



## ПРОЕКТЫ И ИССЛЕДОВАНИЯ

### О системном подходе к проблеме аккумулирования энергии\*

Некрасов С. А., канд. техн. наук, канд. экон. наук

**Объединенный институт высоких температур РАН, Москва**

Цырук С. А., канд. техн. наук

**НИУ “МЭИ”, Москва**

Жармагамбетова М. С., канд. техн. наук

**Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева**

Показано использование комплексного подхода к вопросам энергоснабжения и развития смежных отраслей экономики для решения проблемы покрытия пикового спроса на электроэнергию с учетом климатических особенностей государств Единого экономического пространства (ЕЭП).

**Ключевые слова:** аккумулирование энергии, покрытие пикового спроса на электроэнергию, smart сети.

Энергетика является одной из самых инерционных отраслей экономики: жизненный цикл систем энергоснабжения, как правило, превышает период существования большинства технологий. Поэтому при построении систем энергоснабжения следует предусматривать возможность интеграции в них новых технологических решений. В качестве примера рассмотрим перспективу вовлечения в процесс оптимизации энергоснабжения гибридных транспортных средств, в частности гибридов, с возможностью подключения к электросети (plug-in hybrid electric vehicle — PHEV) для регулирования с их помощью точного графика нагрузок.

Данная задача чрезвычайно важна, так как в результате перехода от плановой экономики к рыночной и снижения доли потребления трехсменными промышленными предприятиями произошло увеличение соотношения между суточным максимумом и минимумом нагрузок. Основной вклад в формирование пика нагрузки вносят электротехнические комплексы коммунально-бытовых, а также двухсменных и односменных промышленных

предприятий. К ним в основном относятся потребители малоэнергоемких отраслей промышленности, как правило, расположенные в непосредственной близости от жилой застройки, в противоположность энергоемким предприятиям ТЭК, металлургии, химической, цементной, целлюлозно-бумажной промышленности и т. п. с относительно постоянным профилем потребления.

На важность учета коммунально-бытовой нагрузки при поиске механизмов выравнивания графика и увеличения числа часов использования мощностей энергетики государств ЕЭП указывает прогноз динамики структуры потребления электроэнергии. В качестве примера приведем оценку перспектив прироста потребления электроэнергии в различных отраслях экономики Московской области, выполненную ГУП МО “НИИПИ градостроительства” при разработке схемы тепло- и электроснабжения до 2020 г. [1], где показано, что преобладающая его часть (58 %) будет обусловлена увеличением потребления в жилищно-коммунальном секторе (см. таблицу).

Рассмотрим годовой график распределения продолжительности нагрузок (рис. 1) [2] и типичный недельный график электрической нагрузки ОЭС Республики Беларусь в отопительный период (рис. 2) [4], из которых

\* Статья подготовлена по результатам НИОКР в рамках ФЦП “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России 2007 – 2012 гг.” Минобрнауки России (ГК № 16.526.12.6002).

Потребитель	Расчетная нагрузка при новом строительстве до 2020 г.	
	тыс. МВт*	%
Жилищно-коммунальный сектор	4,22	58
В том числе:		
городская местность	2,20	30
сельская местность	2,02	28
Промышленный сектор	2,04	28
Рекреация	0,40	5
Неучтенные потребители (7 – 10 %)	0,64	9
Итого	7,30	100

\* Нагрузка приведена к шинам 10 кВ центров питания.

следует, что дополнительная необходимая мощность, обеспечивающая максимальное потребление (“красная зона”) на протяжении всего нескольких десятков часов в год, достаточно значительна. Сравнивая результаты подобных исследований, выполненных в штате Новый Южный Уэльс (NSW) Австралии [3], отметим, что, несмотря на различие в климатических условиях NSW (средняя температура самого холодного месяца — 8 °С), России и Беларуси, распределение продолжительности нагрузок (рис. 3, а) имеет вид, аналогичный распределению, показанному на рис. 1.

В [3] рассматривалась задача определения продолжительности использования дополнительных мощностей генерации  $P_{10\%}$  (10 %

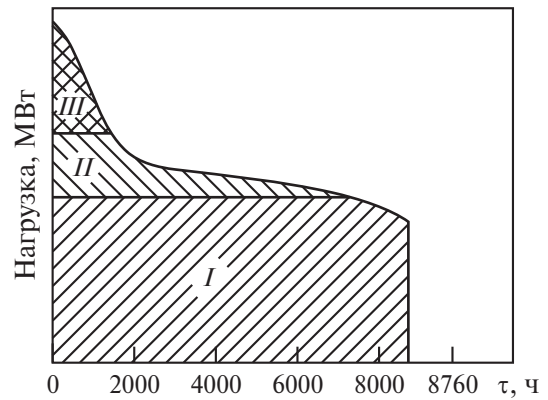


Рис. 1

всей располагаемой мощности), обеспечивающих покрытие пиковой части графика нагрузки, и оценки таким образом эффективности ее использования. Было установлено, что время использования  $P_{10\%} = 1410$  МВт ( $P_{max} = 14\ 100$  МВт — см. рис. 3, б) составляет менее 1 % в год (68 ч). При этом *отношение себестоимостей электроэнергии в базовой и пиковой частях графика нагрузки превышает четырехсоткратное значение*. Установленное же компанией “Energy Australia” соотношение стоимости электроэнергии в период прохождения годового максимума и среднегодовой стоимости электроэнергии в штате NSW (874:48 австралийских долл. за 1 МВт·ч) равно 18 и лишь *частично* покрывает издержки энергоснабжения в период максимальных нагрузок.

Возникает вопрос: можно ли обеспечить покрытие графика нагрузки в объеме мощности  $P_{10\%}$  (см. рис. 3) на основе использования систем аккумулирования электроэнергии, установленных на транспортных средствах? Следует отметить, что мощность двигателей на углеводородном топливе более чем на по-

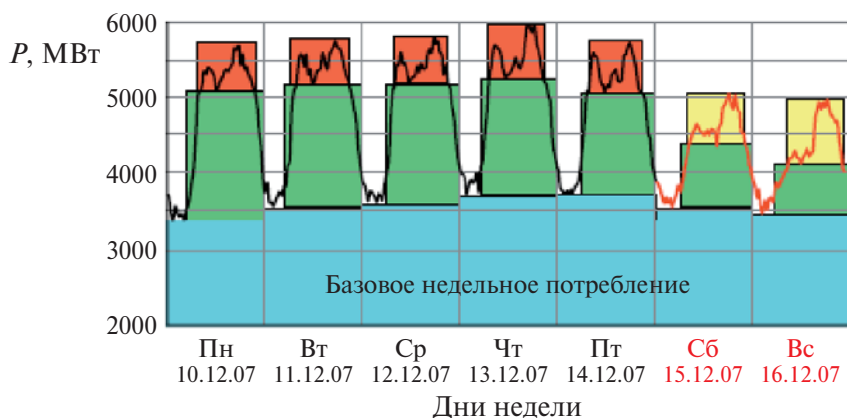


Рис. 2

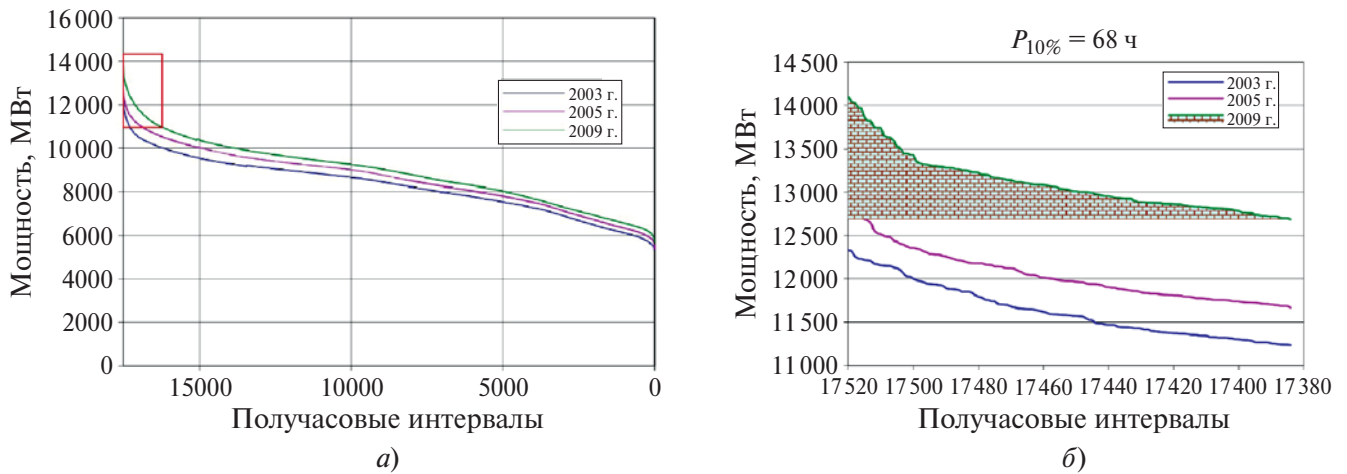


Рис. 3

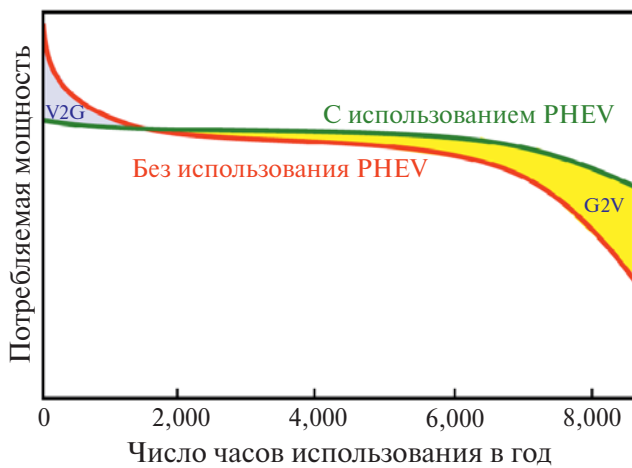


Рис. 4

рядок превосходит мощность электростанций, а суммарная мощность двигателей на всех автомобилях, покупаемых в Австралии за 4 мес., равняется мощности ее энергосистемы [5]. Тем не менее в настоящий момент доля автомобилей PHEV в Австралии ничтожно мала. По прогнозам Министерства энергетики США, в ближайшие годы резко вырастет производство подключаемых к сети гибридов (plug-in) и электромобилей таких марок, как “Chevrolet Volt”, “Nissan Leaf”, “Fisker Karma”, “Ford Focus EV”, “Think City” и “Tesla Model S” [6]. Расширение парка PHEV неизбежно приведет к последовательному замещению бензиновых двигателей автомобилей на электроаккумуляторные батареи, применяемые на них.

Для энергетики особый интерес представляет концепция двухстороннего использования электромобилей и гибридов, предполагающая подключение машины к энергосистеме для

ее подзарядки (Grid to vehicle concept — G2V) и для отдачи электроэнергии обратно в сеть (Vehicle to grid concept — V2G). У владельцев автомобилей с технологией V2G появится потенциальная возможность продавать электроэнергию энергетикам в часы, когда машины не используются, и заряжать их в часы, когда стоимость электроэнергии наименьшая [5].

На рис. 4 показана возможность полного решения задачи производства электроэнергии в период  $P_{10\%}$  годового максимального спроса (см. рис. 3) на основе автомобилей PHEV. На примере энергосистемы в штате NSW, сравнимой по мощности с энергосистемой Московского региона, показано, что для этого достаточно менее 100 тыс. легковых автомобилей. При этом рост потребления электроэнергии в результате перехода на гибридные и полностью электрические транспортные средства в рассматриваемом объеме составит менее 1% [5].

Что касается перспективы распространения концепции V2G в государствах ЕЭП, то здесь надо отметить следующее. Вследствие климатических условий автомобили с аккумуляторными батареями получают массовое распространение после того, как будет обеспечена работа аккумуляторов при отрицательных температурах. В настоящее время использование таких машин возможно лишь в южных регионах России, например в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах, в Казахстане (на юге Атырауской области). Кроме того, следует учитывать значительно более длительный период эксплуатации автомобилей в государствах ЕЭП и более высо-

кий расход энергии на поддержание температурного режима в салоне транспортного средства.

Вместе с тем целый ряд спецтехники (машины МЧС, доставки почты, автомобили скорой помощи, поливальная техника, а также машины по уборке мусора и т. п.), припаркованной в гаражах и выполняющей рейсы по определенным маршрутам, следовало бы перевести в гибридный режим в рамках концепции V2G. Тогда задачу резервирования электроснабжения десятков тысяч районных больниц, пожарных частей и т. д. можно решать не путем приобретения резервных дизель генераторов с последующей организацией службы их эксплуатации и далеко не достоверной возможностью запуска в случае необходимости, а в результате перевода спецтехники муниципалитетов в режим V2G.

В этой связи следует вспомнить проблему налаживания резервного энергоснабжения аэропорта Домодедово в декабре 2010 г. на протяжении нескольких суток [7]. Возможность оперативного подъезда части спецтехники с встроенными аккумуляторами с последующей их перезарядкой в зонах с неповрежденной системой электроснабжения позволила бы в течение менее получаса решить эту проблему.

Отметим синергический эффект перевода спецтехники на электропривод и гибриды. Существует прямая взаимосвязь выбросов вредных веществ с ростом количества заболеваний и увеличением риска преждевременной смерти людей. Вклад автотранспорта в загрязнение городской среды и соответственно в причины заболеваний от неблагоприятной экологии в США и Западной Европе составляет 80 – 85 %. Неблагоприятная экологическая ситуация, являющаяся негативным следствием работы автомобильного транспорта и осложняющаяся факторами опережающего развития транспортной системы и роста автомобильного парка, приводит к необходимости учета экологической составляющей при обосновании инновационных решений и выборе новых технологий. Под влиянием указанного в густонаселенных районах приоритет должны получить “чистые” технологии, для развития которых в передовых странах приняты государственные программы развития альтернативных источников энергии для транспорта [8].

На данном примере видно, что *концепция формирования будущего энергоснабжения фокусируется не на модернизации отдельных технологий и оборудования, а на пересмотре принципов развития и создания нового, инновационного по характеру технологического базиса. Он должен обеспечить значительно более полное удовлетворение требований потребителей путем существенного изменения физических и технологических характеристик и функциональных свойств всех компонентов энергетической системы* [9]. Таким образом, проблема развития неразрывно связанных энергетических систем государств ЕЭП выходит за рамки отраслевой задачи и рассматривается как комплексная инновационная программа во взаимодействии с другими национальными проектами и программами. Создание энергоэффективной среды на базе концепции *smart* сети (включающей тепло-, газо-, водоснабжение, парк гибридных автомобилей и т. д.) как элемента инновационной инфраструктуры должно обеспечить формирование долгосрочного вектора развития, связать научные исследования и разработки, бизнес-проекты, общественные и государственные интересы. При этом очевидно, что через 10 – 15 лет государства ЕЭП, развивая отдельные направления в науке и технике, не объединенные системной концепцией, будут обладать определенным набором современных технологий, которые позволят с успехом решать отдельные локальные задачи, но не обеспечат решение системных задач развития энергетического комплекса на мировом уровне [9].

Таким образом, не умаляя важность и актуальность работ по развитию *smart* технологий в системообразующих сетевых компаниях государств ЕЭП, предлагается расширить спектр их полномочий и формировать условия для возникновения инновационно-восприимчивой среды по обеспечению в отдаленных районах качественного бесперебойного энергоснабжения, жизненно необходимого для их дальнейшего существования. Более того, в сегодняшних условиях в государствах ЕЭП помимо системообразующих сетевых компаний отсутствует институт, способный решить проблему обеспечения требуемых качества и надежности энергоснабжения зон централизованного энергоснабжения, а также условий для электрификации народного хозяйства с

учетом требований к современным приборам учета потребления электроэнергии.

При построении *smart* сети в государствах ЕЭП необходимо исходить из следующих принципов: взаимоувязки интересов всех участников технологической цепочки производство — потребление энергетических ресурсов; комплексного рассмотрения потребления всех типов ресурсов, в первую очередь — теплоты и электроэнергии; максимального приближения источников к потребителю, формирования распределенной энергетики, минимизирующей потребности в трансформации напряжения электроэнергии [10]; использования существующей сети котельных в качестве “матрицы” для создания ценологически оптимального распределения электрических мощностей и максимизации производства электроэнергии на существующем тепловом потреблении с полезным использованием попутной теплоты [11]; установки на теплоисточнике по возможности одной когенерационной установки, обеспечения взаиморезервирования пространственно разделенными источниками; выбора мощности генерации из условия обеспечения баланса реактивной мощности на основе распределенной энергетики [10]; обеспечения возможности работы когенерационных установок по графику электрических, а не тепловых нагрузок в результате нового подхода к системе аккумулирования энергии; создания автономного электроснабжения в удаленных газифицированных районах без дублирования систем газоснабжения распределительной электрической сетью [12]; максимальной утилизации низкопотенциальной техногенной теплоты на основе тепловых насосов; использования возможностей водоснабжения для создания систем аккумулирования на базе малых ГАЭС.

Принимая во внимание новизну выдвигаемых предположений и неопределенность возможных результатов, в рамках концепции создания новой системы необходимо предусмотреть обеспечение технологической преемственности перехода от существующей технологической базы энергетики к новой с

минимальными издержками (что для государств ЕЭП вдвойне актуально, учитывая крайне важную проблему ускоренного сокращения и преодоления растущего технологического разрыва с ведущими промышленными странами) [13].

#### Список литературы

1. **Схема** тепло- и электроснабжения Московской области. — М.: ГУП МО “НИИПИ градостроительства”, 2004.
2. **Маргулова Т. Х.** Атомные электрические станции. — М.: Высшая школа, 1994.
3. **Tony Vassallo.** Bottling Electricity: The Need for Energy Storage. Delta Electricity Chair in Sustainable Energy Development School of Chemical & Biomolecular Engineering University of Sydney. — AIE Sydney Branch, April 4, 2011 (<http://aie.org.au/Content/NavigationMenu/Events/PastEvents/>).
4. **Гуртовцев А., Забелло Е.** Электрическая нагрузка энергосистемы. Выравнивание графика. — Новости электротехники, 2008, № 5 (53).
5. Plug-in Vehicles — the ultimate distributed utility? Presentation to the Distributed Energy — Ready, Willing & Able? Half-day Symposium 2007 ([http://aie.org.au/Content/NavigationMenu/Events/PastEvents/Hunwick\\_PHEV\\_DE07.pdf](http://aie.org.au/Content/NavigationMenu/Events/PastEvents/Hunwick_PHEV_DE07.pdf)).
6. <http://www.ecoconceptcars.ru/2011/04/plug-in-12.html>.
7. <http://www.bfm.ru/news/2010/12/27/direktor-domodedovoproisit-o-omoshhi.html>
8. **Синяк Ю. В., Петров В. Ю.** Экономические условия появления водорода как энергоносителя на энергетическом рынке России (Открытый семинар ИИП РАН “Экономические проблемы энергетического комплекса”). — М.: ИИП РАН, 2009.
9. **Кобец Б. Б., Волкова И. О.** Инновационное развитие электроэнергетики на базе развития концепции smart grid. — М.: ИАЦ “Энергия”, 2010.
10. **Грачёв И. Д., Некрасов С. А.** О подходах к развитию распределенной энергетики в Российской Федерации. — Промышленная энергетика, 2012, № 12.
11. **Некрасов С. А.** Повышение надежности и доступности энергоснабжения российских городов на основе распределенной генерации. — Новое в российской электроэнергетике, 2012, № 9.
12. **Некрасов С. А., Зейгарник Ю. А., Шевченко И. С.** Альтернативный подход к проблеме энергоснабжения малых поселений. — Промышленная энергетика, 2012, № 7.
13. **Кобец Б. Б., Волкова И. О., О कोरोков В. Р.** Smart grid как концепция инновационного развития электроэнергетики за рубежом. — Энергоэксперт, 2010, № 2.

s\_a\_n1@bk.ru