

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МОЩНОСТЕЙ¹

С.А. Некрасов

Замена задачи оптимизации единой технологической цепочки «производство – потребление топливно-энергетических ресурсов» задачей максимизации прибыли каждым ее участником привела к разбалансированию развития различных частей энергосистемы. В результате строительства новых энергетических мощностей, опережающего спрос, происходит снижение эффективности ее работы. Помимо роста инвестиционной составляющей, такой перекос приводит к мультипликативному эффекту – повышению стоимости электроэнергии за счет увеличения удельного расхода топлива, числа пусков и остановок энергоблоков, доли постоянных издержек. Рост цен на электроэнергию, в свою очередь, в долгосрочной перспективе вытесняет отечественную продукцию более конкурентоспособной – импортной. В результате избыточное новое энергетическое строительство на случай «неожиданного» роста экономики не способствует росту производительности труда, что было основной задачей электрификации страны, а вызывает замедление экономического развития и снижение потребления электроэнергии.

В статье обоснована целесообразность применения числа часов использования установленной мощности (ЧЧИМ, ч/год) в качестве контрольного параметра эффективности развития энергетики в отличие от объема ввода энергетических мощностей. Выравнивание графика нагрузки путем координации производственных

процессов у потребителя снизит потребность в пиковых источниках энергии. Переход от удовлетворения спроса на электроэнергию к его формированию позволит с минимальными издержками интегрировать в энергосистему возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

Ключевые слова: механизмы формирования графика потребления электроэнергии, интеграция потребителя с энергосистемой, эффективность использования генерирующих мощностей, возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

JEL: L52.

В СССР энергетика развивалась как сложная совокупность предприятий для трансформации всех видов энергии от получения энергетических ресурсов до приемников энергии включительно. Такое развитие определяло понятие науки энергетики, изучающей явления, процессы, закономерности, а также средства преобразования, распределения и использования всех видов энергии и энергетических ресурсов (Мелентьев, 1987). При таком подходе потребитель являлся составной частью неразрывной технологической цепочки «производство – потребление топливно-энергетических ресурсов (ТЭР)». В плановой экономике системный подход, предусматривающий координацию вопросов производства с потреблением энергии, обеспечивал баланс объемов строительства новых электростанций и развитие энергетических хозяйств множества потребителей. Скоординированное развитие производственных процессов в области потребления, а также генерации и передачи электроэнергии позволило отечественной энергетике по ряду параметров достичь лучших мировых показателей. При скоординированном развитии производства и потребления электроэнергии *ежегодный объем вводов новых электростанций* являлся показателем, характеризующим успешность развития электроэнергетики как отрасли.

В процессе перехода к рыночным отношениям произошла трансформация задачи достижения положительного народнохозяй-

© Некрасов С.А., 2018 г.

Некрасов Сергей Александрович, к.э.н., к.т.н., старший научный сотрудник, ЦЭМИ РАН, Москва, san693@mail.ru

¹ Работа подготовлена по результатам исследования, поддержанного Российским фондом фундаментальных исследований (проект № 17-06-00304).

ственного эффекта в задачу максимизации прибыли каждым самостоятельным рыночным агентом, а они стали выбирать наиболее рациональную, с их точки зрения, стратегию. В результате главная черта постпереходной российской экономики – ее фрагментарность, т.е. распад на отдельные, слабо связанные фрагменты (Клейнер, 2011), – стала характерной и для энергетики. Перестав быть единым народнохозяйственным комплексом с точки зрения как единого управления, так и системного функционирования, энергетика приобрела явные черты несистемности и фрагментарности. Единая технологическая цепочка «производство – потребление ТЭР» оказалась разрушена.

Независимое развитие стало теперь предполагать достижение разнонаправленных целей и специальное рассмотрение потребителей электроэнергии и субъектов электроэнергетики, особенно после реформы электроэнергетики и ее законодательного закрепления в ст. 3 Федерального закона от 26 марта 2003 г. № 35 «Об электроэнергетике». Стремление получить оптимальные с точки зрения рыночной экономики результаты привело к потере преимуществ, обеспечиваемых работой над реализацией общих отраслевых задач. В итоге рост мощности электростанций в 2008–2016 гг. более чем в 4 раза превзошел увеличение потребления электроэнергии (согласно (Проект энергостратегии..., 2017) соответственно на 12,8 и 3%), что указывает как на отсутствие координации развития субъектов электроэнергетики и потребителей, так и на несоответствие ожиданий изменения потребления электроэнергии фактическим результатам.

Поэтому представляет интерес рассмотреть некоторые долгосрочные тенденции, влияющие на динамику электропотребления. В современном мире электроэнергия стала базисным продуктом, без которого не может функционировать ни производство средств производства, ни производство предметов потребления (Губанов, 2009). В краткосрочном плане спрос на электроэнергию является неэластичным в силу отсутствия у нее товаров-

заменителей. Поэтому изменение цен на электроэнергию практически не влияет на объем ее потребления. Однако в структуру себестоимости любого товара или услуги входит электроэнергия. И в долгосрочном плане рост цен на электроэнергию обуславливает снижение конкурентоспособности товаров местного производства, что в конечном итоге ведет к замещению экспорта. Это явно не способствует росту потребления электроэнергии и определяет переход на менее электрозатратные и, как правило, менее эффективные технологии.

Следует напомнить, что изначальной целью электрификации было широкое внедрение в производство и распределение электрической энергии для повышения производительности труда и эффективности производства². Поэтому любые процессы, ведущие к ограничению электропотребления, негативно влияют на показатели производительности труда и разрушают экономическое развитие. Причина (рост цен на электроэнергию) и следствие (вызванное ею торможение экономического роста) оказываются разделенными во времени. Поэтому в сегодняшнем многофакторном и быстро изменяющемся мире сложно выявить их причинно-следственную связь. И процесс торможения экономического развития из-за завышенных цен на электроэнергию находит объяснение в волатильности цен на нефть, изменении инвестиционного климата и (или) экономической конъюнктуры и т.п.

Так как электроэнергия выступает базисным продуктом, вопрос ее ценообразования является не узкоотраслевым, а ключевым, поскольку именно ее цена здесь определяет динамику экономического развития. Это утверждение, в той или иной степени обоснованное для любой экономики, особенно актуально для России – самой холодной и протяженной страны с очень низкой плотностью населения и низкой плотностью энергетической инфраструктуры – соответственно в 4 и 7 раз меньше,

² Большой энциклопедический словарь. 2-е изд. / под ред. А.М. Прохорова. М.: Большая Российская энциклопедия, 2007.

чем в США. Энергетическая эффективность российской экономики в 5 раз ниже среднемировой, а нагрузка энергетики на экономику в 4 раза выше: капитальные вложения в отечественную энергетику составляют 6% ВВП при 1,5% в мире целом (Макаров, 2009). Так как доля потребления электроэнергии Россией превосходит ее долю в мировой экономике (~5 и менее 2% соответственно), отечественная продукция во много раз более чувствительна к ценам на электроэнергию по сравнению с другими странами. Поэтому параметрами, ставшими основой определения энергетической безопасности, данного на Государственном Совете РФ «О повышении энергоэффективности российской экономики» (Доклад ЦЭНЭФ..., 2009), стали стоимость энергоснабжения и его возможности обеспечивать экономический рост. Энергетическая безопасность состоит в способности страны или региона обеспечивать энергоресурсами экономический рост, снижать уровень бедности и улучшать качество жизни по доступным ценам.

Понимание взаимной обусловленности цен на электроэнергию и динамики экономического развития определяет энергетическую политику независимых развитых стран. Например, в США цена на электроэнергию в приведенных с учетом инфляции ценах остается неизменной с 1960-х гг. и для промышленных предприятий находится на уровне 6–8 центов за киловатт-час (кВт·ч). В энергетической стратегии США гарантируется ее стабильность на ближайшие 20 лет, несмотря на поддержку бурного роста возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Рост электропотребления в США в XXI в. был ~1,2% в год до 2008 г., находится на нулевом уровне с 2008 г. по настоящее время и составит ~0,6–0,7% в год до 2040 г. При этом темп роста населения, как фактический с начала XXI в., так и прогнозный положительный, равен 0,7% в год³. Увеличение электропотребления будет находиться в пределах роста населения, и удельное (поду-

шевое) потребление электроэнергии (УПЭ) останется постоянным даже в столь благоприятных по сравнению с российскими условиях для увеличения потребления электроэнергии. В работе (Некрасов, Шевченко, 2011), выполненной на основе анализа данных 1963–2008 гг., была обнаружена тенденция, характерная для всех стран, завершивших этап урбанизации, – снижение темпа роста УПЭ до 1% в год, а в ряде случаев – до отрицательных значений. Можно видеть, что прошедшее десятилетие показывает справедливость выявленных в ней закономерностей.

Интересно сравнить темпы роста электропотребления в США с фактическими и прогнозными значениями в России. Согласно утвержденной в 2008 г. Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2020 г. рост производства электроэнергии был предусмотрен на 5,2% в год в максимальном варианте и 4,1% в год в базовом (Генеральная схема размещения..., 2008). Фактические же значения были менее 0,3% в год в период 2008–2016 гг. А при рассмотрении всего периода перехода к рыночной экономике как целого не превосходили 0,1% в год (рост электропотребления за 2008–2016 гг. составил 2,6%, а если принять за точку отсчета 1990 г., то до настоящего времени не превысил 2%). Расхождение между прогнозными и фактическими значениями превышает 10 раз. Принимая во внимание, что при составлении прогнозов развития такой стратегически важной отрасли экономики, как энергетика, используются в наибольшей степени обоснованные и отражающие последние достижения экономической теории методы, выскажем предположение: одним из факторов, приводящих к расхождению между прогнозными и фактическими данными объемов электропотребления на протяжении всего периода после проведения реформы электроэнергетики, был рост цен на электроэнергию, который не в последнюю очередь определял объемы инвестиций.

Электроэнергетика является одной из самых капиталоемких отраслей экономики. Отношение капиталовложений к ежегодно-

³ Annual Energy Outlook 2018. URL: https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/AEO2018_FINAL_PDF.pdf.

му доходу отрасли в электроэнергетике в 6–15 раз выше, чем в среднем по машиностроению (Чернавский, 2013). Независимое развитие субъектов электроэнергетики и потребителей, вызывая не обеспеченные ростом потребления инвестиции в электроэнергетику, приводит к нейтрализации и замораживанию капитала на многие десятилетия, росту доли инвестиционной составляющей в стоимости электроэнергии и т.д.

Вполне логично, что после отказа от плановой экономики сформировалось на протяжении практически всего периода развития отечественной энергетики представление о том, что чем больший прирост мощности достигнут, тем лучше для экономического развития, требует корректировки. При этом следует отметить, что экономическое развитие, улучшение жилищных условий далеко не всегда подразумевают увеличение электропотребления. Остановимся на аргументации данного утверждения. Покажем, что увеличение жилой площади в условиях отсутствия положительной демографической динамики практически не приводит к увеличению электропотребления в стране. А прогнозируемый рост потребления электроэнергии в наиболее динамично развивающихся регионах в результате нового строительства жилья происходит за счет снижения потребления в депрессивных районах. Вначале отметим, что завершение перехода от расширенной патриархальной семьи традиционного типа, в состав которой входит несколько поколений взрослых людей, к нуклеарной обусловлено завершением перехода к индустриальному обществу и связанным с этим процессом урбанизации, который на территории России в основном завершился более полувека назад.

Так, увеличение жилой площади практически не приводит к росту числа домохозяйств. При приобретении домохозяйством нового жилья происходит замещение его электропотребления с одного адреса на новый, а не освоение новых электробытовых приборов. Домохозяйство, имеющее возможность приобрести новое жилье, находится на уровне по-

требления бытовых услуг, по меньшей мере, не ниже среднего. Сложно представить покупателя новой квартиры, ранее не пользовавшегося холодильником или утюгом, пусть даже в арендуемом прежнем месте жительства. Иными словами, вначале происходит насыщение электробытовыми приборами, а в последующем возникает платежеспособный спрос на приобретение новой жилой площади.

В итоге новое жилищное строительство не столько создает дополнительное потребление электроэнергии, сколько способствует перераспределению потребителей в места, где существует на него спрос, при этом происходит перенос электропотребления из депрессивных муниципальных образований – малых городов, поселков городского типа и сельских поселений – в растущие городские агломерации.

Увеличение жилого фонда при отсутствии роста населения может привести к росту электропотребления, например, в результате развития лифтового хозяйства и других процессов, которые в совокупности не являются значительными. Замена же устаревающей бытовой техники на новую, более экономичную, как правило, ведет к снижению потребления электроэнергии.

Увеличение мощности электробытовых приборов сопровождается уменьшением времени их работы. Например, более мощный утюг включается на меньшие интервалы времени во время глажки; в 3 раза более мощный электрический чайник позволяет более чем в 3 раза сократить время его работы (за счет более медленного остывания нагреваемой воды за более короткое время ее закипания) и едва ли вызовет изменения в потреблении чая.

Электронно-лучевые телевизионные приемники 1980-х гг. с диагональю экрана 61 см потребляли 145–200 Вт, а современные жидкокристаллические панели с диагональю 80 см – 45 Вт, а 140 см – уже 80 Вт. Поэтому замена телевизора на новый с увеличением площади экрана более чем в 4 раза ведет не к росту, а к двукратному снижению электропотребления, так же, как и замена мониторов старого образца на жидкокристаллические.

Но если в потреблении электроэнергии домохозяйством доля телевизора (несмотря на появление второго и последующего приемника) не является значимой (менее 5%), то доля, приходящаяся на холодильники, в среднем превышает 20%, а порой доходит до 33%. (Это следует, например, из цифр далее: средняя семья из трех-четырех человек, оплачивая в среднем 120 кВт·ч в месяц (за год – 1500 кВт·ч), эксплуатирует холодильник, потребляя 300 кВт·ч (т.е. искомые 20%). Но если отдельно живущий человек эксплуатирует тот же самый холодильник, пусть даже в 2 раза меньший, то потребление при том же классе энергоэффективности (буквы ...с, b, a, a+...) меньше на 20%, т.е. 240 кВт·ч/год, а потребление однокомнатной квартиры с одним жильцом никак не меньше 750 кВт·ч/год.)

В этой связи интересно сопоставить потребление современных холодильников премиального (Liebherr CNP 4358 (объем 321 л) – 133 кВт·ч/год) и бюджетного (Pozis RK-103 W (объем 340 л) – 240 кВт·ч/год) классов (отношение цен на которые превосходит четырехкратную величину) с потреблением моделей предыдущих поколений (Бирюса 22 (объем 255 л) – 548 кВт·ч/год или Саратов 105 (объем 335 л) – 547 кВт·ч/год). Мы наблюдаем сокращение потребления электроэнергии для современных бюджетных моделей более чем в 2 раза, а для премиальных – в 4. Нетрудно спрогнозировать, что снижение существующего в настоящее время различия цен между премиальными и бюджетными моделями при их почти двукратной разнице в электропотреблении будет определять сокращение потребления электроэнергии холодильной техникой в среднестатистическом домохозяйстве на несколько десятков процентов по мере дальнейшего развития технологий и улучшения показателей бюджетных моделей до уровня премиальных. Это утверждение в отношении холодильной техники в полной мере применимо и к телевизионной, где прогнозируется последующее кратное снижение электропотребления по мере перехода на QLED-технологии (название новой продукто-

вой линейки телевизоров от Samsung, ранее – Quantum Dot, традиционных LED-дисплеев).

Аналогичные, но еще более динамичные закономерности прослеживаются в области осветительной техники: вытеснение ламп накаливания светодиодными осветительными приборами ведет к сокращению электропотребления на порядок. Это означает, что, несмотря на достигнутые успехи в энергосбережении бытовой техники, процесс далек от стадии завершения и потенциал уменьшения электропотребления, обусловленный научно-техническим прогрессом, измеряется десятками процентов. Однако можно привести примеры, опровергающие эту тенденцию: вытеснение газовых плит электрическими, рост числа компьютеров и т.д. Однако рынок достаточно быстро находит решения, минимизирующие влияние, противоположное устойчивой закономерности – повышению эффективности использования электроэнергии. В качестве примера можно привести распространение мультиварок, позволяющих готовить еду более энергоэкономичными способами, а также индукционных плит; миниатюризацию компьютерной техники, замену системных блоков компьютеров мобильными устройствами и т.п. А технологии, выпадающие из долгосрочной тенденции сокращения электропотребления, не получают дальнейшего развития, что можно видеть на примере плазменных телевизоров.

Что касается энергопотребления в перерабатывающей и технологических процессах добывающей промышленности, на транспорте и в сельском хозяйстве, то в результате повышения энергоэффективности, внедрения новых технологий наблюдается снижение удельных показателей потребления электроэнергии. Исключение – рост энергоемкости в добывающих отраслях промышленности, обусловленный усложнением условий добычи полезных ископаемых. При снижении удельных расходов электроэнергии на выпуск единицы продукции аргументом, объясняющим увеличение электропотребления, является рост производства в натуральном выражении.

Однако сопоставление абсолютных показателей за 1990–2015 гг. – не в пользу роста объемов производства практически во всех отраслях (табл. 1).

В условиях снижения как производства в натуральных показателях, так и удельных расходов энергии выявить предпосылки роста объема электропотребления достаточно проблематично. И для изменения тенденции сокращения промышленного производства значимо более важным является снижение стоимости электроэнергии по сравнению с наращиванием мощности энергосистемы.

Помимо отмеченных закономерностей, следует указать еще один фактор, определяющий сокращение электропотребления, – развитие технологических решений, ведущих к снижению спроса на продукцию энергоемких производств. Покажем это на примере обращения алюминия. Электроемкость рециклинга (получения вторичного алюминия) в 8 раз ниже, чем получение первичного алюминия, а замена алюминиевых сплавов их аналогами, выполненными на основе алюминиевых композитов, модифицированных нанотрубками, ведет к повышению характеристик прочности до 170% и соответственно сокращению рас-

хода металла более чем в 2 раза (и, как следствие, к снижению веса изделия).

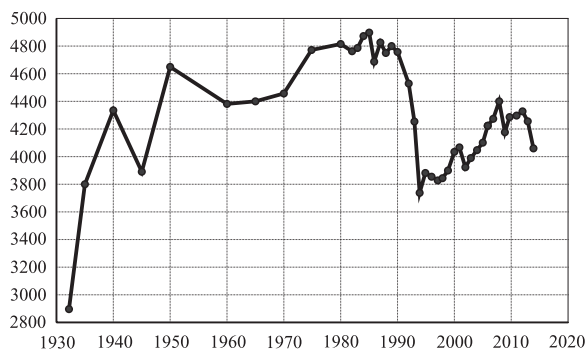
В условиях, когда энергетика включала потребителя и он являлся органической частью неразрывной технологической цепочки «производство – потребление ТЭР», основной ее задачей было повышение эффективности целостной системы. Одним из показателей, характеризующих эффективность электроэнергетики, являлся коэффициент использования установленной мощности (КИУМ, %), или число часов использования установленной мощности (ЧЧИМ, ч/год). Задача повышения эффективности использования мощностей была основополагающей в становлении отечественной энергетики, и к 1940 г. ЧЧИМ достиг 4335 ч/год. Последовавшее снижение ЧЧИМ в СССР в годы Великой Отечественной войны было преодолено в послевоенные годы. В 1950 г. ЧЧИМ вырос до 4650 ч/год (см. рисунок). Отечественная энергосистема была лидирующей в мире по уровню эффективности использования энергетических мощностей. Достигнутые параметры с учетом аварийного, частотного, эксплуатационного и прочих типов резервов обеспечивали надежность энергоснабжения в СССР, включая потребителей, получавших электроэнергию по брони («бронированных» потребителей).

Так как доля «бронированных» потребителей в Российской Федерации в результа-

Таблица 1
Объемы производства в РСФСР 1990 г.
и Российской Федерации 2015 г.

Вид сырья	Единица измерения	1990 г.	2015 г.
Нефть	млн т	516	502
Природный газ	млрд м ³	641	633
Уголь	млн т	395	372
Чугун	млн т	59,4	53,7
Сталь	млн т	89,6	69,4
Цемент	млн т	83,0	62,1
Металлорежущие станки	тыс. шт.	74,2	2,9
Часы всех видов	млн шт.	60,1	1
Мотоциклы	тыс. шт.	770	20
Обувь	млн пар	385	90

Источники: Данные Росстата за 1990 и 2015 гг.



ЧЧИМ России (СССР – до 1991 г.), ч/год

Источники: (Грачев, Некрасов, 2016).

те многократного снижения производства на предприятиях военно-промышленного комплекса по сравнению с 1980 гг. значительно уменьшилась, отсутствуют предпосылки для обоснования увеличения по сравнению с СССР доли резервных мощностей.

С распадом СССР в 1991 г. и сокращением промышленного производства в Российской Федерации произошло снижение в 1994 г. ЧЧИМ до 3737 ч/год. Начавшееся восстановление экономики после падения курса рубля в 1998 г. обеспечило рост ЧЧИМ Российской Федерации, но довоенный уровень СССР был превышен только в 2008 г. (4395 ч/год). Ввод новых мощностей, опережающий рост потребления, привел к снижению ЧЧИМ ниже довоенного уровня РСФСР (4061 ч/год в 2014 г.).

Проблеме несоответствия графика потребления оптимальному режиму работы генерирующих мощностей всегда уделялось значительное внимание в энергетике СССР. Ее решение подразумевало управление нагрузками потребителей, основы которого были заложены еще в 1930-е гг. С.А. Кукель-Краевским, а позднее И.М. Марковичем, И.А. Сыромятниковым (Маркович, 1969) и т.д. В качестве примера положительного опыта управления нагрузками можно привести разработанный в Министерстве черной металлургии СССР механизм интеграции потребителей и энергосистемы, позволяющий при неизменной (или даже увеличивающейся) установленной мощности электроприемников целенаправленно снижать электропотребление в период прохождения максимума нагрузки (при этом суммарная мощность совокупности электроприемников могла увеличиваться). Для энергосистемы определяющим фактором выступала не суммарная установленная мощность совокупности электроприемников потребителя, а заявленная мощность – фактическое потребление в период прохождения максимума нагрузки. Так, например, на трубном заводе «Лентрубсталь» в 1985 г. суммарная мощность электроприемников составляла 33 МВт. Однако за счет мероприятий по координации интересов энергосистемы и технологических

процессов потребителя во время максимума нагрузки потребление электроэнергии не превышало 3,3 МВт. В результате увеличения потребления в период дневного и ночного провалов нагрузки более 3,3 МВт обеспечивалось время использования заявленной мощности (значение T (ч) в табл. 2, составленной на основе данных (Авдеев, Кудрин, 1995)) порой более 8760 ч/год.

На первом этапе решения рассматриваемой проблемы происходили корректировка технологических процессов, согласованное изменение графика рабочего времени, перенос времени обеденных перерывов и т.д.; на втором – реализация проектных решений, обеспечивающих разгрузку существующего электроемкого оборудования на один-два часа в сутки; на третьем – разработка нового оборудования, позволяющего увеличивать период снижения электропотребления без ущерба для основного технологического процесса. Если первый этап был достаточно коротким,

Таблица 2

Показатели заявленной и установленной мощности предприятий черной металлургии в 1985 г.

Предприятие	Заявленная мощность, МВт	Установленная мощность, МВт	T , ч
ОАО «Новомосковск-огнеупор»	1,9	14,6	10 887
Певекский горно-обогатительный комбинат	2,6	11,8	12 200
ОАО «Кузнецкие ферросплавы»	270	325,3	8213
Трубный завод «Лентрубсталь»*	3,3	33,0	12 479
ОАО «Серовский завод ферросплавов»	166	197,6	9024
ОАО «Челябинский электрометаллургический комбинат»	455	650,0	8110

* По состоянию на 1982 г.

Источники: Составлено на основе данных (Авдеев, Кудрин, 1995).

то второй, а особенно третий требовал долгосрочного целеполагания в рамках реализации инвестиционных проектов, срок окупаемости которых не может быть обеспечен при текущей стоимости кредитных ресурсов. В результате за счет снижения потребления в период прохождения максимума нагрузки металлургические предприятия принимали на себя функцию регуляторов энергосистемы и обеспечивали фактическое использование заявленной мощности до 12 400 ч/год. Таким образом, в отечественной энергетике накоплен положительный опыт формирования графика спроса, обеспечивающего равномерную работу генерирующих мощностей.

Однако в результате фрагментации энергетике и ее разделения на субъектов электроэнергетики и потребителей, эти наработки не востребованы, и в настоящее время ЧЧИМ продолжает снижаться, о чем свидетельствуют значения коэффициента использования установленной мощности в самый холодный первый квартал года, когда потребление электроэнергии в ЕЭС России максимальное (табл. 3).

Как следует из приведенных данных, а также соотнесения прогнозов электропотребления, обосновывающих объемы инвестиций на увеличение мощности энергосистемы, повышение КИУМ не входит в первоочередные задачи развития энергетике. Автору не удалось

найти оценки влияния низкой эффективности использования генерирующих мощностей на издержки энергоснабжения отечественных потребителей. Поэтому приведем данные для ОЭС Беларуси (годовой объем выработки преимущественно на основе тепловых электростанций – ~30 млрд кВт·ч, что не превышает 3% объема генерации (производства) в России). В работе (Забелло, Гуртовцев, 2008) показано, что «годовой эффект от повышения эффективности использования мощностей путем выравнивания графика нагрузки» составляет 71 млн долл. в год, из которых только 45 млн может быть отнесено на инвестиционную составляющую. Затраты, которые не являются инвестиционной составляющей, обусловлены большим удельным расходом топлива в отличных от номинальных режимах с частичной загрузкой, запусками и остановами не только нового, но и ранее эксплуатируемого оборудования, что, в свою очередь, негативно влияет на ресурс и аварийность энергоблоков, вызывает рост объема ремонтных работ, увеличение доли постоянных затрат на обслуживание электростанций и т.д. Эти сопоставимые с инвестиционной составляющей затраты являются прямыми потерями. Таким образом, мы имеем дело с мультипликативным эффектом от снижения эффективности энергетике, когда на каждый рубль, вложенный в опережающий потребление рост энергетических мощностей, требуется потратить примерно такой же объем дополнительных, не поддающихся монетизации прямых потерь, обусловленных технологическими особенностями отрасли. Величина этих издержек не может быть определена в полной мере, и, как утверждают авторы (Забелло, Гуртовцев, 2008), не исключено наличие еще не просчитанных составляющих. Еще в меньшей степени поддается учету их явно негативное влияние на динамику электропотребления.

По сравнению с тепловой энергетикой низкое значение ЧЧИМ оказывает значимо негативно влияет на атомную. Согласно данным Всемирной ядерной ассоциации снижение коэффициента мощности атомных станций на

Таблица 3
Показатели производства электроэнергии
за I квартал и мощности ЕЭС в 2012–2017 гг.

Год	КИУМ ЕЭС, %	Производство электроэнергии, млрд кВт·ч	Мощность ЕЭС, МВт
2012	62	291 800	219 614
2013	59	286 100	223 330
2014	57	280 433	227 547
2015	56	281 361	232 795
2016	56	284 658	235 312
2017	56	287 101	237 455

Источники: Расчеты автора на основе отчетов за I квартал НП АТС. URL: <http://www.atsenergo.ru/ats/about/reports>.

15% (а снижение ЧЧИМ отечественной энергосистемы за 2008–2014 гг. превысило 8%) приводит к увеличению стоимости электроэнергии АЭС на 24% (World Nuclear Association, 2017). Поэтому изменение требований к отечественным АЭС, согласно которым в непрерывном режиме требуется обеспечивать диапазон регулирования от 50 до 100% установленной мощности энергоблока, и их участие в регулировании графика нагрузки (Проект правил..., 2013) явно не будут способствовать снижению стоимости электроэнергии.

Приведенные факты свидетельствуют о том, что строительство новых электростанций, опережающее рост электропотребления, по оглашению является развитием энергетики, а по умолчанию вызывает рост цен на электроэнергию, ведет в долгосрочной перспективе к сокращению электропотребления и противоречит определению энергетической безопасности страны (Доклад ЦЭНЭФ..., 2009).

Повышение эффективности использования энергетических мощностей позволяет серьезно снизить стоимость электроэнергии в Российской Федерации. И задачей является не ограничение роста потребления электроэнергии в результате повышения на нее цен, а минимизация негативного влияния на ценообразование со стороны инвестиционной составляющей и издержек, обусловленных технологическими особенностями отрасли, путем выравнивания графика нагрузки и создания условий для снижения пикового потребления и уменьшения спроса на пиковые источники.

Наше предложение состоит в использовании в качестве *параметра, выполняющего функции контроля эффективности развития энергетики*, не величину ввода новых энергетических мощностей, а число часов использования установленной мощности (ЧЧИМ, ч/год). Для этого требуется не увеличивать инвестиции в новые энергетические мощности, а стимулировать механизмы развития производственных процессов у потребителей, позволяющие изменять потребление в зависимости от возможностей производства (генерации)

электроэнергии и согласованность действий потребителей и субъектов электроэнергетики. В результате будут созданы предпосылки для снижения издержек энергоснабжения, которые в перспективе обеспечат постепенное повышение энерговооруженности и положительно повлияют на производительность труда, темпы экономического развития, импортозамещение. Для этого требуется переход от концепции «потребитель всегда прав», предусматривающей удовлетворение спроса, к интеграции потребителя в технологическую цепочку «производство – потребление ТЭР», позволяющую формировать спрос путем перехода к новым технологическим решениям в энергохозяйстве потребителей.

Возможность формирования спроса, в каждый конкретный момент времени в наибольшей степени соответствующего возможностям генерации, обеспечит отечественной энергетике решение задачи, которая стала в настоящее время определять вектор развития большинства стран, – интеграцию нерегулируемой генерации возобновляемой энергетики (ВИЭ) в существующую энергосистему.

Более 80% генерации на основе возобновляемых источников приходится на нерегулируемые солнечные и ветровые станции. Поэтому изменчивость во времени выдачи мощности ВИЭ и, следовательно, ее несоответствие графику нагрузки требуют компенсации. Для этого необходимо либо изменить режимы генерации регулируемых источников, как правило, гидроэнергетики и газовых станций, либо создавать и включать в работу энергосистемы системы аккумулирования энергии, либо изменять графики нагрузки потребления. В последнее время в мире все большее распространение получает управление потреблением как наименее затратное направление (Грачев, Некрасов, 2016).

Возможность изменять профиль потребления в реальном режиме времени в зависимости от генерации ВИЭ в каждый конкретный момент путем воздействия на технологические процессы у потребителей позволяет обеспечивать рост доли ВИЭ в

энергобалансе со значительно меньшими издержками по сравнению с решениями, основанными на создании и использовании систем аккумулирования энергии.

Таким образом, выбор в качестве контрольного параметра развития отечественной энергетики ЧЧИМ вместо величины ввода новых энергетических мощностей будет содействовать снижению издержек энергоснабжения и увеличению потребления электроэнергии. А в перспективе формирование спроса, в наибольшей степени обеспечивающего работу сегодняшних тепловых и атомных электростанций в оптимальном режиме путем координации производственных процессов у потребителей, позволит интегрировать солнечную и ветровую энергетику в отечественную энергосистему с минимальными издержками.

Список литературы

- Авдеев В.А., Кудрин Б.И., Якимов А.Е. Информационный банк «Черметэлектро». М.: Электрика, 1995. URL: <http://www.kudrinbi.ru/public/10000/index.htm>.
- Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 г. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 22 февраля 2008 г. № 215-р.
- Грачёв И.Д., Некрасов С.А. Возможности участия потребителей в повышении эффективности электроэнергетики // Промышленная энергетика. 2016. № 4. С. 2–8.
- Губанов С.С. Неоиндустриализация плюс вертикальная интеграция // Экономический портал, 17.05.2009. URL: <http://institutiones.com/general/1129-neo-industrializaciya.html>.
- Доклад ЦЭНЭФ Президиуму Государственного совета РФ. О повышении энергоэффективности российской экономики. Архангельск, 2009. URL: <http://www.cenef.ru/file/Report%2025.05.09.pdf>.
- Забелло Е.П., Гуртовцев А.Л. Электрическая нагрузка энергосистемы. Выравнивание графика // Новости электротехники. 2008. № 5, 6.
- Клейнер Г.Б. Российская экономика: системный подход // Мезоэкономика развития. М.: Наука, 2011.
- Макаров А.А. Научно-технологические прогнозы и проблемы развития энергетики России до 2030 года // Вестник РАН. 2009. Т. 79. № 3. С. 206–216.
- Маркович И.М. Режимы энергетических систем. М.: Энергия, 1969.
- Мелентьев Л.А. Очерки истории отечественной энергетики. М.: Наука, 1987.
- Некрасов С.А., Шевченко И.С. Альтернативный подход к определению необходимого производства электроэнергии в Российской Федерации // Энергетика Татарстана. 2011. № 1. С. 50–56.
- Проект правил технологического функционирования электроэнергетических систем. Пункт 8.1.19. Разработан в 2013 г. URL: http://www.bigpowernews.ru/photos/0/0_G8VNP1BwnENS2V410SaBUuuADhpQtP2a.pdf.
- Проект энергостратегии Российской Федерации на период до 2035 года. Ред. 1 февраля 2017 г. URL: <http://minenergo.gov.ru/node/1920>.
- Чернавский С.Я. Реформы регулируемых отраслей российской энергетики: дис. ... д-ра экон. наук. М.: ЦЭМИ РАН, 2013.
- World Nuclear Association. Renewable Energy and Electricity. 2017.24.08. URL: <http://www.world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/renewable-energy-and-electricity.aspx>.

Рукопись поступила в редакцию 25.09.2017 г.

ABOUT THE EFFICIENCY OF USING ENERGY CAPACITIES

S.A. Nekrasov

Sergey A. Nekrasov, Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Science, Moscow, Russia, san693@mail.ru

Replacing the task of optimizing the technological chain “production – consumption of energy” with maximizing the

profit of each of its participants led to an imbalance in the development of the energy power. As a result of the excess construction of new energy capacities, the efficiency of its operation is decreasing. In addition to the growth of the investment component, this leads to a multiplicative effect of increasing the cost of electricity due to an increase in the fuel consumption, the number of starts and stops, and the share of fixed costs. In turn, the growth of electricity prices in the long term leads to the replacement of national products by imports. As a result, construction of new energy power stations does not lead to the growth of labor productivity, which was the main goal of electrification, but causes inhibition of economic development and reduction of electricity consumption. The article substantiates the expediency of considering the number of hours of using the installed capacity as a controlling parameter of energy development, in contrast to the construction volume of power capacities. Aligning the load schedule by coordinating production processes at the consumers will reduce the need for peak energy sources. The transformation from satisfying the energy demand to its formation will make possible to integrate renewable energy into the energy system with minimal costs.

Keywords: demand response, integration the consumer and the power system, efficiency of generating capacities, renewable energy sources.

JEL: L52.

Acknowledgment. The work was prepared based on the results of a study supported by the Russian Foundation for Basic Research (project No. 17-06-00304).

Reference

- Avdeev V., Kudrin B., Yakimov A. (1995). Information Bank "Chermetelektro". Moscow, Elektrica (in Russian). URL: <http://www.kudrinbi.ru/public/10000/index.htm>.
- CENEF (2009). CENEF report to the Presidium of the State Council of the Russian Federation. On improving the energy efficiency of the Russian economy. Arkhangelsk (in Russian). URL: <http://www.cenef.ru/file/Report%2025.05.09.pdf>.
- Chernavsky S. (2013). Reforms in the regulated sectors of the Russian energy sector. Diss. Moscow, CEMI RAS (in Russian).
- Draft energy strategy (2017). Draft energy strategy of the Russian Federation for the period until 2035. Edition. 01.02 (in Russian). URL: <http://minenergo.gov.ru/node/1920>.
- Draft rules (2013). Draft rules for the technological operation of electric power systems. 8.1.19. Developed in 2013 (in Russian). URL: http://www.bigpowernews.ru/photos/0/0_G8VNP1BwnENS-2V410SaBUuuADhpQtP2a.pdf.
- Grachev I., Nekrasov S. (2016). Possibilities of consumer participation in increasing the efficiency of the electric power industry. *Industrial power*, no. 4, pp. 2–8 (in Russian).
- Gubanov S. (2009). Neoindustrialization plus vertical integration. Economic portal, 05.17 (in Russian). URL: <http://institutiones.com/general/1129-neo-industrializaciya.html>.
- Kleiner G. (2011). Russian economy: A systematic approach. Mesoeconomics of development. Moscow, Nauka (in Russian).
- Makarov A. (2009). Scientific and technological forecasts and problems of the development of energy in Russia until 2030. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, vol. 79, no. 3, pp. 206–216 (in Russian).
- Markovich I. (1969). Modes of energy systems. Moscow, Energia (in Russian).
- Melentiev L. (1987). Essays on the history of domestic energy. Moscow, Nauka (in Russian).
- Nekrasov S., Shevchenko I. (2011). An alternative approach to determining the required electricity generation in the Russian Federation. *Energetics of Tatarstan*, no. 1, pp. 50–56 (in Russian).
- The general scheme (2008). The general scheme for locating power facilities until 2020. Approved by the Government Decree No. 215-r at 22.02.2008 (in Russian).
- World Nuclear Association. (2017). Renewable Energy and Electricity, August 24. URL: <http://www.world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/renewable-energy-and-electricity.aspx>.
- Zabello E., Gurtovtsev A. (2008). Electrical load of the power system. Align the graph. *News of electrical engineering*, no. 5, 6 (in Russian).

Manuscript received 25.09.2017