

ЭНЕРГЕТИКА СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ



УДК: 639.311.1.016

В. Ф. Белей

**ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА
КАЛИНИНГРАДСКОЙ
ОБЛАСТИ: АНАЛИЗ
СОСТОЯНИЯ, ПЕРСПЕКТИВ
РАЗВИТИЯ
И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
С ЭНЕРГОСИСТЕМАМИ СТРАН
БАЛТИЙСКОГО РЕГИОНА**



Проанализировано состояние электроэнергетической системы Калининградской области и даны рекомендации по повышению ее энергоэффективности. Рассмотрены перспективы ее развития с учетом возможного вхождения энергосистем стран Балтии в западноевропейское энергообъединение.

This article analyses the current state of the Kaliningrad region's energy system and gives recommendations regarding the increase in energy efficiency. The author considers the prospects of its development taking into account the possible accession of the Baltic States to the UCTE.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, электрическая энергия, мощность, потери электроэнергии, линия электропередачи постоянного и переменного тока, электростанция, Калининградская область.

Key words: energy system, electrical energy, power, electric loss, AC and DC transmission lines, power plant, Kaliningrad region.

Калининградская область в 2008 году на 73% обеспечила себя электроэнергией (ЭЭ) благодаря собственным источникам, в основном за счет Калининградской ТЭЦ-2. В таблице 1 представлены балансы электроэнергии на 2008 год по Калининградской области и ОАО «Янтарьэнерго».

Таблица 1

Баланс электроэнергии по Калининградской области за 2008 год [9; 13]

Количество энергии	Генерация ЭЭ			ОАО «Янтарьэнерго»		
	Всего	Собственная	Извне	Получено от источников ЭЭ	Отпуск потребителям	Потери
Млрд кВт·час	3,97	2,83	1,14	3,74	3,05	0,68
%	100	73	27	100	71,7	18,3

В настоящее время на единицу выпускаемой продукции в Японии тратится в 7 раз, в США и Германии в 3—4 раза меньше электроэнергии, чем в России, что обусловлено высокой эффективностью производственных секторов этих стран. Это также подтверждается данными, приведенными в таблице 2. В итоге рост производства в странах с развитой экономикой в последние годы практически не сопровождался ростом электропотребления.

Таблица 2

Основные энергетические характеристики стран мира — главных потребителей первичной энергии (2003 год) [10]

Страна	Население, млн чел.	ВВП,	Первичная энергия, ЭДж/год	Мощность	ВВП,
--------	---------------------	------	----------------------------	----------	------

		дол./чел.	Потребление	Производство	ГВтэлектростанций,	дол. · 10 ⁹ / ГВт
США	290,8	37840	98,16	70,16	953,2	11,6
Китай	1284,0	960	43,60	40,97	356,6	3,45
РФ	143,7	3030	28,23	47,00	216,1	2,01
Япония	127,3	29770	22,97	4,11	266,1	14,3
Индия	1042,0	440	16,59	16,59	108,0	4,25

Таким образом, низкая эффективность всех сфер народного хозяйства России обусловила неоправданно высокое энергопотребление. Согласно экспертным оценкам, только повышение эффективности хотя бы в два раза позволило бы снизить полезный отпуск потребителям ОАО «Янтарьэнерго» с 3,05 млрд кВт·час в 2008 году до 1,5 млрд кВт·час, а существующие в Калининградской области генерирующие мощности с запасом обеспечили бы все потребности области в ЭЭ в 2010 году.

Одним из важнейших путей повышения эффективности электрических сетей, обеспечивающих передачу и распределение электроэнергии, является снижение ее расхода на этот процесс. По мнению международных экспертов, относительные потери электроэнергии при ее передаче и распределении в электрических сетях большинства стран можно считать удовлетворительными, если они не превышают 4—5%. Потери на уровне 10% можно считать максимально допустимыми с точки зрения физики передачи по сетям электроэнергии [11]. Таким образом, одним из критериев при оценке эффективности электрических сетей и систем является уровень потерь энергии в них.

Теперь о потерях ЭЭ в электрических сетях ОАО «Янтарьэнерго», которые в 2008 году составили 0,68 млрд кВт·час, или 18,3% от ЭЭ, поступившей в его сети от источников ЭЭ (табл. 1). Следует отметить, что в мире принято оценивать потери от полезного отпуска ЭЭ потребителям, исходя из этого потери в электрических сетях ОАО «Янтарьэнерго» составляют 22,3%.

В таблице 3 приведена структура потерь ЭЭ при ее передаче от источников к потребителям.

Таблица 3

**Структура потерь ЭЭ по элементам
электроэнергетической системы РФ, %**

Линии электропередачи	Трансформаторы	Реакторы, синхронные компенсаторы, силовые конденсаторы, счетчики, измерительные трансформаторы тока и напряжения	Собственные нужды подстанций
≈ 65 из них, 5 на корону	≈ 30, из них половина — потери в стали	3	2

Основная доля потерь электроэнергии в электрических сетях происходит в линиях электропередачи. Методы снижения этих потерь общеизвестны [7; 11; 12]. В первую очередь это повышение напряжения при передаче ЭЭ. Так, передача ЭЭ при напряжении 10 кВ вместо 0,4 кВ при той же длине и сечении проводов снижает потери в 625 раз.

$$\Delta P = \sum \frac{P^2 \cdot r}{U^2}$$

Другой метод — это снижение плотности тока в линиях передачи, компенсация реактивной мощности и прочее.

Следующие по значимости доли потерь — это потери в силовых трансформаторах. Использование энергосберегающих трансформаторов, особенно в распределительных сетях (6... 35) кВ/0,4, позволит снизить потери ЭЭ в трансформаторах от двух до пяти раз в зависимости от нагрузки трансформатора [3].

Вследствие своего географического положения энергетическая безопасность Калининградской области в значительной степени зависит от поставок энергоносителей из-за рубежа и от шагов стран Балтии и стран ЕС по интеграции электроэнергетического рынка Балтии в Европу. В настоящее время калининградская энергосистема через электрические сети стран Балтии и Беларуси связана с энергосистемой континентальной России (рис. 1). Причем эта связь, выполненная на напряжении 330 кВ, является недостаточно надежной, так как она осуществляется через одну подстанцию г. Советска.

Следует отметить, что имеются еще четыре линии связи между Литовской и Калининградской энергосистемами на напряжении 110 кВ, но это слабые связи (табл. 4), и они не предназначены для передачи больших мощностей (на рисунке 1 линии электропередачи напряжением 110 кВ не показаны).



Рис. 1. Системообразующие сети Балтии, Беларуси, Северо-Запада РФ и Калининградской области

Таблица 4

**Пропускная способность и дальность передачи
линий переменного напряжения 110—750 кВ**

Напряжение ЛЭП, кВ	Сечение проводов,	Передаваемая мощность, МВт	Длина ЛЭП, км
--------------------	-------------------	----------------------------	---------------

	мм ²	Натуральная	тока 1,1 А/мм ² При плотности	при КПД = 0,9 Пределная	подстанциями) соседними (между двумя Средняя
110	70—240	30	13—45	80	25
220	240—400	135	90—150	400	100
330	2·240—2·400	360	270—450	700	130
400	3·300—2·400	500	620—820	1000	180
750	5·300—5·400	2100	1500—2000	2200	300

ЕС и страны Балтии заявляли, что интеграция электроэнергетического рынка стран Балтии в Европу является приоритетной задачей в области энергетики. Конечным этапом реализации этой интеграции является отделение энергосистем стран Балтии от энергообъединения IPS/UPS + Baltic States и подключение на параллельную работу с UCTE. На рисунке 2 приведены функционирующие в Европе энергообъединения, а в таблице 5 — характеристики трех из них.

Таблица 5

Характеристики трех европейских энергообъединений [1]

Названия	NORDEL	UCTE	IPS/UPS + Baltic States
Количество стран	4	23	14
Население региона, млн чел.	25	450	280
Установленная мощность, ГВт	90	600	315
Годовое потребление, ГВт·ч/год	401,5	2323	1237
Максимум потребления, ГВт	65	384	197

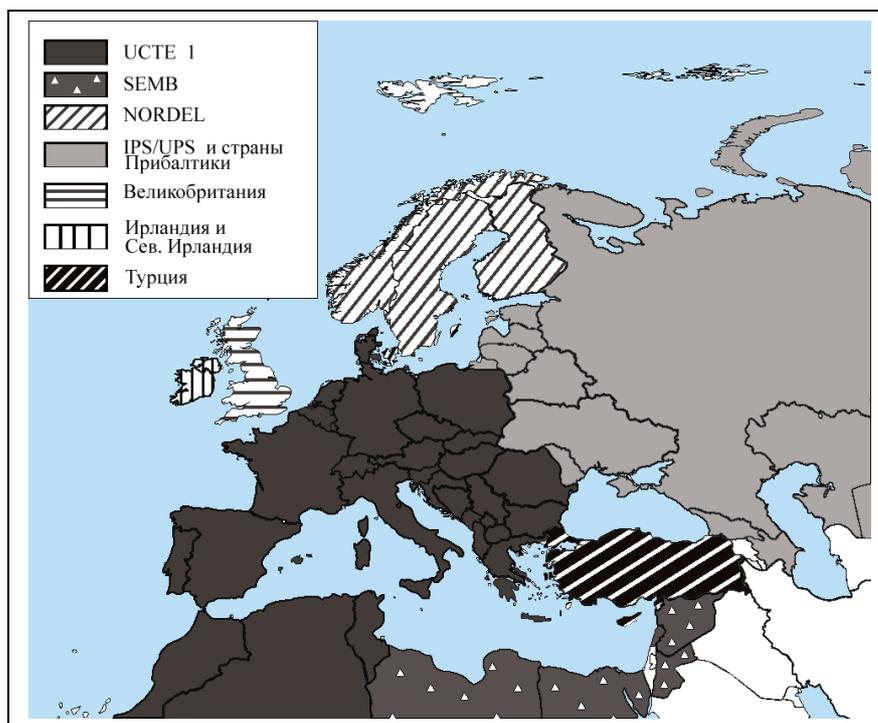


Рис. 2. Объединения европейских энергосистем

Следует отметить, что до недавнего времени такое отделение было невозможным, так как энергосистемы стран Балтии не имели электрических связей с энергообъединением UCTE, а у энергосистем РФ и Беларуси были с энергосистемой стран Балтии 11 связей на напряжениях 330 и 750 кВ (см. рис. 1).

Все дальнейшие шаги стран Балтии свидетельствуют о реализации намеченных планов. Как следует из рисунка 1, от Финского залива до территории Польши энергосистемы стран Балтии связаны между собой электрической сетью, позволяющей осуществлять передачу электрической энергии. В конце 2006 года Эстония и Финляндия ввели в эксплуатацию линию постоянного тока мощностью 350 МВт (рис. 3, ППТ 8).

В апреле 2009 года принято решение о возведении электрического моста на основе линии постоянного тока между энергосистемами Швеции и Литвы мощностью до 1000 МВт (рис. 3, ППТ 4). Завершить проект планируется в 2016 году. Страны Балтии в связи с закрытием 31 декабря 2009 года Игналинской АЭС (рис. 3, ИАЭС) придают реализации этого проекта не только коммерческое, но и стратегическое значение. В 2006 году в Вильнюсе было подписано соглашение об объединении энергосистем Литвы и Польши. Предполагается, что «энергомост» будет представлять собой ЛЭП напряжением 400 кВ от Круонисской гидроаккумулирующей электростанции (ГАЭС) (г. Алитус) до границы с Польшей, а оттуда до польского г. Элк (рис. 3).



Рис. 3. Системообразующие сети Калининградской области, стран Балтии и Польши

Строительство «энергомоста» планируется завершить в 2011 году. Семнадцатого июня 2009 года страны Балтийского моря подписали в Брюсселе меморандум об объединении энергетического рынка с включением энергосистем Литвы, Латвии и Эстонии [6]. Еврокомиссия предложила России при присоединении энергосистем стран Балтии к системе UCTE подключить к ней также и энергосистему Калининградской области (ЕС и Калининград: сообщение Комиссии Европейских сообществ, 2001 год). В настоящее время системообразующая сеть калининградской энергосистемы построена на напряжении 110 кВ. Планируемое в Калининградской области создание второго уровня системообразующей сети на напряжении 330 кВ актуально, так как на порядок возрастают технические возможности энергосистемы области (табл. 3). При подключении энергосистемы стран Балтии и Калининградской области к UCTE, наряду со связью Круанис (Литва) — Елк (Польша), вполне логическим видится сооружение дополнительной двухцепной линии напряжением 400 кВ, соединяющей подстанцию напряжением 330 кВ Калининграда с подстанцией в районе Эльблонга (Польша) (рис. 3). Сооружение связи «Калининград — Эльблонг» позволит решить ряд важнейших задач в электроэнергетике стран Балтийского региона: 1) значительно повысит их надежность и устойчивость; 2) позволит передавать мощности до 1640 МВт в обоих направлениях вдоль побережья Балтийского моря; 3) обеспечит прием электроэнергии от морских ветропарков, планируемых к возведению в акватории Балтийского моря [4; 6]. Таким образом, в период с 2011 по 2016 год реально вхождение энергосистем стран Балтии в синхронную работу в составе энергообъединения UCTE с отключением от энергообъединения IPS/UPS. С учетом обеспечения резервной мощности, а также требований устойчивости и надежности работа калининградской энергосистемы возможна только в составе мощной энергосистемы, такой, в которой в настоящее время она и функционирует — энергообъединение IPS/UPS + Baltic States или UCTE (рис. 3).

Прогноз потребления электроэнергии в Калининградской области на период до 2015 года по расчетам специалистов ОАО «СО ЕЭС» и администрации Калининградской области приведен на рисунке 4 [9].

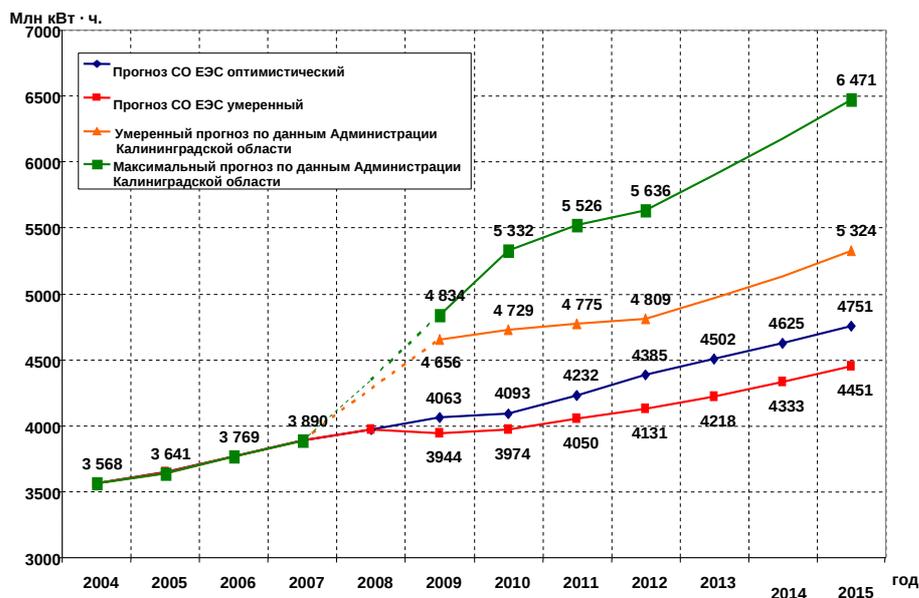


Рис. 4. Прогноз потребления электрической энергии в Калининградской области на период до 2015 года

Учитывая вышеизложенные обстоятельства, а также прогнозируемый рост электропотребления, вопрос обеспечения энергетической безопасности Калининградской области региональные власти связывают с развитием собственных генерирующих мощностей. На совещании под руководством министра энергетики Российской Федерации С. И. Шматко по вопросам развития энергетики Калининградской области, которое состоялось в июне 2009 года, принят следующий сценарий ввода генерирующего оборудования:

- 1) ввод второго энергоблока Калининградской ТЭЦ-2 450 МВт — 2010 год;
- 2) ввод первого энергоблока АЭС Янтарь 1150 МВт — 2016 год;
- 3) ввод второго энергоблока АЭС Янтарь 1150 МВт — 2018 год.

Предполагается также осуществить строительство нескольких ТЭЦ на угле и местном торфе суммарной мощностью 800 МВт в городах, имеющих развитую систему теплоснабжения.

На наш взгляд, без большой энергетики — Калининградской ТЭЦ-2, АЭС «Янтарь» — Калининградской области не обойтись. Что касается строительства ТЭЦ на угле и местном торфе, то вместо этого необходимо уделить внимание возведению генерирующих источников на основе возобновляемых источников энергии: ветра, биомассы, гидроресурсов и др. [2; 5].

Уже с завершением строительства в 2016 году первого энергоблока атомной станции калининградская энергосистема будет избыточна по мощности, что создаст условия для экспорта значительного ее количества. Оказавшись на европейском рынке электроэнергии, Калининградская ТЭЦ-2 и АЭС «Янтарь» смогут продавать выработанную энергию потребителям за пределами Калининградской области только через посредников в лице сетевых компаний Литвы и Польши и на условиях, которые не всегда могут быть благоприятными для нашей области. В настоящее время не достаточно изучены технические аспекты системообразующих сетей стран Балтии, их возможности по передачи электроэнергии из Калининградской области европейским потребителям, перспективы развития этих сетей и генерирующих мощностей, условия работы энергосистемы Калининградской области в энергообъединении UCTE. Положение может быть в будущем осложнено тем, что страны Балтии и Польша планируют к 2018 году построить атомную электростанцию (Игналина-2) мощностью до 3400 МВт. В итоге избыточная выработанная электроэнергия Калининградской области может оказаться невостребованной.

В качестве одного из вариантов решения указанных проблем предлагается одновременно со строительством газопровода «Nord Stream» по дну Балтийского моря осуществить сооружение электрического моста на основе линии постоянного тока между континентальной частью Российской Федерации, Калининградской областью и Германией (рис. 3, ППТ-6). Мост представляет собой линию постоянного тока, состоящую из силовых кабелей, проложенных по дну Балтийского моря, и трех конвертирующих подстанций. Такой мост позволит транспортировать, независимо от того, останется ли калининградская энергосистема в составе российского энергообъединения IPS/UPS или войдет в центрально-европейское энергообъединение UCTE, электрическую энергию, выработанную в Калининградской области, непосредственно в Германию

и континентальную часть России или обратно, минуя посредников в лице Польши, Литвы и Беларуси. При этом значительно повысится энергетическая безопасность, надежность и финансовая независимость калининградской энергосистемы. Оценка стоимости и выбор места подключения моста к сетям Германии выполнены под руководством профессора высшей технической школы г. Штральзунда, (ФРГ) Эдгаром Харцфельдом. По предварительным расчетам при мощности электрического моста 2000 МВт его стоимость составит около 3 млрд евро [8]. В настоящее время по дну Балтийского моря проложены и успешно функционируют шесть электрических мостов на основе линий постоянного тока (см. рис. 3). Связь на постоянном токе для АЭС «Янтарь» не исключает ее связи на напряжении 330 кВ и является необходимой в первую очередь с Круонисской ГАЭС (рис. 3, г. Алитус) и другими при создании второго уровня системообразующей сети на напряжении 330 кВ в Калининградской области.

Список литературы

1. Аюев Б. В едином ритме с Европой // *Мировая энергетика*. 2007. № 6. С. 66—69.
2. Белей В. Ф. Возобновляемые источники энергии и перспективы их использования в Калининградской области // *Известия КГТУ*. 2006. № 11. С. 20—30.
3. Белей В. Ф. Оценка роли трансформаторов в системах энергообеспечения с позиций энергосбережения и повышения качества электроэнергии // *Промышленная энергетика*. 2002. № 5. С. 36—42.
4. Белей В. Ф. Перспективы соединения системообразующих сетей Польши, Калининградской области и Литвы между собой и оценка возможностей подключения к ним потенциальных ветропарков // *Международная конференция «Комплексное управление, индикаторы развития, пространственное планирование и мониторинг прибрежных районов Юго-Восточной Балтики»* (г. Калининград, 26—30 марта 2008 г.): избр. тр. Ученые записки Русского географического общества (Калининградское отделение). Т. 1, ч. 1 (спец. выпуск). 2008. № 1—7.
5. Белей В. Ф. Современное состояние и мировые проблемы развития ветроэнергетики // *Энергетик*. 2007. № 12. С. 21—25.
6. Белей В. Ф. Электроэнергетика Калининградской области и стран Балтии: проблемы и анализ некоторых вариантов их развития // *Электрика*. 2009. № 12. С. 3—8.
7. Белей В. Ф., Свердлин Ф. С. Сельские электрические сети: проблемы и некоторые пути их решения // *Эксплуатационная эффективность технических систем: тр. V междунар. сем.* 29—30 апреля 1999 г. Олыштын, 1999. С. 41—46.
8. Белей В. Ф., Харцфельд Э. Создание электрического моста при строительстве газопровода «Северный поток» // *7-я международная научная конференция «Инновации в науке и образовании — 2009»* (г. Калининград, 30—22 октября 2008 г.): сб. науч. тр. Калининград, 2009. С. 86—89.
9. Белей В. Ф., Паршина В. Ф., Жуков Д. А. Состояние энергетического комплекса и энергетическая политика в Калининградской области // *Там же*. С. 93—95.
10. Велихов Е. П., Гагабульский А. Ю., Субботин С. А., Цибульский В. Ф. Человечество и энергия // *Энергия: экономика, техника, экология*. 2007. № 8. С. 3—6.
11. Воротицкий В. Э., Калинкина М. А. Расчет, нормирование и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях. М., 2000.
12. Железко Ю. С. Стратегия снижения потерь и повышения качества электроэнергии в электрических сетях // *Электричество*. 1992. № 5. С. 6—12.
13. Обзоры компаний электроэнергетики (МРСК). Холдинг МРСК. Итоги деятельности компаний. URL: <http://www.openutilities.ru> (дата обращения: 17.11.2009).