

## 10.14. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС: ЭЛЕМЕНТЫ, ПАРАМЕТРЫ

Глухов В.В., д.э.н., профессор, проректор по организационной и экономической деятельности;  
Ядыкин В.К., старший преподаватель школы «Международная высшая школа управления»  
Инженерно-экономического института

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

[Перейти на Главное МЕНЮ](#)  
[Вернуться к СОДЕРЖАНИЮ](#)

В статье рассмотрены особенности формирования оптимальной программы развития энергетического комплекса, факторы, оказывающие существенное влияние на развитие энергетики в Российской Федерации, и проиллюстрирован цикл формирования программы регионального энергетического комплекса.

Региональный энергетический комплекс (РЭК) – совокупность участников единой технологической цепочки процесса «производства, транспортировки, и потребления энергоресурсов в масштабах региона» (рис. 1). Формирование программы развития энергетического комплекса – процесс долгосрочного планирования, опирающийся на экономико-математическую модель энергетического комплекса.

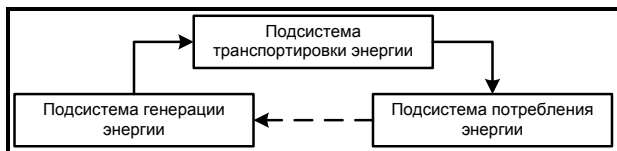


Рис. 1. Элементы энергетического комплекса (пунктиром обозначен поток информации о потребностях в энергии потребителя)

Под программой развития в электроэнергетике следует понимать комплекс мероприятий (технических решений) и инвестиций. Параметры энергетического комплекса (рис. 2):

- спрос;
- предложение;
- надежность поставок;
- доступ к сетям;
- тарифы;
- доступ к топливу;
- экономическая политика.

Важным параметром энергетического комплекса является топливно-энергетический баланс, представляющий собой систему показателей, отражающую полное количественное соответствие между приходом и расходом (включая потери и остаток) топливно-энергетических ресурсов в хозяйстве в целом или на отдельных его участках (отрасль, регион, предприятие, цех, процесс, установка) за выбранный интервал времени. Для генерации характерны такие параметры, как пиковая нагрузка, спад нагрузки, потребление электроэнергии на собственные нужды, объем потребленных первичных энергоресурсов (нефть, газ, уголь и пр.) на единицу выработанной электроэнергии, эколого-экономические параметры выработки электро- и теплотенергии. Специфическими параметрами транспортировки электроэнергии являются:

- протяженность линий электропередачи;
  - класс напряжения:
    - высокий;
    - средний;
    - низкий;
  - объемы отпуска в сеть электроэнергии и потерь энергии;
  - тариф на передачу электроэнергии по сетям.
- К параметрам энергопотребления могут быть отнесены:
- энергосбережение;
  - энергоменеджмент;
  - пиковые объемы энергопотребления и спады;
  - тариф на единицу покупаемой энергии.

Критерий оптимизации в моделях инвестиционного планирования должен подразумевать достижение максимума энергетического эффекта за технологический цикл «производства, транспортировки, распределения и потребления электрической и тепловой энергии».

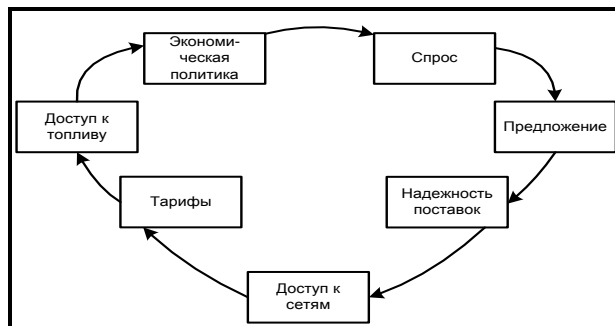


Рис. 2. Блочный цикл процесса планирования параметров энергетического комплекса

Рассматривая систему, возникают задачи оценки состояния, выявления и согласования целей (рис. 2).

Первый участок в технологической цепочке энергетического комплекса – это генерация. В 2012 г. она достигла 1 064 млрд кВт·ч [3]. Доля электроэнергии, произведенной атомными электростанциями (АЭС), составила 16,7%, а доли выработки тепловыми электростанциями (ТЭС) и гидро-электростанциями (ГЭС) уменьшились 67,8% и 15,5% соответственно.

По производству электроэнергии на душу населения Российская Федерация находится на 7-м месте после США, Австралии, Франции, Японии, Австрии и Германии (рис. 3). Расположение генерирующих подсистем в РФ имеет тенденцию к централизации, что обусловлено низкой удельной стоимостью производства электрической энергии, относительной дешевизной и доступностью энергоресурсов. Потребители энергии имеют территориальную распределенность.

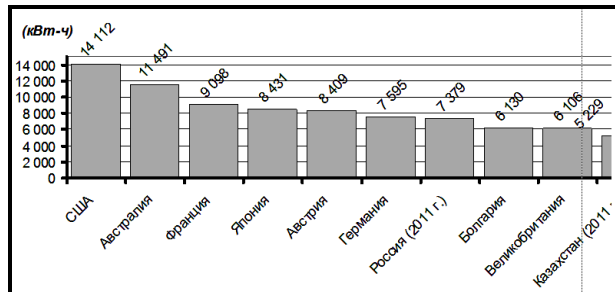


Рис. 3. Производство электроэнергии на душу населения в 2010 г. по десяти странам мира (по данным Федеральной службы государственной статистики РФ)

В Европе и США централизация никогда не была высокой. Развитие децентрализованной генерации в Европе привело к созданию новой концепции сетевого комплекса, который стал «адаптивным». Децентрализованные производители энергии развивались как автономные потребители и стали производителями энергии в часы максимума, что позволило согласовывать графики потребления и генерации, тем самым сокращая издержки производителей энергии и давая возможность локальным потребителям / производителям получать дополнительный доход, увеличив надежность. Такие решения дали толчок к появлению нового оборудования и созданию новых технологий генерации.

Второй участок в технологической цепочке системы регионального энергетического комплекса – это транспортировка электроэнергии. Одна из проблем энергетической отрасли – это потери электроэнергии при транспортировке по сетям.

Фактические потери представляют собой разность между электроэнергией, которая поступила в сеть после выработки и поставленной потребителям. Потери подразделяются (рис. 4) таким образом:

- потери технического характера (возникают при передаче энергии по электросетям и обуславливаются физическими процессами, которые происходят в проводах и оборудовании);
- электроэнергия, которая расходуется на обеспечение работы подстанций (такая энергия определяется счетчиками, установленными на трансформаторах собственных нужд электростанций);
- потери, которые обусловлены погрешностями измерения.

Показатели энергетических потерь зависят от протяженности территории, принципов построения энергетической системы.

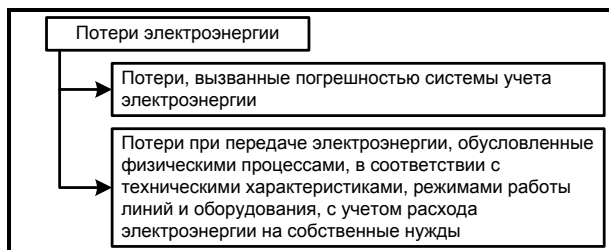


Рис. 4. Потери электроэнергии при передаче

Энергетические потери при передаче по электрическим сетям считаются соответствующими, если их показатель не выше 4-5%. Когда они достигают 10%, их нужно считать максимально допустимыми. В Германии и Японии показатель потерь составляет 4-5%, а в странах, где территория протяженная, а энергетическая система сконцентрирована на мощных электростанциях, потери приближаются к 10%, примером чему служат Норвегия и Канада (рис. 4).

Уровень потерь обосновывается расчетами для конкретных схем и нагрузок сетей и регламентируется Министерством энергетики для каждой сетевой компании (табл. 1).

Далее для сравнения приведем потери в Северо-Западном федеральном округе, Ленинградской области и Республике Хакасия (табл. 2).

На основании приведенных статистических данных можно сделать вывод, что потери (как в региональных электрических сетях, так и по РФ в целом) имеют устойчивую тенденцию к снижению, за исключением Ленинградской области, где они увеличились с 2005 г. на 3,2%. Лидер по показателю энергопотерь в РФ – Республика Хакасия, здесь этот показатель в 2012 г. составил 2,2%.

Таблица 1

ПОТЕРИ В ЭЛЕКТРОСЕТЯХ ПО РФ В ЦЕЛОМ

Год	Произведено электроэнергии, млн. кВт * ч	Потери в электросетях, %
2005	953 083,4	11,8
2006	995 793,9	10,8
2007	1 015 333,0	10,3
2008	1 040 379,0	10,5
2009	991 979,5	10,2
2010	1 038 029,5	10,1
2011	1 054 809,9	10,0
2012	1 069 292,4	10,0

Необходимо отметить, что потери при транспортировке тесно связаны с износом основных фондов. Увеличение количества потерь свидетельствует о проблемах в сети, которые требуют технического перевооружения, совершенствования методов и средств эксплуатации.

Энергопотери негативно сказываются на показателях всей системы, провоцируя не только убыток для энергетических компаний, но и увеличение тарифов для потребителя. Для достижения положительного результата необходимы комплексные меры, направленные на все субъекты энергетического комплекса:

- мониторинг ситуации;
- выполнение ремонтных работ в соответствии с техническим регламентом;
- модернизация оборудования;
- внедрение новых технологий;
- совершенствование систем учета электрической энергии;
- улучшение схем электроснабжения и пр.

Таблица 2

ПОТЕРИ В ЭЛЕКТРОСЕТЯХ В РЕГИОНАХ РФ

Год	Северо-Западный федеральный округ		Ленинградская область		Республика Хакасия	
	Произведено электроэнергии, млн. кВт * ч	Потери в электросетях, %	Произведено электроэнергии, млн. кВт * ч	Потери в электросетях, %	Произведено электроэнергии, млн. кВт * ч	Потери в электросетях, %
2005	95 017,8	12,8	37 671,6	5,6	24 777	3,5
2006	99 603,4	10,5	36 966,8	4,3	27 842,7	2,6
2007	103 642,0	9,4	38 483,1	3,5	21 884,2	2,9
2008	109 437,0	9,0	41 547,1	2,9	21 607,8	2,9
2009	105 785,6	10,7	39 085,2	7,4	18 985,7	3,1
2010	110 727,5	10,7	41 774,5	7,6	13 634,8	4,5
2011	115 280,7	10,4	40 854,0	8,2	21 428,0	2,5
2012	114 362,7	10,4	37 935,1	8,8	20 916,1	2,2

Определяющее значение здесь носит понятие «комплекс», потому что ожидать должного результата от мероприятий, направленных на отдельные компоненты системы, в силу их тесной взаимосвязи смысла не имеет. Третий участок в технологической цепочке энергетического комплекса – это потребление электроэнергии.

Рассмотрим динамику потребления электроэнергии в РФ (см. табл. 3) на фоне изменения валового регионального продукта в 2008-2012 гг. (табл. 4).

Таблица 3

**ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЦЕЛОМ ПО РФ И В ЦЕНТРАЛЬНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ ПО СУБЪЕКТАМ В 2008-2012 гг.**

Область	Годы				
	2008	2009	2010	2011	2012
РФ	1 022 746,2	977 122,4	1 020 632,5	1 041 122,1	1 063 319,5
Центральный федеральный округ	204 149,3	196 558,9	206 821,0	206 190,9	208 421,2
Северо-Западный федеральный округ	10 3261,1	100 087,7	105 640,9	106 669,5	109 768,8

Млн. кВт-ч

На основании анализа энергопотребления (см. табл. 3) можно сделать вывод, что динамика энергопотребления по регионам в среднем за пять лет имеет тенденцию к незначительному росту на фоне увеличения на 4% в целом по РФ (2,1% по Центральному федеральному округу и 6,3% по Северо-Западному), за исключением 2009 г., когда наблюдалось незначительное снижение показателей, что можно объяснить последствиями экономического кризиса 2008-2009 гг.

Физический объем валового регионального продукта (ВРП) за период с 2008 по 2012 гг. (табл. 4, 6) увеличился почти на 50%: в среднем по РФ он составил 147,2% (в Центральном федеральном округе – 137,5%, в Северо-Западном – 155,2%). Таким образом, энергоёмкость ВРП значительно уменьшилась, а экономическая эффективность использования энергии возросла, что положительно отразилось на повышении энергетической безопасности социально-экономического комплекса.

Таблица 4

**ВРП В ЦЕНТРАЛЬНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ ПО СУБЪЕКТАМ РФ В 2008-2012 гг.**

Область	Годы				
	2008	2009	2010	2011	2012
ВРП по субъектам РФ (валовая добавленная стоимость в основных ценах)	33 908 756,7	32 007 228,1	37 687 768,2	45 392 276,7	49 919 958,8
Центральный федеральный округ	12 674 395,4	11 405 184,0	13 444 440,1	16 062 123,8	17 433 050,9
Северо-Западный федеральный округ	3 388 222,1	3 415 870,7	3 943 053,7	4 785 458,7	5 258 822,0

Существуют различные показатели региональной энергоэффективности (коэффициент полезного действия (КПД), удельные потери на сетях и др). Экономическую эффективность использования электроэнергии в регионе оценивают показателем «энергоэффективность ВРП», который определяется затратами

энергетического ресурса на одну единицу ВРП. Энергоёмкость ВРП в европейских странах и США снижается, но в российских регионах она остается высокой. На конец 2009 г. энергоёмкость РФ была вдвое выше энергоёмкости Китая и в 2,5-3,5 раза выше, чем в США и странах Европы. В мире в целом растет электропотребление домохозяйств с учетом появления новых потребностей населения и роста благосостояния. Растет и потребление энергии в новых и быстроразвивающихся отраслях промышленности, а удельное потребление энергии в добывающих и обрабатывающих отраслях промышленности снижается.

- Цели генерации – произвести и поставить потребителям больше энергии [1].
- Цель транспортировки – доставить произведенную генерацией энергию до потребителя в максимальном объеме и с наименьшими потерями, повышая надежность поставок (в т.ч. и с помощью резервирования каналов поставок, снижения аварийности на сетях и др.).
- Цель потребления – получить энергию, в объеме, качестве и по графику, необходимому для производственных и / или бытовых целей.

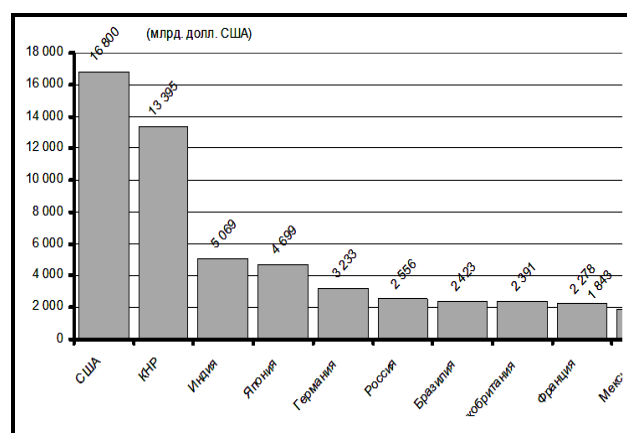


Рис. 5. Валовой внутренний продукт (ВВП) по паритету покупательной способности (ППС) за 2013 г. (по данным Международного валютного фонда, МВФ)

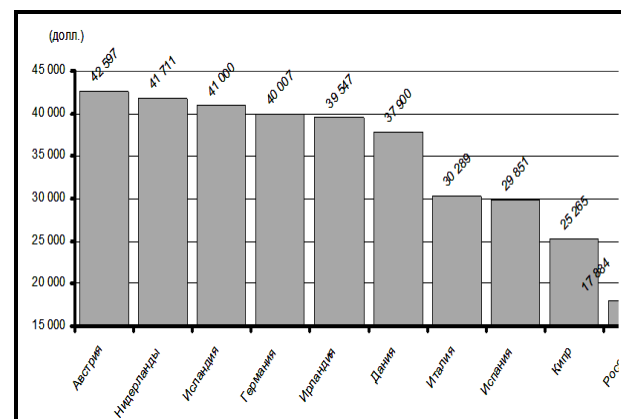


Рис. 6. ВВП на душу населения по ППС за 2013 г. (по данным МВФ)

По объему ВВП по паритету покупательной способности по итогам 2013 г. РФ занимает 6-е место [6] (рис. 5), по ВВП РФ по ППС на душу населения, по результатам международных сопоставлений, за 2013 г. Россия занимает 56-е место, уступая объему ВВП на

душу населения таких стран, как Австрия, Нидерланды, Исландия, Германия, Ирландия, Дания, Италия, Испания и Кипр [7] (рис. 6).

Согласно данным Международного энергетического агентства, энергоёмкость ВВП РФ в 2008 г. в два раза превышала энергоёмкость ВВП в целом по миру и составляла 0,42 т.н.э./тыс. долл. Инвестирование в тригенерацию целесообразно, если появляется необходимость в комбинированном производстве электричества, тепла и холода. Тригенерация позволит использовать утилизированное тепло зимой для отопления, летом для кондиционирования помещений или для технологических нужд. При этом холод вырабатывается абсорбционной холодильной машиной, потребляющей теплоэнергию.

Когенерация представляет собой процесс совместной выработки электрической и тепловой энергии. Когенерационные установки (когенераторы) широко используются в малой энергетике (мини-ТЭЦ) по следующим причинам:

- использование теплоэнергии непосредственно в месте получения обходится дешевле, чем строительство и эксплуатация многокилометровых теплотрасс;
- электричество используется большей частью в месте производства, без дополнительных расходов поставщиков энергии, стоимость энергии для потребителя может быть в несколько раз меньше, чем у энергии из сети;
- потребитель приобретает энергетическую независимость от сбоев в электроснабжении и аварий в системах централизованного теплоснабжения.

При использовании когенерации на 1 МВт электрической мощности потребитель (компания – инвестор) получает от 1 до 2 МВт тепловой мощности в виде пара и горячей воды для промышленных нужд, отопления и водоснабжения [4]. Например, в декабре 2012 года было начато строительство газопоршневой теплоэлектростанции мощностью 4 МВт на территории Вологодского подшипникового завода с целью сокращения энергетической составляющей в стоимости готовой продукции, что позволит провести экспансию на новые рынки сбыта [5]. Строительство логистическими компаниями электростанций с технологией когенерации позволит дополнять рынок энергоснабжения в регионе без реконструкции электрических и тепловых сетей. При этом актуальным становится учет социальных факторов в регионах с низкими доходами большинства населения и высоким уровнем безработицы [2, с. 196].

Введем определение групп лиц, заинтересованных в развитии регионального электроэнергетического комплекса как совокупности всех объектов, изменение свойств которых влияет на его развитие, а также тех объектов, чьи свойства меняются в результате поведения инвестиционной системы.

Можно выделить шесть групп организаций, заинтересованных в развитии регионального субъекта электроэнергетики, на примере распределительной сетевой компании (РСК) (рис. 7):

- администрация региона;
- потребители услуг РСК по передаче электрической и тепловой энергии по распределительным сетям;
- инвесторы и кредиторы;
- поставщики ресурсов и услуг, необходимых РСК для осуществления своей деятельности;
- наемные работники;
- дебиторы.

По результатам исследования взаимосвязей и состояния субъектов регионального электроэнергетического комплекса, можно сделать вывод, что планирование развития РЭК представляет собой непрерывный циклический процесс, основанный на организации, мотивации, контроле процесса производства, транспортировки и потребления топливно-энергетических ресурсов и направленный на повышение эффективности использования ресурсов путем внедрения набора технических мероприятий.

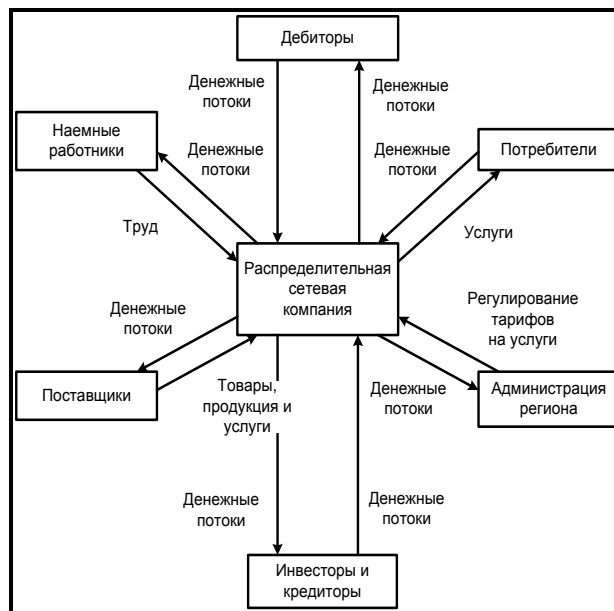


Рис. 7. Группы организаций, заинтересованные в развитии энергокомпании

Литература

1. Барыкин С.Е. Разработка экономико-математической модели оптимальной программы развития регионального энергетического комплекса [Текст] / С.Е. Барыкин, В.К. Ядыкин // Аудит и финансовый анализ. – 2013. – №3. – С. 173-176.
2. Глухов В.В. Экономика электроэнергетического комплекса [Текст] : учеб. пособие / В.В. Глухов, С.Е. Барыкин. – СПб. : Изд-во СПбГТУ, 2003. – 206 с.
3. Информация о социально-экономическом положении России [Электронный ресурс]. – М., 2012. Режим доступа: <http://www.gks.ru>.
4. Когенерация – когенераторные установки – тепловые электростанции [Электронный ресурс]. URL: <http://manbw.ru/analytcs/cogeneration.html>
5. Тригенерация, когенерация и мини-ТЭЦ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.combienergy.ru>
6. International monetary fund. 4. Report for selected countries and subjects. [www.imf.org](http://www.imf.org)
7. International monetary fund. 5. Report for selected countries and subjects. [www.imf.org](http://www.imf.org)

Глухов Владимир Викторович

Ядыкин Владимир Константинович

## Ключевые слова

Энергетический комплекс; программа развития; критерий оптимальности программы развития регионального энергетического комплекса; блочный цикл планирования развития РЭК.

## РЕЦЕНЗИЯ

Статья профессора Санкт-Петербургского государственного политехнического университета Глухова Владимира Викторовича и аспиранта школы «Международная высшая школа управления» Инженерно-экономического института Санкт-Петербургского государственного политехнического университета Ядыкина Владимира Константиновича является результатом глубокого актуального исследования на тему оптимального построения электроэнергетического комплекса, охватывающего систему генерации – транспортировки – распределения электроэнергии. Авторами рассмотрен обширный статистический материал по функционированию энергетического комплекса в Российской Федерации, его энергоёмкости, по международным сопоставлениям. Рассмотрены понятия энергетического комплекса, параметров и блочного цикла процесса планирования параметров энергетического комплекса. Приведены фактические данные по уровню потерь энергии в РФ, в европейских странах и США.

Показано, что экономическая эффективность использования энергии, которую можно оценить по энергоэффективности валового регионального продукта, определяемую объемом затрат энергетического ресурса на единицу валового регионального продукта, тесно связано с процессом освоения инноваций, что напрямую влияет на развитие страны.

Обосновано рациональное использование с целью удовлетворении спроса на энергию со стороны клиентов путем повышения эффективности способов потребления энергии при уменьшении отрицательного влияния на окружающую среду. Следует согласиться с выводом авторов, что планирование развития регионального энергетического комплекса представляет собой непрерывный циклический процесс, направленный на повышение эффективности использования ресурсов путем внедрения набора технических мероприятий и инвестиций.

Можно сделать вывод, что статья Глухова Владимира Викторовича и Ядыкина Владимира Константиновича может быть рекомендована к публикации в журнале Аудит и финансовый анализ.

*Счислева Е.Р., д.э.н., профессор, директор школы «Международная высшая школа управления» Инженерно-экономического института Санкт-Петербургского государственного политехнического университета*

[Перейти на Главное МЕНЮ](#)  
[Вернуться к СОДЕРЖАНИЮ](#)