭС).

В межотопительный период с включенной пиковой мощностью энергосистемы 4850 МВт предлагаются варианты резервирования от Лукомльской ЛГРЭС составом оборудования из ПГУ-427 и 1 очереди станции мощностью 1255 МВт (без АЭС) и ПГУ-427 и 1 блок 315 МВт (в работе один блок АЭС).

### Литература

1. Дубровенский, А. Н. Оптимизация режимов работы ТЭС в энергосистеме / А. Н. Дубровенский // Энергетика Беларуси. – 2018. – № 3. – С. 5–10.
2. 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.