

ГУРИЕВ Марат Аликович — доктор технических наук, профессор
E-mail: marat_guriev@ru.ibm.com

РЕАЛЬНАЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Проблема достижения реальной энергоэффективности цивилизации постепенно обострялась в последние три-четыре предкризисных года вследствие заметного роста цен на энергоносители. Экономический кризис, временно понизивший цены на нефть и газ, в первые месяцы снял остроту проблемы, однако объективная необходимость комплексного анализа проблемы энергоэффективности настолько очевидна, что многие национальные антикризисные программы включают в себя солидные подпрограммы и комплексы мероприятий, связанные с энергоэффективностью.

Цель настоящей статьи состоит в определении роли и места информационных технологий в достижении реального прогресса в деле энергоэффективности на территории России. Для достижения этой цели используется имеющийся зарубежный опыт, в том числе в первую очередь материалы недавно принятых антикризисных программ США и многолетний практический опыт Германии.

I. Программы США

Программа энергосбережения США, входящая в комплексный план стимулирования экономики Президента Абама, состоит из 7 разделов.

1. Производство электроэнергии повсюду. Этот раздел посвящен интенсивной поддержке использования солнечной энергии американскими домохозяйствами. В соответствии с планом домовладельцам будут компенсированы 30 % затрат на домашние установки (на крышах) по выработке солнечной энергии.

Это решение позволит сформировать новый класс энергетических сервис-провайдеров, которые будут соседствовать с энергетическими компаниями и новыми крупными производителями солнечной энергии. В качестве примера последних можно привести действующее на территории 8 штатов соглашение между крупнейшими розничными сетями Wall-Mart, Whole Foods, and Kohl's и лидирующим сервис-провайдером по солнечной энергетике компанией SunEdison.

Предложенный подход представляет собой пример взаимовыгодного сотрудничества. Энергетические компании получают надежных партнеров, а предприниматели получают электроэнергию по фиксированной конкурентной цене – без дополнительных инвестиций. Изюминка проекта вовсе не в солнечных панелях – она связана с сетевым решением и специальным программным обеспечением, которые уже позволяют компании SunEdison эффективно управлять сотнями панелей по всей Калифорнии. Это решение готово к масштабированию.

Специалисты SunEdison утверждают, что оперативное управление дополнительной энергией от солнечных батарей кардинально меняет динамику региональных рынков электроэнергии.

2. Сохранение энергии в супераккумуляторах. Проблема сохранения электроэнергии обусловлена ее физической природой – электричество потребляется практически одновременно с его производством. Однако солнечные и ветряные генераторы электричества зависят от погоды. Поэтому возможность накопления электроэнергии для

эффективного потребления с задержкой по времени имеет принципиальное значение для создания экологически значимых сетей электроснабжения.

Поэтому план Обамы включает в себя выделение грантов общим объемом в 2 млрд долл. для развития технологий аккумуляторов. Для накопления энергии в региональных электросетях наилучшим решением являются натриево-серные аккумуляторы. Они оказались более эффективными и емкими по сравнению с другими типами аккумуляторов. В Японии, где эти аккумуляторы были разработаны, их уже установлено в количестве, достаточном для электроснабжения 150 тысяч домов.

Планируется, что в конце 2009 года или в 2010 году компания [American Electric Power](#), обслуживающая 11 штатов Среднего запада США и располагающая 80 генерирующими станциями общей мощностью в 38 гигаватт, установит натриево-серный аккумулятор мощностью в 4 МВт в городке Президио, штат Техас. Этот аккумулятор будет способен отдавать мощность до 4 МВт в период времени продолжительностью до 8 часов, компенсируя возможный (особенно в летнее время) дефицит электроэнергии. Следует отметить, что в прошлом году эта же компания установила подобные аккумулирующие мощности в 6 МВт в других штатах.

3. Доставка электроэнергии. Проблемы доставки электроэнергии к местам потребления зачастую связаны с получением разрешений со стороны владельцев земли и градопланировщиков, которые хотели бы получать электричество, но не готовы мириться с высоковольтными проводами, пересекающими пространство. Президент Обама подписал законопроект о предоставлении государственных гарантий в объеме 6 млрд долларов по кредитам для энергетических проектов, включающих новые линии доставки электроэнергии.

Одна из таких запланированных линий - прокладка кабеля по дну залива в Сан-Франциско для передачи энергии из Альтомонта (Центральная Калифорния), где установлена крупнейшая в мире ферма ветроэлектростанций – более 4900 относительно небольших ветровых турбин различного типа с суммарной мощностью 576 МВт, которая производит в среднем 125 МВт-час. и за год обеспечивает 1,1 Вт-часов.

Нельзя не отметить того обстоятельства, что все эти ветряные турбины были построены после энергетического кризиса 1970 года благодаря налоговым послаблениям того времени для инвесторов. Также следует отметить, что изначально смонтированные турбины оказались опасными для хищных птиц, которые там охотятся на калифорнийских сусликов (ежегодно в зоне турбин гибнет около 1300 хищных птиц, в том числе 70 золотых орлов, занесенных в Красную книгу). Поэтому постоянно осуществляется поэтапная замена турбин на более крупные установки, которые вращают лопасти на большей высоте и с меньшей скоростью, что заметно снижает опасность для птиц.

Возвращаясь к выбранному варианту прокладки кабеля по дну залива, важно отметить, что три других варианта, менее дорогостоящие, были отвергнуты по разным причинам. Прокладка кабеля (диаметр которого составляет около 30 см) рядом с пассажирской железной дорогой была отклонена по антитеррористическим соображениям. Вариант прокладки кабеля вдоль скоростной автотрассы был отклонен для сохранения свободы возможной перепланировки дороги с целью ее расширения. Еще один вариант – прокладка кабеля вдоль грузовой железной дороги - был отклонен вследствие дефицита пространства. Все это свидетельствует о высокой сложности практической реализации системного замысла интеллектуальных энергетических сетей, направленного на достижение энергосбережения.

4. Мониторинг электроснабжения в реальном времени. Проблемы энергосетей общеизвестны - отключение энергоснабжения в Мичигане может привести к отключению освещения во Флориде. При этом сетевые компании активно инвестируют в программное обеспечение, позволяющее выявлять узкие места на их участках сети, однако неохотно делятся информацией об оперативной ситуации с соседями.

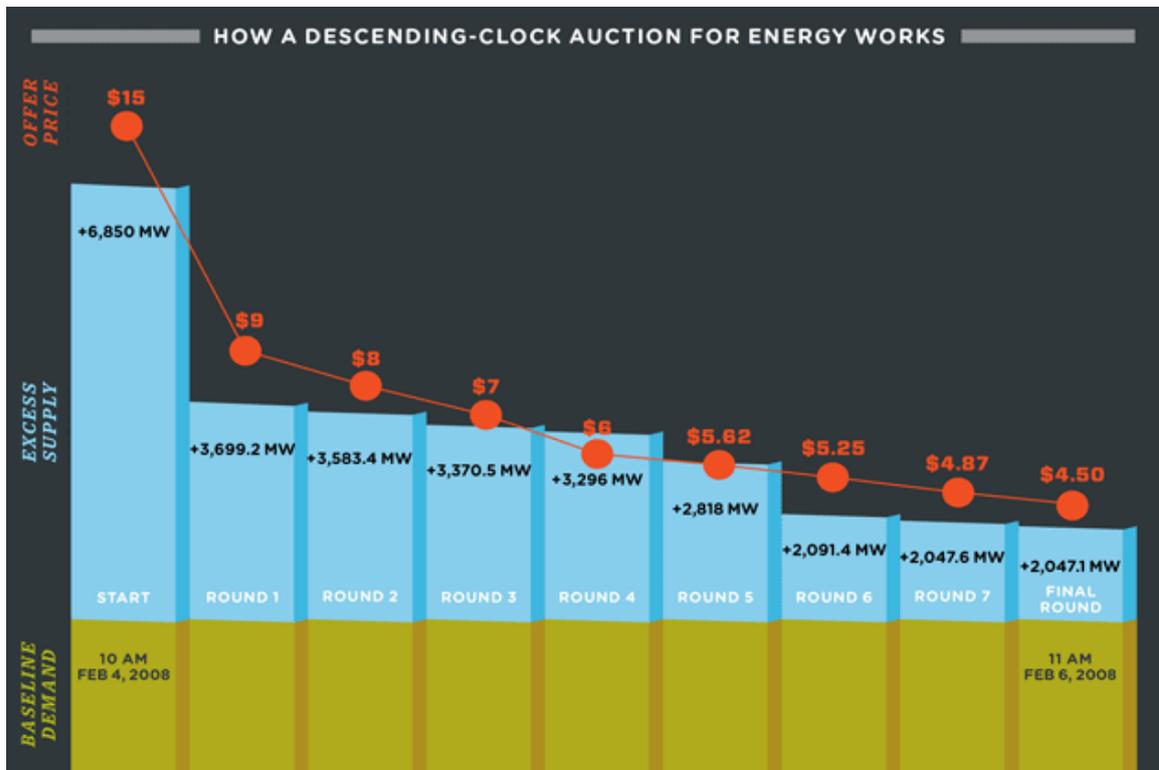
Выход виден в участии третьего доверенного партнера. Национальная Лаборатория Окриджа убедила 30 генерирующих компаний разделить некоторые из своих самых драгоценных данных в реальном времени в обмен на инструмент визуализации сети, который помогает всем. Лаборатория подписала с каждой компанией соглашение о неразглашении, после чего организовала поставку исходных данных в систему мониторинга **Verde** (**В**изуализация **Р**есурсов **Э**нергии **Д**инамически на базе программы Google **E**arth), которая отслеживает активы сети в национальном масштабе. Пользователи могут видеть, где формируются осложнения погоды, которые могут угрожать линиям передачи - если гроза созревает в Канзасе, локальная компания может временно изменить маршрут своей властью. Система Verde также получает постоянный поток данных в реальном времени относительно состояния проводов, сообщая операторам, если затемнение охватывает Южную Алабаму или линии передачи кажутся перегруженными в Южной Дакоте. В конечном счете, Verde делает сеть более эффективной. Линии высокого напряжения часто загружены только на 60 % своей проектной мощности, так как диспетчерские службы опасаются внезапных скачков напряжения. Если операторы не будут до такой степени беспокоиться о неожиданных кризисах, они будут в состоянии передать больше электричества своим клиентам.

5. Организация брокерских торгов электроэнергией. Предлагается рассматривать электроэнергию как коммодити в том смысле, что региональные биржи должны позволить региональным поставщикам энергии наилучшим образом организовать поставку товара потребителям*. В моменты пиковых нагрузок это означает необходимость включения в оборот всех наличных источников энергии, даже резервных генераторов устаревших образцов, не всегда привлекательных в экологическом плане. При этом постепенно модернизируемая региональная инфраструктура резервной генерации будет становиться все более экологичной.

В прошлом году компания «Независимый системный оператор Новой Англии» (Independent System Operator of New England {ISO NE}) начала практику так называемых голландских аукционов (тип аукциона, в котором задается заведомо завышенная цена и в котором выигрывает удачливый последний покупатель, предложивший самую низкую цену, см. Рис.1 из [1]) по приобретению электроэнергии с трехлетним опережением.

Эта практика оказалась весьма эффективной, и работа компании привела к столь впечатляющей экономии, что в текущем году губернаторы 6 штатов запросили компанию ISO NE о рекомендациях в части направлений дальнейшей экономии энергии в Новой Англии.

*) под коммодити в данном случае понимается предмет форвардного контракта, который имеет стандартизированный вид, а именно точное описание того, что поставляется по данному контракту, указание объема и месяца поставки.



Источник: В.Коернер [1]

Рис.1 Пояснение схемы работы торгов на право поставок электроэнергии

\$15 – Компания ISO объявляет ее потребность в объеме 32,305 МВт. Сотни желающих стать поставщиками – генерирующих компаний - предлагают на 6,850 МВт больше, чем необходимо ISO. Аукцион открывается с ценой \$15 за киловатт-месяц.

\$9 Учитывая избыточное предложение, ISO опускает цену до \$9 за кВт-месяц, потом \$8, и т.д., с сокращением претендентов и избыточного предложения с каждым раундом.

\$4.50 Завершение аукциона: The ISO достигает цены \$4.50 ... и по-прежнему имеет некоторое избыточное предложение.

6. Учет всех возможностей экономии энергии на основе анализа ее цены (Think Negawatts, Not Megawatts). В США сэкономленные мегаватты в последнее время именуются негаваттами, чтобы подчеркнуть имеющиеся возможности обойтись без производства дополнительной энергии. Анализ показал, что годовой максимум потребления энергии достигается в разгар дня в июле, когда термометры зашкаливают за 35 градусов, и повсеместно кондиционеры включаются на максимум. И в этот период оказывается довольно дорогим мероприятием подключить дополнительные генераторы, стоящие отключенными 360 дней в году. Это способно удорожать цену киловатт-часа на порядок.

Решение проблемы видится в организации обратного платежа крупным потребителям, и такая практика уже существует как ответ на просьбу председателя Федеральной энергетической комиссии Д. Велингоффа. В последнее время в Бостоне создана компания [EnerNOC \(http://www.enernoc.com\)](http://www.enernoc.com), которая консолидирует потребителей, готовых на основе квартальных платежей снижать потребление энергии при наличии упреждающего

(за 30 мин.) уведомления о необходимости сделать это. EnerNOC занимается микроуправлением потреблением электроэнергии в более чем 3400 населенных пунктах, начиная от штата Мэн и кончая Калифорнией. Регулируя термостаты, снижая яркость освещения и приостанавливая промышленные установки, компания экономит энергию, сравнимую с большой атомной электростанцией. Сбережения оказываются значительными. По информации EnerNOC, 10 % энергопроизводящих мощностей США существуют для удовлетворения последнего одного процента максимального спроса. Энергопроизводящие компании заплатили компании EnerNOC более 100 миллионов долларов, чтобы быть гарантированно готовыми к периодам максимального потребления.

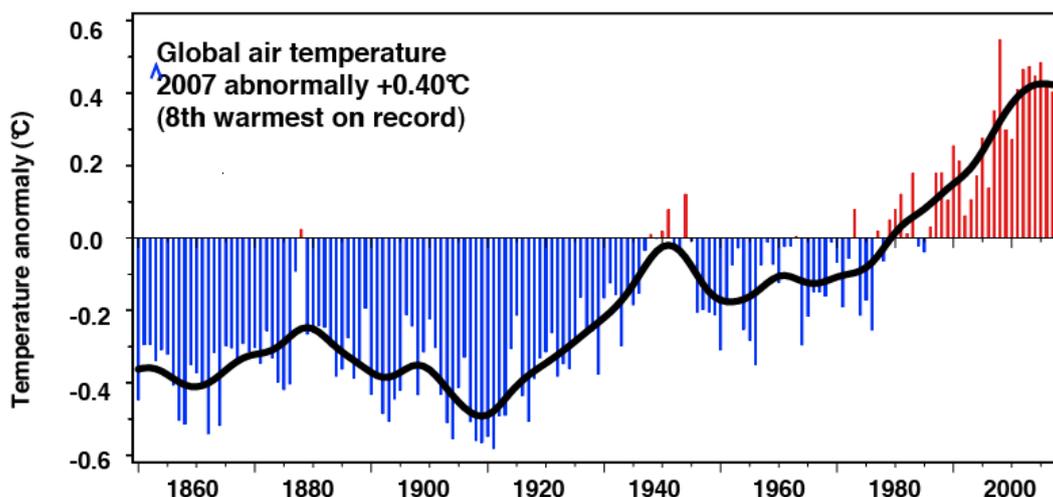
7. Организация удобных условий экономии потребности в энергии и ее консервации.

Интеллектуальные сети электроснабжения опираются на счетчики электроэнергии, позволяющие домохозяйствам управлять их энергопотреблением в реальном времени. Администрация Обамы планирует охватить такой технологией 40 миллионов домов в течение 3 лет. Проблема, однако, состоит в необходимости заинтересованного поведения потребителей. Предполагается что пользователи поделятся на три основных группы. Первая группа – среднестатистические пользователи - просто заменит счетчики и сможет обеспечить некоторую минимальную экономию, проинформировав систему о параметрах дома и основных электроприборов и получив рекомендации о мерах по возможной экономии. Специальные дополнительные возможности по экономии энергии на периоды отъезда также будут предусмотрены. Вторая группа – энергетические доноры - объединит пользователей, которые располагают дополнительной индивидуальной электрогенерацией, например, солнечными батареями на крыше или подключаемым к сети в гараже гибридным автомобилем. Доноры смогут воспользоваться выгодами возвращения энергии в сеть. Такие выгоды будут заметно возрастать в периоды пиковых нагрузок, и для части доноров может оказаться привлекательным заработать на таких сервисах. Третья группа – продвинутые пользователи (*Electricity Geek*) - сможет реализовать большое количество новых идей и проектов, связанных с дополнительным локальным производством и накоплением электроэнергии, и для этих пользователей будут открыты новые возможности использования электроэнергии через посредство сетевых ресурсов интеллектуальной сети энергоснабжения.

II. Опыт энергосбережения в Германии

Германский опыт заслуживает специального внимания хотя бы в силу того, что Германия в течение последних 18 лет реализует одну из самых комплексных и долгосрочных программ энергосбережения. При этом для немецкой программы характерна фундаментальность подхода к энергосбережению, опирающаяся на

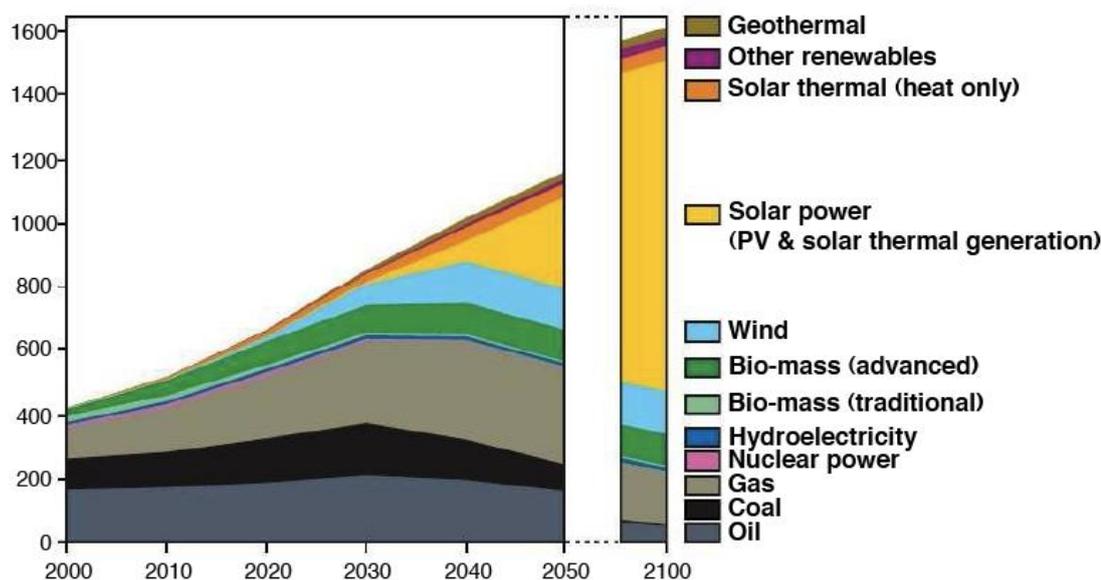
многолетнюю статистику глобального потепления, с одной стороны (см. рис.2),



Источник: [2]

Рис.2.

и, с другой стороны, на имеющиеся глобальные прогнозные расчеты поэтапного замещения невозобновляемых источников энергии на возобновляемые на период до 2050 и 2100 гг. (см.рис.3).



Источник: [2]

Рис.3. Прогноз замещения невозобновляемых источников энергии возобновляемыми

На текущем этапе германская программа соответствует Европейской энергетической политике в части достижения целевых показателей 2020 года, в том числе предусматривает решение задачи увеличения доли возобновляемых источников энергии на 20 % (включая долю 10 % от биотоплива) с соответствующим 20%-ным сокращением потребления ископаемого топлива. При этом цели европолитики включают в себя одновременно сохранение климата, обеспечение надежного энергоснабжения, учет конечности невозобновляемых источников энергии, роста стоимости энергоресурсов и необходимость ослабления зависимости от импорта энергоресурсов. Для Германии

характерна существенная зависимость от импорта энергии – в целом импорт составляет 74,5 %, в том числе 66 % угля, 84 % газа, 94 % нефти и 100 % урана, поэтому продвижение двух приоритетов – возобновляемых энергоресурсов и энергоэффективности является стержнем немецкой энергетической политики.

В части энергоэффективности эта политика реализуется через тщательно спроектированную совокупность из почти 70 отдельных мероприятий – отраслевых и межотраслевых. Они включают в себя законодательную базу; программы финансовой поддержки; программы поддержки инноваций; добровольные соглашения; рыночные меры, в том числе налоговые льготы; информационную поддержку; консалтинг; систему маркировки энергопотребления.

Законодательная база энергоэффективности включает в себя Закон о маркировке энергопотребления, Акт о возобновляемых источниках энергии, Процедуры проведения тендеров, Акт об энергосохранении, Закон об экологических налогах, Акт об Экономии энергии и др.

Правительственные инструменты и программы, сфокусированные на росте энергоэффективности зданий, включают в себя:

- **регуляторные меры** (узаконенные требования к зданиям, обязательство реконструкции, ключевым инструментом является EnEV- [energieausweis](#), энергетический паспорт, представляющий собой фактически сертификат энергетической эффективности здания, обязательный с июля 2008 года; владельцы зданий должны предъявлять его при сдаче здания в аренду или лизинг или при его продаже);
- **финансовую поддержку** (кредиты, субсидии, налоговые льготы, ключевым инструментом является программа обновления здания);
- **продвижение и пропаганду** (обеспечение прозрачности рынка, реализация пилотных проектов, информационная поддержка, обеспечение квалификации экспертов).

Важной государственной мерой стало определение направлений экономии энергии.

Определено, что:

- освещение может дать экономию от 10 до 30 % энергии;
- производство тепла, нагрев помещений/кипячение воды, электромоторы, насосы могут дать до 20 % экономии каждый;
- вентиляция - до 18 %;
- системы охлаждения – до 15 %.

Правительством зафиксировано, что первичное энергопотребление за 18 лет наблюдения (с 1990 г. до 2008 г.) снижено с 8.7 гигаджоуля на каждую тысячу Евро ВВП до 6.2 гигаджоуля, что составляет 28.7 % экономии. Столь впечатляющие успехи достигнуты за счет систематической информационно-разъяснительной работы правительства и лидирующих политических партий с предпринимательством и населением. Информативность соответствующих сайтов правительства, в первую очередь, сайта министерства экономики и технологий [2], непрерывно нарастает, и Германия укрепляет свои лидирующие позиции в энергосбережении и природоохранении.

III. Старт энергосбережения в России

Анонсированные [3] в конце сентября 2009 года 6 отечественных программ энергосбережения* выглядят не менее впечатляюще, чем 7 программ США. При этом естественные опасения в части результативности этих программ менее всего связываются с конкретным составом программ и с содержанием каждой из них. Опасения в большей степени касаются механизмов реального финансирования и мотивирования

* В числе этих программ: 1) Программа «Считай, экономь и плати», 2) Программа «Новый Свет», 3) Программа «Энергоэффективный квартал», 4) Программа «Малая комплексная энергетика», 5) Программа «Инновационная энергетика», 6) Проект внедрения энергоэффективных технологий в государственных учреждениях.

исполнителей программ. В этом плане поучительным является как американский, так и германский опыт организации энергосбережения.

Разумеется, без публикации детального содержания программ пока трудно судить о перечне конкретных приложений ИТ к этим программам. Поэтому в дальнейшем изложении речь пойдет только о тех инвариантах, которые предстоит реализовать вне зависимости от конкретного наполнения перечисленных программ.

IV. Выводы

Приведенные примеры антикризисной Энергосберегающей программы США и накопленного Германией опыта реализации комплексной программы энергосбережения и развития альтернативных источников энергии позволяют сделать ряд выводов относительно роли ИТ в организации энергосбережения.

1. Американский и германский опыт свидетельствует, что любые инновации в сфере энергосбережения нуждаются в комплексном анализе и моделировании возможных последствий, в том числе, экологических. Опыт с размещением ветроэлектрических генераторов в Альтомонте в 70-е годы, сопровождающийся гибелью птиц и в настоящее время, делает очевидной необходимость более тщательного управления требованиями к энергосберегающим проектам на самых ранних стадиях проектирования. Определенный скепсис также накоплен во многих странах в вопросах производства и использования биотоплива. В этом плане использование современных средств систематизации и автоматизации управления требованиями, таких как пакет Rational DOORS, входивший ранее в состав семейства продуктов Telelogics [4], позволит избежать подобных ошибок еще на стадии прототипирования. Автоматизация управления требованиями решает актуальные задачи сохранения целостности замысла сложных систем и проектов на всех стадиях жизненного цикла системного замысла, от стадии первичной декомпозиции цели на задачи, требующие решения, через стадии технического задания, прототипирования, пилотной реализации, тестирования до стадии массового внедрения. Проекты энергосбережения по своей природе и реализации связаны с изменением культуры и поведения сотен миллионов потребителей энергии, из которых многим десяткам миллионов предстоит стать одновременно производителями альтернативной энергии. Без адаптивного управления требованиями подобные проекты рискуют оказаться разбалансированными и недостаточно эффективными уже по истечении нескольких кварталов после их старта. В некотором смысле масштабные проекты по энергосбережению близки к проектам по развитию свободного программного обеспечения (СПО), поскольку и в тех, и в других существенная составляющая успеха проекта базируется на добровольном и хорошо информационно поддержанном коллективном развитии индивидуумов, зачастую дистанционно удаленных друг от друга.
2. Растущая роль потребителей электроэнергии в энергосбережении с очевидностью ставит задачу наращивания социальной активности населения на всех этапах осуществления энергосберегающих проектов. При этом разработанные и уже нашедшие экспериментальное применение информационно-технологические проекты социальных сетей должны позволить решить целый ряд практических задач коллективной активности потребителей, в том числе:
 - задачу эффективного формирования групп и клубов по интересам, позволяющих консолидировать участников для участия в имеющихся правительственных инициативах и конкурсах энергосбережения;

- задачу целевого информирования и сетевого (преимущественно горизонтального) обмена опытом и информацией, тренинга и дополнительного образования;

- задачу оперативного формирования общественного мнения участников программ и проектов методами сетевых опросов.

При этом в качестве главной нагрузки на социальные сети в России в ближайшие годы, по-видимому, будет задача освоения всем обществом энергосберегающего опыта, накопленного в странах–прогрессорах энергоэффективности за последние два десятилетия – тот период, когда проблема энергоэффективности по различным объективным и субъективным причинам не находилась в фокусе государственных и общественных интересов нашей страны.

3. Рассмотренный опыт зарубежного энергосбережения свидетельствует о первоочередности формирования хорошо развитых государственных информационных ресурсов по энергосбережению. Здесь можно обратиться и к опыту информационного обеспечения проектов СПО, существующему не первый десяток лет. Этот опыт говорит о том, что информация для сообщества должна быть всегда актуализированной и максимально подробной. Уместно привести здесь в качестве аргумента известный результат из теории игр с непротиворечивыми интересами И.Б. Гермейера: в том случае когда интересы игроков не совпадают, но не противоположны, обмен информацией между ними увеличивает совокупный выигрыш. В этом смысле, чем более подробно будут описаны системообразующие компоненты проектов энергосбережения и чем более детальными статистическими и прогнозными сведениями будут насыщены соответствующие порталы, тем реальнее будет достижение целей силами индивидуальных участников проектов, малых и больших социальных групп.
4. Зарубежный опыт и опубликованный перечень отечественных программ энергосбережения свидетельствуют о том, что центральной точкой приложения информационных технологий станет формирование современной, адаптивно меняющейся инфраструктуры информационно-технологического обеспечения энергетических сетей, направленной на оптимизацию всех стадий и функций управления взаимосвязанными процессами генерации, потребления и консервации электрической энергии на всех уровнях масштабирования, начиная от долгосрочного планирования и кончая автоматическим мониторингом и диспетчированием в реальном времени.

Заключение

В настоящее время вследствие экономического кризиса и во многом благодаря усилиям исполнительной власти на федеральном уровне в стране созданы предпосылки для успешной реализации энергосберегающих инициатив. В этих условиях можно рекомендовать обратить первоочередное внимание на использование ИТ в следующих специфических областях:

- Обеспечение систематического достоверного учета и публичного контроля экономии энергии относительно базовой учетной календарной даты на всех уровнях учета, начиная от домохозяйства и малого предприятия, муниципального образования, и кончая уровнем крупных корпораций, отраслей, мегаполисов, регионов и страны в целом;
- Автоматизация систем управления требованиями и управления проектами в сфере энергосбережения, позволяющая модифицировать требования и ход

- реализации проектов в зависимости от ускоряющегося потока инноваций в этой сфере;
- Создание виртуальных социальных сетей, ориентированных на современные методы сетевого маркетинга, индивидуальных и групповых сетевых коммуникаций, способствующих активизации населения, представителей малого инновационного предпринимательства, студентов и молодежи в генерации и реализации новых энергосберегающих инициатив и проектов;
 - Модификация информационно-технологического обеспечения электроэнергетических сетей, нацеленная на достижение экономии энергии методами непрерывного сопоставительного мониторинга прогнозируемых и фактических уровней предложения и потребности электроэнергии, а также прогнозируемого и фактического уровней загруженности энергопроводящих путей

Литература:

1. *Brendan I. Koerner. Power to the People: 7 Ways to Fix the Grid, Now.* URL: http://www.wired.com/science/discoveries/magazine/17-04/gp_intro (дата обращения 12.10.2009).
2. *Сайт Федерального министерства экономики и технологий Германии.* URL: <http://www.bmwi.de/English/Navigation/ministry.html> (дата обращения 12.10.2009).
3. *А. Дворкович. Комментарий по итогам совместного заседания Комиссии по модернизации и технологическому развитию экономики и Президиума Совета по науке, технологиям и образованию.* URL: http://news.kremlin.ru/ref_notes/330 (дата обращения 12.10.2009).
4. *Rational DOORS в России и странах СНГ.* URL: <http://www-142.ibm.com/software/products/ru/ru/ratidoor> (дата обращения 12.10.2009).

