

УДК 621.311.338.91.690.9

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОНОМИКИ РОССИИ: ПЛАНЫ И ДЕЙСТВИЯ

В.Я. Ушаков

Томский политехнический университет

E-mail: rcr@tpu.ru

*Последовательно рассмотрены вопросы повышения энергоэффективности экономики России (снижение удельной энергоёмкости ВВП): актуальность, технический и экономический потенциал энергосбережения, меры правительства по повышению энергоэффективности, достигнутые результаты, барьеры на пути энергосбережения, необходимые действия по их преодолению.*

### **Ключевые слова:**

*Электроэнергетика, энергоресурсы, энергосбережение, энергоэффективность, энергетическая безопасность.*

### **1. Актуальность**

В прошедшем столетии индекс развития общества включал 3 основных составляющих: среднюю продолжительность жизни, доступность образования, уровень благосостояния, который пропорционален энергетической оснащённости, выраженной, например, в киловатт-часах на душу населения в год [1]. В последние годы эксперты предлагают добавить ещё один показатель – энергоёмкость валового внутреннего продукта (ВВП). Чем она ниже, тем больше средств общество затрачивает на завершающие этапы выпуска продукции, идущей непосредственно потребителю.

Выход Указа Президента № 889 от 04.06.08 г. «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» является отражением того факта, что без активной политики энегосбережения, повышения энергоэффективности всех сфер деятельности будет все труднее решать задачи полного и надежного обеспечения экономики и населения России энергоресурсами и энергоносителями по доступным ценам, снижения рисков развития технологических и экологических кризисных ситуаций и предотвращения срыва выполнения обязательств перед зарубежными покупателями российских энергоресурсов.

Энергосбережение как способ обеспечения растущей потребности в энергии и энергоресурсах в 2...5 раз (по разным оценкам) выгоднее, чем строительство новых мощностей по производству тепловой и электрической энергии для тех же целей.

Для нашего населения неприемлем высокий темп роста внутренних цен на энергию и энергетическое сырье для поддержки и развития ТЭК, поскольку производительность труда и уровень его оплаты в несколько раз ниже, чем в наиболее развитых странах. Темпы роста цен не должны превышать темпы роста производительности труда. В противном случае в стране будет расти инфляция в той степени, в какой возрастает стоимость энергоносителей [2].

Разразившийся мировой экономический кризис, захвативший и Россию, придал особое значение деятельности по повышению энергоэффектив-

ности, поскольку каждый рубль, вложенный в производство высокоэффективного оборудования, создает в 8 раз больше рабочих мест, чем рубль, инвестированный в производство энергии. Для преодоления кризиса Россия предложила на Лондонском саммите «группы двадцати» (апрель 2009 г.) программу действий из 8 ключевых позиций. Одна из них предусматривает разработку концепции энергоэффективного подъёма экономики. Концепция должна состоять из 4 частей:

- программы энергосбережения;
- стабилизации цен на энергоносители (для чего следует обеспечить доверие и взаимозависимость между производителями, потребителями и транзитёрами энергоресурсов);
- повышении роли атомной и нетрадиционной возобновляемой энергетики;
- разработки новых энергетических технологий.

И до появления кризиса проблема энергоэффективности заняла приоритетное место в рамках диалога Россия – ЕС, в международных усилиях по обеспечению устойчивого развития современного мира.

В последние годы в нашей стране произошли радикальные изменения, которые требуют смены подходов и психологии, принятия принципиально новых решений. К важнейшим из них следует отнести: а) кардинальное изменение правового поля, б) продолжающуюся либерализацию в электроэнергетике и газовой отрасли, в) реализацию национальных проектов, г) появление глобального системного дефицита энергетических мощностей и пропускных способностей сетевого хозяйства, д) ограничения в поставках углеводородов.

### **2. Потенциал энергосбережения**

Россия – одна из немногих стран, которые являются энергоизбыточными, а, следовательно, и энергонезависимыми, что не способствует бережному отношению к энергоресурсам. (Наша страна располагает 32 % мировых разведанных запасов газа, 13 % нефти и 25 % угля). Современная российская экономика энергорасточительна, что существенно снижает конкурентоспособность ее това-

ров и услуг на внутреннем и внешнем рынках. При сжигании 1 т н.э. в нашей стране производится товаров и услуг на сумму 1,9 тыс. долл., тогда как среднемировой показатель составляет 4,7 тыс. долл. [3].

По энергоэффективности Россия занимает 12 место в мире, несмотря на то, что в последние годы энергоемкость российской экономики достаточно быстро уменьшалась. На рис. 1 показана энергоемкость единицы ВВП 12 стран, сильно отличающихся по основным показателям: политическому устройству, площади территории, численности населения, климату и др.

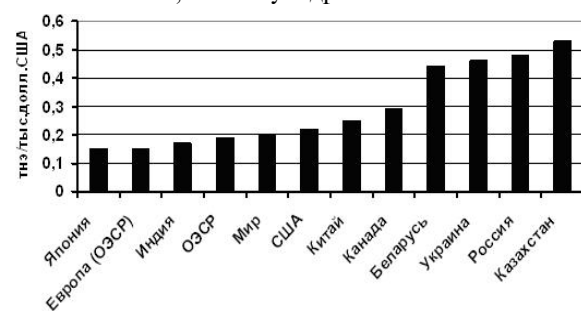


Рис. 1. Энергоёмкость экономики ряда стран

И без того высокая энергоемкость в нашей стране в 90-е гг. прошлого века увеличилась ещё на 18 %, в то время как в развитых странах она продолжала снижаться. Россия входит в десятку «лидеров» по энергорасточительности, а по потерям в тепловых сетях она занимает первое место. Столь высокую энергоемкость российской экономики нельзя оправдать ни объемами ВВП или темпами его роста, ни особенностями географо-климатических условий.

Потребление энергии в нашей стране превышает более чем в 3 раза аналогичный показатель ближайших соседей на мировой шкале объемов ВВП – Испанию и Бразилию.

С другой стороны, сравнение удельных энергоемкостей единицы ВВП России и Канады – стран с близкими условиями по климату, масштабам коммуникаций – дает тот же результат: удельная энергоемкость в России примерно в 2 раз выше, чем в Канаде (рис. 2).

В [4] приведено сопоставление ещё пяти пар стран, которые находятся в очень близких климатических условиях, с примерно одинаковой плотностью населения, размерами территорий и т. д. (Эстония – Финляндия, Австрия – Чехия, Болгария – Италия, Украина – Германия, Южная Корея – Северная Корея). Показано, что страны, которые шли по пути жесткого административного управления, централизованного планирования, как минимум в 2 раза менее энергоэффективны, чем страны с рыночной экономикой. Из этого следует естественный вывод, что высокой энергоемкостью экономики Россия платит не только за «холод», но и за «неволю».



Рис. 2. Показатели энергоемкости энергопотребления и отопления в жилищном секторе в России и Канаде

Очевидно, что отрицательные среднегодовые температуры на большей части огромной территории России существенно влияют на эффективность производства, повышая его издержки в промышленности и сельском хозяйстве, удорожая транспортные услуги, увеличивая расходы на жизнеобеспечение населения, а экономики в целом – на поддержание конкурентоспособности товаров на рынке. Результатом является стабильно высокое теплотребление в стране – около 75 % первичных энергоресурсов расходуется на производство тепла и только одна четверть – на выработку электроэнергии. К тому же, несмотря на мощную сырьевую базу, структура российских разведанных запасов стремительно ухудшается.

Учитывая эти факторы и сильную сырьевую ориентацию международной торговли России, радикально изменить которую в ближайшие годы едва ли удастся, обеспечение энергетической безопасности для нашей страны является столь же актуальной задачей, как и для энергодефицитных стран.

К базовым принципам обеспечения энергетической безопасности – важнейшей составляющей национальной безопасности – стратегия относит гарантированность энергообеспечения экономики и населения страны, контроль государством надежного энергоснабжения объектов, обеспечивающих безопасность страны, максимально возможное использование отечественного оборудования во всех технологических процессах [4].

Ускоренный экономический рост в России в новом столетии без адекватного роста энергоэффективности привел к дефициту электроэнергии и появлению первых признаков дефицита первичных энергоресурсов.

Ежегодное производство топливно-энергетических ресурсов в нашей стране составляет около 1400 млн т, из которых около 900 млн т приходится на внутреннее потребление. На рис. 3 показана доля в суммарном внутреннем энергопотреблении пяти наиболее энергоемких секторов российской экономики.

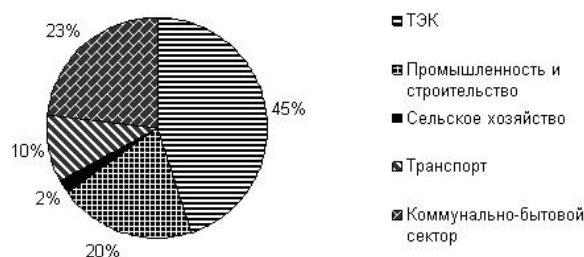


Рис. 3. Структура энергопотребления России

Большая часть вырабатываемой энергии (около 45 %) потребляется в структурах топливно-энергетического комплекса (ТЭК), на долю которого приходится около 1/3 потенциала энергосбережения. На втором месте стоят промышленность и строительство – около 25 % энергопотребления и около 30 % потенциала энергосбережения (ПЭС). На долю ЖКХ приходится порядка 20 % энергопотребления и около 25 % ПЭС, на сельское хозяйство и транспорт – чуть более 10 % потребляемой энергии и менее 10 % ПЭС.

Удельный потенциал энергосбережения различен для этих секторов и поэтому его распределение не пропорционально объемам энергопотребления, рис. 4.



Рис. 4. Распределение потенциала энергосбережения по секторам экономики

Согласно энергетической стратегии России до 2020 г. (ЭС-2020) потенциал энергосбережения в нашей стране составляет 35...47 % общего энергопотребления или в натуральном выражении – 360...430 млн т. В нефтяном эквиваленте это составляет 230...250 млн т, что сравнимо с объемом всей экспортируемой из России нефти и нефтепродуктов. Реализация такого потенциала энергосбережения привела бы к уменьшению выбросов CO<sub>2</sub> на 50 % (793 млн т).

Приведенные цифры означают, что сокращение затрат на энергоснабжение потребителей может быть достигнуто как за счет повышения эффективности производства, передачи и распределения энергии, так и за счет повышения энергоэффективности в секторах конечного потребления [6].

В ЭС-2020 снижение энергоёмкости планируется достигнуть двумя основными путями – на две трети за счет структурной перестройки экономики (инновационный путь развития) и на одну треть за счет технологического и организационного энергосбережения. В оптимистическом варианте энергоёмкость экономики должна снизиться в 2,2 раза, в pessimистическом – в 1,8 раза. Международное энергетическое агентство (МЭА), исходя из реального положения дел с энергосбережением в нашей стране, прогнозирует ещё более низкий показатель – всего 1,4 раза. Именно эта цифра в качестве контрольной названа в Указе Президента № 889 от 4 июня 2008 г. Её достижение существенно не изменит положение России в международном сообществе по показателю – энергоёмкость ВВП, но будет способствовать повышению её энергетической безопасности.

### 3. Основные результаты

Судя по существующим тенденциям, энергоэффективность в мире будет расти на 1 % ежегодно (по крайней мере до 2020 г.), что обеспечивается действием трёх основных факторов: увеличением в ВВП доли продуктов с высокой добавленной стоимостью, дальнейшим повышением энергоэффективности технологий и всё большим распространением «моды» на энергосберегающий образ жизни. С опозданием почти на четверть века относительно передовых и, как правило, энергодефицитных стран наша страна начала движение по пути активного энергосбережения с создания соответствующей нормативно-правовой базы: федеральных законов, указов Президента и постановлений Правительства (только на федеральном уровне выпущено около 50 документов). Несмотря на то, что многие из них излишне декларативны, тем не менее, за последние 15 лет удалось достичь определённых, вполне ощутимых результатов:

- практически во всех субъектах РФ действуют более 650 программ энергосбережения (в том числе 45 региональных), около 100 центров энергосбережения, более 600 программ энергосбережения муниципального и городского уровней. Распространение энергосберегающей идеологии на нижние этажи административной вертикали можно расценивать как свидетельство роста культуры энергопотребления в нашей стране;
- в период с 2000 по 2007 гг. энергоёмкость в стране достаточно быстро снижалась – примерно на 4 % в год. (Необходимо, однако, учитывать, что только 1 % из них следует относить на счёт энергосбережения в чистом виде, а 3 % обеспечивались структурными изменениями в экономике);
- в новых СНиП (издания 1998 г.) нормативное термическое сопротивление ограждающих конструкций во вновь строящихся зданиях повышено в 3,5 раза по сравнению с действующим на тот момент нормативом;

- введено нормирование удельного расхода тепловой энергии практически во всех регионах России, позволившее сократить расход энергии на 25 %;
- введён энергетический паспорт – документ, не только отражающий энергетическое состояние объекта на данный момент, но и служащий основой для разработки плана мероприятий по энергосбережению;
- Госстрой России принял постановление (от 28.12.1993 г. № ЕЕ-19/13), которым была введена обязательная установка термостатов на отопительных приборах, улучшающая качество работы автоматики систем вентиляции и отопления.

Но главный итог этих усилий – осознание россиянами того факта, что энергосбережение – это не популярный лозунг, а насущная необходимость – ещё впереди.

#### 4. Барьеры на пути энергосбережения и способы их преодоления

В нашей стране значение и польза энергосбережения пока не проникли в сознание большинства людей и они, также как и большинство компаний, инвесторов и должностных лиц, не желают рисковать, вкладывая деньги, время и силы в мероприятия по энергосбережению. Отсутствие инициативы на индивидуальном уровне порождает бездействие всего общества, в котором нет убеждения в необходимости конкретных действий по повышению энергоэффективности.

К основным причинам существенного отставания показателей реального энергосбережения от контрольных показателей, предусматриваемых документами федерального уровня, можно отнести:

- отсутствие мотивации и реальных стимулов к энергосбережению (правовых, экономических и др.);
- отсутствие должной финансовой поддержки со стороны государства программ и крупных мероприятий по энергосбережению. Без целевых инвестиций для предприятий и внебюджетных фондов такие программы являются непосильной ношей;
- трата основных средств не на реализацию мероприятий по повышению энергоэффективности, а на решение текущих вопросов (на «латание дыр») вследствие высокой степени износа (более 50 %) энергетического оборудования;
- преобладание у производителей и поставщиков энергии заинтересованности не в снижении затрат у потребителей, а в увеличении объёмов сбыта;
- отсутствие чётко отлаженной системы управления энергосбережением и формирования у населения навыков энергосберегающего образа жизни;
- лоббирование поставщиками энергии и энергоресурсов энергозатратного менталитета российской экономики.

Один этот далеко не полный перечень барьеров на пути повышения энергоэффективности показывает характер задач, стоящих перед государственными органами управления всех уровней, перед руководителями фирм, предприятий и учреждений, перед населением.

Следует также иметь в виду, что вследствие некой вертуальности этого специфического энергоресурса – потенциала энергосбережения – и сильной распределённости (рассосредоточенности) нет его материального ощущения. Это требует дополнительных усилий для мобилизации всего общества на активные действия по энергосбережению. Проблема сильно усложняется особенностями менталитета россиян, к которым можно отнести [7]:

- привычку жить вчерашним днём, а не сегодняшним и завтрашним, сформировавшуюся за долгие годы стремления выжить, а не самовыразиться; склонность жить по принципу «Пока гром не грянет...», т. е. без долгосрочного планирования;
- индивидуализм современных россиян, сменивший религиозную общинность дореволюционной России и коммунистическую общинность, воспитываемую в годы советской власти, и препятствующий эффективным действиям в сфере с очень низкой централизацией;
- характерные для нашей страны централизованное планирование и доминирующее влияние монопольных структур, затрудняющие взаимопонимание специалистов и власти;
- привычку россиян, выработанную жизнью в условиях неопределённости, придерживать стереотипов, а не рационализма; энергосбережение представляется россиянам ненадёжным объектом вложения средств и усилий;
- готовность поговорить и не готовность действовать.

Для того, чтобы наверстать упущенное время, остановить нарастание проблем энергообеспечения страны, большинство экспертов называют в качестве безотлагательных такие меры, как:

- адаптация к российским условиям и активное использование огромного мирового опыта снижения энергоёмкости ВВП, накопленного после нефтяного кризиса 1974 г. и наращиваемого благодаря интенсивным крупномасштабным работам в этой области в ведущих странах;
- создание в России новой отрасли экономики, которая должна заниматься реализацией потенциала энергосбережения и повышением энергоэффективности экономики.

Более конкретными, но не менее важными задачами являются:

- преодоление «газовой паузы» — неоправданно высокой доли газа в топливном балансе — с помощью ценовой политики в области энергоресурсов. Оптимизация топливного баланса является важной составляющей комплекса мер по обеспечению энергетической и политической безопасности страны;
- определение реально достижимых и фактически складывающихся экономических, энергетических и экологических показателей в их взаимосвязи и взаимовлиянии [7];
- поддержание темпов роста цен на энергоносители на уровне не ниже 13 % в год (в период с 2012 по 2020 гг.), несмотря на риски инициирования социальной напряженности. Это — один

из важных источников средств, необходимых для поддержки энергетического сектора экономики и сильнодействующего средства стимулирования энергосбережения.

Мощным толчком для ускорения движения к энергоэффективной экономике послужил бы Национальный проект по энергосбережению и энергоэффективности, вопрос о котором поднимался на Красноярском экономическом форуме (г. Красноярск, 27–28 февраля 2009 г.).

Общая задача россиян — распорядиться бесценным капиталом в виде богатейших энергоресурсов так, чтобы не решать проблемы сегодняшнего дня в ущерб будущим поколениям.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ушаков В.Я. Современная и перспективная энергетика: технологические, социально-экономические и экологические аспекты. — Томск: Изд-во ТПУ, 2008. — 469 с.
2. Сушко В.А. Реформирование электроэнергетики: прогноз ситуации после 2010 года // Новости электротехники. — 2008. — № 3 (51). — С. 32–37.
3. Энергоэффективность в России: скрытый резерв // Отчёт, подготовленный экспертами Всемирного банка, Международной финансовой корпорации и Центра по эффективному использованию энергии. — 2008. — 162 с.
4. Башмаков И.А. Потенциал энергосбережения в России // Энергосбережение. — 2009. — № 1. — С. 28–36.
5. Ковалёв В.Д., Ивакин В.Н., Фотин В.П. Новые технологии и перспективы развития энергетики // Электричество. — 2006. — № 9. — С. 8–14.
6. Кутовой Г.П., Мисриханов М.Ш., Овсейчук В.А. Концепция новой структуры // Новости электротехники. — 2008. — № 3 (51). — С. 1–3.
7. Бушуев В.В. Энергоэффективность как направление новой энергетической политики России // Энергосбережение. — 1999. — № 4. — С. 32–38.

Поступила 18.03.2009 г.

УДК 621.311.1.016

### ФОРМИРОВАНИЕ УРАВНЕНИЙ УСТАНОВИВШИХСЯ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ РАСПРЕДЕЛЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ ЛЭП

Н.Н. Харлов, В.В. Иванов\*, А. В. Погонин\*, В.А. Мельников\*

Томский политехнический университет

\*Межрегиональная распределительная сетевая компания Сибири, г. Красноярск

E-mail: rcr@tpu.ru.

*Предложена система уравнений установившегося несинусоидального режима сложной электрической сети, обеспечивающая математическое моделирование режима с учетом специфических факторов: геометрии подвески проводов и грозозащитных тросов, распределенности параметров, поверхностного эффекта и др. Полученная система уравнений используется для исследования частотных характеристик входной проводимости холостой ЛЭП 500 кВ с горизонтальной подвеской проводов.*

#### Ключевые слова:

*Математические модели, несинусоидальные режимы, электрические сети, уравнения баланса токов, распределенные параметры, частотные характеристики.*

#### Введение

В задачах математического моделирования несинусоидальных режимов электрических систем возникает необходимость записи уравнений установившегося несинусоидального режима в форме баланса токов в узлах электрической сети на отдельных частотах гармонических составляющих [1]. В таких расчетах необходим учет специфических свойств линии: способа подвески проводов и

грозозащитных тросов, их количества, распределенность параметров, наличие поверхностного эффекта в проводниках на повышенных частотах и пр. При этом напряжения по концам линий и токи линий связываются известными телеграфными уравнениями [2]. Для несимметричной многопроводной линии, состоящей из  $m$  проводов и грозозащитных тросов, данные уравнения на частоте  $n$ -й гармоники имеют следующий вид: