

Кобец Борис Борисович – к.т.н., научный руководитель  
Центра энергоэффективности ЕЭС  
Волкова Ирина Олеговна – д.э.н., зам.директора  
Института проблем ценообразования  
и регулирования естественных монополий  
Государственного университета – Высшей школы экономики  
Окороков Василий Романович – д.э.н., профессор,  
Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

## **SMART GRID ЗА РУБЕЖОМ КАК КОНЦЕПЦИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

В последнее время в России наблюдается возрастающий интерес к интенсивно развивающемуся в последнее десятилетие во всем мире направлению научно-технологического инновационного преобразования электроэнергетики на базе новой концепции, получившей за рубежом ставшее уже практически общепринятым название Smart Grid, интерпретированное в различных переводах, в основном, как – «интеллектуальная (умная) сеть (энергосистема). Основными идеологами разработки такой концепции выступили США и страны Европейского Союза (ЕС), принявшие ее как основу своей национальной политики энергетического и инновационного развития. В последующем концепция Smart Grid получила признание и развитие практически во всех крупных индустриально развитых и динамично развивающихся странах, где развернут широкий спектр деятельности в этом направлении. Как отмечалось нами, наиболее масштабные программы и проекты разработаны и реализуются в США и странах Евросоюза, Канаде, Австралии, Китае и Корее: так, например, в США такая программа имеет статус национальной и осуществляется при прямой поддержке политического руководства страны, а в странах Европейского Союза для координации работ и выработки единой стратегии развития электроэнергетики в 2004 году создана технологическая платформа Smart Grids – «Европейская энергетическая система будущего», конечной целью которой является разработка и реализация программы развития Европейской энергетической системы до 2020 года и далее [1].

В то же время, однозначная и общепринятая интерпретация термина и даже однозначное понятие Smart Grid пока еще не выработано. В различных публикациях Smart Grid трактуется несколько по-разному, отражая, в первую очередь, взгляды и позиции основных заинтересованных и участвующих в развитии этого направления сторон в соответствии с их интересами. Так государственные структуры в большинстве стран рассматривают Smart Grid как идеологию национальных программ развития электроэнергетики, производители оборудования и технологий – как перспективную «нишу»

развития бизнеса, энергетические компании – как базу обеспечения их устойчивого развития, основанного на инновациях и т.д.

Принимая во внимание темпы и масштабы развития технологий Smart Grid за рубежом и объемы задействованных ресурсов, вполне очевидно, что Россия не может быть не вовлечена в этот процесс, хотя бы потому, что, как показано далее, в обозримом будущем на российском технологическом рынке будут представлены принципиально новые технологии и оборудование. Внедрение новых технических решений, заменяющих внедряемые в настоящее время технологии, может вызвать существенные проблемы, обусловленные совместимостью нового и применяемого оборудования и технологий, затратами на обслуживание и эксплуатацию и т.д. Об этом также свидетельствует все более возрастающая активность крупных компаний-производителей оборудования и технологий в нашей стране, направленная на создание в России соответствующего сегмента технологического рынка

В то же время, наметившееся в стране в последнее время обсуждение этого вопроса, на наш взгляд, преимущественно фокусируется на технических и технологических аспектах концепции и уже предлагаемых под этим «флагом» решениях. Нисколько не умаляя их прогрессивности, инновационности, достоинств и ожидаемых преимуществ, более того, полностью поддерживая инициативы всех сторон в этом направлении, хотелось бы обратить внимание на то, что, как показывает проведенный нами анализ, Smart Grid рассматривается за рубежом, прежде всего, как концепция инновационного преобразования электроэнергетики на основе целостной системы видения ее роли и места в современном и будущем обществе, определяющем требования к ней, подходов к обеспечению этих требований, принципов и способов осуществления и необходимого технологического базиса для реализации, в которой новым технологиям и устройствам отводится роль одного из основных способов и инструментов его осуществления. Именно цели и задачи рассматриваемых преобразований определяют, как показано далее, собственно назначение и конкретные функции, а также характеристики развиваемых технологий.

Один из главных, на наш взгляд, выводов проведенного нами анализа многочисленных опубликованных материалов по этому вопросу, состоит в том, что за рубежом Smart Grid прежде всего – это концепция инновационного преобразования электроэнергетики в целом, а не отдельных ее функциональных или технологических сегментов, поскольку именно пересмотр ряда существующих базовых принципов, целей и задач развития электроэнергетики и вытекающие из этого масштабы и характер задач, а также прогнозируемые социальные, экономические, научно-технические, экологические и другие эффекты от их реализации обуславливают то значительное внимание, которое уделяется в мире этому направлению.

Прежде всего, следует отметить, что концепция Smart Grid базируется на достаточно глубоком анализе тенденций развития общества, оценке современных и прогнозируемых вызовов и угроз, формирующихся и ожидаемых запросов, мотивации и характера поведения как потребителей, так и других заинтересованных сторон, обусловленных в т.ч. направлениями общего социально-экономического, технического и технологического развития, оказывающими влияние на формируемыми ими требования к энергетике.

В основу концепции положена разработанная целостная и всесторонне согласованная в обществе система взглядов (видения) на роль и место электроэнергетики в современном и будущем, целей и требований к ее развитию, подходов к их осуществлению, принципов и способов реализации и создания необходимого технологического базиса. Наиболее отчетливо и полно это сформулировано в основополагающих материалах, представленных государственными структурами ЕС и США [2-8].

Исходя из этого, представляется достаточно важным выявление и понимание основных положений развиваемой за рубежом концепции, начиная от причин ее возникновения и идентификации проблем, принятых подходов к их решению до выработанных принципов, методов и механизмов реализации. Задача проведенного нами анализа состояла в попытке выявления, систематизации и обобщения этих ключевых положений концепции Smart Grid с целью выработки общих рекомендаций по возможным подходам к развитию ее в России.

Причины возникновения новой концепции связаны, в первую очередь, с тем, что последние десятилетия прогнозируемое развитие во всем мире характеризуется возникновением целого ряда факторов, определяющих необходимость кардинальных преобразований в электроэнергетике:

***Факторы технологического прогресса:***

- общая тенденция к повышению уровня автоматизации процессов;
- появление и развитие новых технологий, устройств и материалов, в том числе и в других отраслях, потенциально применимых в сфере электроэнергетического производства, и, в первую очередь, нарастающие темпы и масштабы развития компьютерных и информационных технологий;
- интенсивный рост количества малых генерирующих (в первую очередь, возобновляемых) источников энергии в мире;

***Факторы роста требований потребителей:***

- повышение требований к набору и качеству услуг;
- ожидание снижения ценовых параметров услуг отрасли;
- требования к информационной прозрачности системы взаимоотношений;

***Факторы снижения надежности:***

- нарастающий уровень износа оборудования;
- необходимость массовых инвестиций в реновацию основных фондов;
- снижение общего уровня надежности энергоснабжения;
- высокий уровень потерь при преобразовании, передаче и распределении энергии;

***Факторы изменения рынка:***

- изменение внутренних условий функционирования электроэнергетических рынков;
- экономическая нестабильность;
- реформирование организации функционирования электроэнергетики в большинстве стран;
- развитие рынка квот на экологически опасные выбросы;

***Факторы повышения требований в сфере энергоэффективности и экологической безопасности:***

- необходимость снижения воздействия на окружающую среду;
- необходимость увеличения энергоэффективности и снижения общего уровня потребления в силу прогнозируемых ресурсных и экологических ограничений.

Исходя из этого, за рубежом был проведен глубокий анализ возможных путей развития электроэнергетики, результаты которого показали наличие серьезных ограничений возможностей развития отрасли, в рамках прежней экстенсивной концепции, основанной преимущественно на улучшении отдельных видов оборудования и технологий, обладающих даже более совершенными по сравнению с достигнутыми на сегодня функциями и характеристиками.

В качестве наиболее значимых факторов рассматривались:

- ограниченность возможности дальнейшего наращивания, как объемов, так и повышения эффективности генерирующих мощностей, в т.ч. и в силу исчерпаемости в долгосрочной перспективе не возобновляемых видов топлива, а также и появления существенных экологических ограничений, сдерживание развития сетевой инфраструктуры, в первую очередь, в районах с высокой плотностью населения, все более возрастающими техногенными и инфраструктурными рисками развития;
- низкий потенциал повышения эффективности использования ресурсов: существующая технологическая база энергетики практически исчерпала возможности повышения производительности оборудования;
- ограниченность инвестиционных ресурсов для строительства новых энергетических объектов и развития сетевой инфраструктуры.

Результаты исследований за рубежом показали, что учет всех факторов развития электроэнергетики в будущем требует изменения принципов и механизмов ее

функционирования, способных обеспечить общественное развитие, прорывное повышение потребительских свойств и эффективности использования энергии. Это решение потребовало разработки новой концепции инновационного развития электроэнергетики, которая, с одной стороны, соответствовала бы современным взглядам, целям и ценностям социального и общественного развития, формирующимися и ожидаемыми потребностями людей и общества в целом, а, с другой, максимально учитывала основные тенденции и направления научно-технического прогресса во всех отраслях, сферах жизни и деятельности общества. Такой концепцией и стала Smart Grid.

Следует отметить, что публично представленные на сегодня разработанные подходы и варианты концепции не воспринимаются как нечто законченное и нормативно зафиксированное - их развитие, конкретизация и апробация ставится за рубежом как одна из основных задач.

В рамках развиваемой концепции нашли отражение и интегрированы большинство современных и развиваемых как самостоятельные научно-технических, методологических, управленческих и технологических направлений. Этот факт обуславливает, с одной стороны, как масштабность и сложность проблемы, так и позиционирование ее, в первую очередь, как системной задачи, включая необходимость разработки и применения новых методов планирования, организации и менеджмента такого рода работ; что само по себе может представлять интерес при разработке подобных национальных стратегий, программ и проектов. Исходя из этого, становится вполне объяснимой взятая на себя в США и ЕС, ведущая идеологическая, концептуальная, ресурсная и организационная роль государства в развитии этого направления .

Проведенный нами анализ позволил сформулировать следующие исходные положения, принятые при разработке и развитию концепции Smart Grid за рубежом:

1. Концепция Smart Grid предполагает системное преобразование электроэнергетики (энергосистемы) и затрагивает все ее основные элементы: генерацию, передачу и распределение (включая и коммунальную сферу), сбыт и диспетчеризацию;
2. Энергетическая система рассматривается в будущем как подобная сети Интернет инфраструктура, предназначенная для поддержки энергетических, информационных, экономических и финансовых взаимоотношений между всеми субъектами энергетического рынка и другими заинтересованными сторонами;
3. Развитие электроэнергетики должно быть направлено на развитие существующих и создание новых функциональных свойств энергосистемы и ее элементов, обеспечивающих в наибольшей степени достижение ключевых ценностей новой электроэнергетики, выработанных в результате совместного видения всеми заинтересованными сторонами целей и путей ее развития;

4. Электрическая сеть (все ее элементы) рассматривается как основной объект формирования нового технологического базиса, дающего возможность существенного улучшения достигнутых и создания новых функциональных свойств энергосистемы;
5. Разработка концепции комплексно охватывает все основные направления развития: от исследований до практического применения и тиражирования и должна вестись на научном, нормативно-правовом, технологическом, техническом, организационном, управленческом и информационном уровнях.
6. Реализация концепции носит инновационный характер и дает толчок к переходу к новому технологическому укладу в электроэнергетике и в экономике в целом.

Методология разработки концепции Smart Grid основана на принципах стратегического управления, базовым элементом которого является разработка стратегического видения, представляющего собой систему взглядов на состояние объекта в будущем. Формирование стратегического видения, как правило, осуществляется исходя из требований и интересов широкого круга заинтересованных сторон в развитии экономических систем (компаний, отраслей, государств и т.д.), и создает согласованную базу для выбора направлений этого развития, определения конкретных целей и задач с последующей разработкой стратегии их достижения и решения.

Данный подход направлен на обеспечение устойчивого развития отрасли, при котором преобразования в ней в первую очередь должны рассматриваться с позиций создания выгод для заинтересованных сторон, что позволяет обеспечить их поддержку и большую вовлеченность в реализацию преобразований, позволяя достигать компромисса между их разнонаправленными интересами. Ключевая роль среди заинтересованных сторон в этом случае принадлежит потребителю, обеспечивающему в конечном счете, оплачиваемый им спрос на продукцию и услуги электроэнергетики. Требования других заинтересованных сторон преимущественно достигаются за счет создания ценности для потребителя, которую формирует не собственно продукт или услуга, а полезный эффект, получаемый от их применения.

Такой клиентоориентированный подход позволяет обеспечить снижение рисков неадекватного выбора целей и стратегий при осуществлении инновационных преобразований, повысить степень доверия заинтересованных сторон. Под клиенториентированностью здесь понимается инструмент обеспечения устойчивости предприятий отрасли в долгосрочной перспективе, основанный на выявлении требований и создании ценности для конечного потребителя. Развитие и реализация такого клиентоориентированного подхода представляется особенно актуальной в складывающихся на сегодняшний день в отечественной электроэнергетике условиях, когда крупные

промышленные потребители являются одновременно собственниками ряда ее предприятий, принимающими решения, связанные с их перспективным развитием.

Таким образом, начальной точкой разработки концепции Smart Grid в большинстве индустриально развитых стран стало формирование четкого стратегического видения целей и задач развития электроэнергетики, отвечающей будущим требованиям общества и всех заинтересованных сторон: государства, науки, экономики, бизнеса, потребителей и других институтов. Разработка стратегического видения исходила из следующего базового положения: «Осуществить прорыв в энергетической системе (энергетике) посредством интеграции технологий 21 века, чтобы достичь плавного перехода на новые технологии в генерации, передаче и потреблении электрической энергии, которые обеспечат выгоды для государства и общества в целом» [2].

В основу его реализации были положены следующие принципиальные позиции:

1. Энергетика является инфраструктурной базой развития экономики, в котором заинтересованы все институты: государство, бизнес, наука, население и др. Товары и услуги, производимые в отрасли, имеют высокий уровень общественной значимости и практически не имеют заменителей.

2. Оптимизация качества и эффективности использования всех видов ресурсов (топливных, технических, управленческих, информационных и др.) и энергетических активов.

3. В современном и будущем обществе энергия рассматривается как источник (инструмент или средство), обеспечивающий получение человеком и обществом определенных потребительских ценностей: жизненных благ, уровня комфорта и т.п.

4. Определяя для себя с учетом своих возможностей такой набор, уровень и характеристики этих ценностей, потребитель(покупатель) не должен получать ограничения со стороны энергетики, выбирая, где ему жить, какими приборами и услугами пользоваться, осуществлять свою деятельность и т.п.

5. Удовлетворение потребности в электрической энергии общества 21-го века должно осуществляться при одновременном существенном снижении давления на экологию планеты.

Исходя из этого, концепция Smart Grid, представляет собой совокупность принципов, ключевых ценностей и характеристик энергетической системы будущего и основных элементов базиса для их реализации (рис.1).

В рамках развиваемой концепции Smart Grid разнообразие требований всех заинтересованных сторон (государства, потребителей, регуляторов, энергетических компаний, компаний, сбытовых и коммунальных организаций, собственников,

производителей оборудования и др.) сведено к группе так называемых **ключевых требований (ценностей)** новой электроэнергетики, сформулированных как:



Рис.1. Структура концепции Smart Grid

**доступность** – обеспечение потребителей энергией без ограничений в зависимости от того, когда и где она им необходима, и в зависимости от оплачиваемого качества;

**надежность** – возможность противостояния физическим и информационным негативным воздействиям без тотальных отключений или высоких затрат на восстановительные работы, максимально быстрое восстановление (самовосстановление);

**экономичность** – оптимизация тарифов на электрическую энергию для потребителей и снижение общесистемных затрат;

**эффективность** – максимизация эффективности использования всех видов ресурсов и технологий при производстве, передаче, распределении и потреблении электроэнергии;

**органичность взаимодействия с окружающей средой** - максимально возможное снижение негативных экологических воздействий

**безопасность** – не допущение ситуаций в электроэнергетике, опасных для людей и окружающей среды.



Принципиально новым здесь является то, что все выдвинутые ключевые требования (ценности) предполагается рассматривать как равноправные, и степень их приоритетности, уровня и соотношения не являются общими, нормативно зафиксированными для всех, а могут определяться и осуществляться для каждого рассматриваемого субъекта энергетических отношений (энергокомпания, регион, город, домохозяйство и т.п.) по существу индивидуально.

В такой постановке задача развития энергетики из преимущественно балансовой трансформируется в задачу создания, развития и предоставления потребителю и обществу в целом, своего рода, «меню» энергетических **возможностей**.

Реализация вышеизложенных ключевых требований (ценностей) в концепции Smart Grid основывается на следующих базовых **подходах**:

**1. Ориентация на требования заинтересованных сторон и клиентоориентированность.** Выработка и принятие решений по развитию и функционированию электроэнергетики осуществляется, как уже отмечалось, на основе баланса требований всех заинтересованных сторон с учетом ожидаемых ими выгод и затрат, где потребителю отведена ключевая роль активного участника и субъекта принятия решений путем самостоятельного формирования своих требований к объему получаемой энергии, качеству и характеру ее потребительских свойств и энергетических услуг.

Таким образом, концепция Smart Grid предполагает переход к активному потребителю – по сути потребитель становится, с одной стороны, активным субъектом выработки и принятия решений по развитию и функционированию энергосистемы, а с другой- объектом управления ,обеспечивающим наряду с другими реализацию ключевых требований

**2. Возрастание роли управления** как основного фактора развития и способа обеспечения формируемых требований (ценностей) с соответствующим повышением управляемости как отдельных элементов, так и энергосистемы в целом.

Возрастание роли управления рассматривается как альтернатива обеспечению требований и функций к электроэнергетике за счет наращивания мощностей и связей (сетей) и развития не столько через улучшение их традиционных физических, энергетических и технологических характеристик, сколько путем широкой (глубокой) адаптации, использования и внедрения в энергетике решений и инноваций в других отраслях и сегментах, и, в первую очередь, информационно-коммуникационных и компьютерных технологиях.

Следует не отметить, что именно такой подход был положен в свое время в отечественной энергетике в основу решения проблемы повышения надежности

(устойчивости) Единой энергетической системы и создания, уникальных до настоящего времени систем противоаварийного управления.

**3. Информация** выступает как главное средство осуществления эффективного управления. При этом представляется принципиально важным подчеркнуть, что управленческие и информационные связи при этом превращаются в системообразующий фактор, обеспечивающий переход к новому качеству: от энергетической к энергоинформационной системе.

Реализация ключевых требования (ценностей) на основе рассмотренных базовых подходов, по мнению идеологов концепции Smart Grid, могут быть обеспечены как путем развития традиционных, так и создания новых функциональных свойств или принципиальных характеристик энергосистемы и ее элементов. В рамках концепции Smart Grid для достижения ключевых требований (ценностей) предполагается развитие следующих функциональных характеристик

**1. Самовосстановление при аварийных возмущениях:** энергосистема и ее элементы должны постоянно поддерживают свое техническое состояние на требуемом уровне путем идентификации, анализа и перехода от управления по факту возмущения к предупреждению аварийного повреждения.

Самовосстанавливающаяся энергосистема должна максимально возможно минимизировать сбои (возмущения) с помощью разветвленных систем сбора данных, и «умных» устройств (digital devices) - реализующих специальные методы и алгоритмы поддержки и принятия решений, основанные, в первую очередь, на распределенных принципах управления.

**2. Мотивация активного поведения конечного потребителя:** обеспечение возможности самостоятельного изменения потребителями объема и потребительских характеристик (уровня надежности, качества и т.п.) получаемой энергии на основании баланса своих потребностей и возможностей энергосистемы с использованием информации о характеристиках цен, объемов, надежности, качестве и др.

Посредством онлайн-приложений, предоставляемых коммунальными службами, потребитель может следить за своим потреблением электроэнергии и регулировать его, основываясь на цене, которая может возрасти во время пиковых нагрузок. Программы управления потреблением будут обеспечивать потребителям возможность управления своими затратами на электроэнергию. Возможность снизить или поднять пиковое потребление также позволит коммунальным службам минимизировать капиталовложения и эксплуатационные расходы, что одновременно снизит нагрузку на окружающую среду, снизив потери в линиях и уменьшив использование неэффективных пиковых электростанций.

**3. Сопротивление негативным влияниям:** наличие специальных методов обеспечения устойчивости и живучести, снижающих физическую и информационную уязвимость всех составляющих энергосистемы и способствующих как предотвращению, так и быстрому восстановлению ее после аварий в соответствии с требованиями энергетической безопасности.

С точки зрения безопасности энергосистема на базе концепции Smart Grid должна будет давать гибкий и адекватный ответ на любые несанкционированные вмешательства извне, особенно на целевые, хорошо оснащенные и скоординированные атаки. Алгоритмы системы защиты Smart Grid будут содержать элементы сдерживания, предотвращения, обнаружения, ответа и смягчения для минимизации последствий нападения на сеть и ее влияния на экономику в целом. Такая малая восприимчивость и гибкость сети, сделают её трудной мишенью для террористов.

**4. Обеспечение надежности и качества электроэнергии** путем перехода от системно-ориентированного подхода (System-based approach) к обеспечению этих свойств к клиентоориентированному (Customer-based), и поддержанию различных уровней надежности и качества энергии в различных ценовых сегментах.

**5. Многообразие типов электростанций и систем аккумулирования электроэнергии (распределенная генерация):** оптимальная интеграция электростанций и систем аккумулирования электроэнергии различных типов и мощностей путем подключения их к энергосистеме по стандартизованным процедурам технического присоединения и переход к созданию «микроэнергосистем» (Microgrid) на стороне конечных пользователей.

Усовершенствованные стандарты технического присоединения позволят подключать к системе электрогенерирующие источники на любом уровне напряжения, что станет дополнительным стимулом для развития распределенных источников энергии.

Для потребителей, принимающих решения в отношении использования услуг энергоснабжающих организаций, и руководствующихся критерием эффективности и полезности должны быть созданы все условия для создания собственных генерирующих и аккумулирующих мощностей, в первую очередь, экологически-чистых источников энергии, такие как ветровые, био- и солнечные электростанции, которые рассматриваются как ключевые в развитии энергетики будущего.

**6. Расширение рынков мощности и энергии до конечного потребителя:** открытый доступ на рынки электроэнергии активного потребителя и распределенной генерации, способствующий повышению результативности и эффективности розничного рынка.

Энергосистема на базе концепции Smart Grid предоставит большие возможности по выходу на рынок, как потребителей, так и производителей за счет увеличения пропускной способности магистральных сетей, проведения инициатив по коллективному управлению

потреблением, расположению распределенных источников энергии в распределительных сетях, ближе к потребителям. При этом, изменение статуса потребителя как участника рыночных отношений, обусловленное возможностью создания им собственных источников энергоснабжения, направлено на развитие в электроэнергетике конкурентной среды, стимулирование предприятий отрасли к изменению подходов и бизнес-моделей, длительное время применяемых ими, но не достаточно эффективных в современных условиях.

6. **Оптимизация управления активами:** переход к удаленному мониторингу производственных активов в режиме реального времени, интегрированному в корпоративные системы управления, для повышения эффективности оптимизации режимов работы и совершенствования процессов эксплуатации, ремонтов и замены оборудования по его состоянию, и, как следствие, обеспечение снижения общесистемных затрат

Ожидается, что именно развитие и осуществление этих функциональных свойств позволит существенно повысить эффективность электроэнергетики и обеспечить ожидаемые выгоды для всех заинтересованных сторон. Так по оценкам, проведенным в США, укрупнено основные эффекты оцениваются следующим образом (табл.1):

Таблица 1

**Оценка эффектов от реализации функциональных свойств  
Smart Grid**

<b>Энергосистема сегодня</b>	<b>Источник эффекта</b>	<b>Энергосистема на базе концепции Smart Grid</b>
Менее 13%	<b>Доля используемых возобновляемых источников энергии</b>	Более 30%
Менее 1%	<b>Уровень использования генерации потребителей</b>	Более 10%
50%	<b>Уровень использования активов магистральных сетей</b>	80%
30%	<b>Уровень использования активов распределительных сетей</b>	80%
47%	<b>Уровень участия потребителя</b>	90%

По оценкам, приведенным The National Energy Technology Laboratory (USA), реализация концепции позволит получить широкий спектр эффектов в области надежности и безопасности функционирования сетей, качества электроэнергии, эффективности и улучшения окружающей среды [2]. Развитие энергетики на базе концепции Smart Grid, подобно инвестициям в повышение качества жизни, согласно данным EPRI, является

существенно эффективным: соотношение затраты-выгоды оценивается как 4 к 1 [7]. При этом отмечается что это достаточно консервативная оценка, и при учете всех факторов, включая национальную и экономическую безопасность страны, это соотношение может еще более возрасти.

Принципиально важно отметить, что эти эффекты рассматриваются как результаты комплексной реализации охарактеризованных выше функциональных свойств и зависят от степени и уровня развития каждого из них в отдельности.

Реализация выдвинутых ключевых требований (ценностей) и осуществление функциональных свойств (принципиальных характеристик) рассматриваются в рамках концепции Smart Grid с позиций идентификации обеспечивающих их ключевых (базовых) технологических областей и технологий или технологического базиса, требующих соответствующего инновационного развития. Под технологическим базисом здесь понимается совокупность технологий, позволяющих обеспечивать согласованную структуру промежуточных и конечных продуктов и услуг на определенном этапе развития отрасли.

В концепции Smart Grid при формировании технологического базиса были использованы следующие положения

- отдельные компоненты, технологии и устройства рассматриваются как комплекс (система) взаимодействующих элементов, обеспечивающих требуемые (в рассмотренном выше контексте) функциональные свойства, выбор, характер и объем которых, в свою очередь определяется пользователем.
- принимая во внимание новизну выдвигаемых положений, факторов и условий и вполне осознаваемую неопределенность результатов, в рамках концепции Smart Grid рассматривается как необходимый вопрос обеспечения технологической преемственности перехода от существующей технологической базы энергетики к новой с минимально возможными издержками (что для России вдвойне актуально, учитывая крайне важную проблему ускоренного сокращения и преодоления растущего технологического разрыва с ведущими индустриальными странами).

В США и Европейском Союзе решение этих проблем предполагается путем создания некоего нормативного поля (пространства), формируемого в виде широкой системы стандартов требований к функциям, элементам, устройствам, системе взаимодействий и т.д. (так, например, в США планируется разработка более 100 видов стандартов), в рамках которых разработчикам и производителям предоставлено право и возможность создания предложения, а пользователям (энергетическим компаниям и потребителям) – формирование «своей» Smart Grid, как они это для себя видят (принцип или эффект пазла).

С целью создания нового, инновационного технологического базиса энергетики были сформированы пять групп ключевых технологических областей, обеспечивающих, прорывной характер:

- **измерительные приборы и устройства, включающие, в первую очередь, smart** счетчики и smart-датчики;

- **усовершенствованные методы управления: распределенные интеллектуальные системы управления и аналитические** инструменты для поддержки коммуникаций на уровне объектов энергосистемы, работающие в режиме реального времени позволяющие реализовать новые алгоритмы и методики управления энергосистемой, включая управление её активными элементами

- **усовершенствованные технологии и компоненты электрической сети:** гибкие передачи переменного тока FACTS, постоянный ток, сверхпроводящие кабели, полупроводниковая , силовая электроника, накопители и пр.

- **интегрированные интерфейсы и методы поддержки принятия решений,** управление спросом, распределенная система мониторинга и контроля (DMCS), распределенная система текущего контроля за генерацией (DGMS), автоматическая система измерения протекающих процессов (AMOS), и т.д., а также новые методы планирования и проектирования как развития, так и функционирования энергосистемы и ее элементов

- **интегрированные коммуникации,** которые позволяют элементам первых четырех групп обеспечивать взаимосвязь и взаимодействие друг с другом, что и представляет, по существу, Smart Grid как технологическую систему.

Реализация концепции Smart Grid на основе нового базиса должна обеспечить следующие основные принципиальные технологические изменения в электроэнергетике по сравнению с традиционной энергосистемой:

- переход от централизованных генерации и распределения к распределенным, с возможностью обеспечения управления генерацией и топологией сети в любой точке, включая и потребителя;

- переход от централизованного прогнозирования спроса к активному потребителю, который становится элементом и субъектом системы управления;

- переход от жесткого диспетчерского регулирования (управления) к другому уровню - координации работы всех субъектов сети;

- переход на Smart-технологии контроля, учета и диагностики активов, позволяющие обеспечить процесс самовосстановления и самолечения активов, а также обеспечивать их эффективное функционирование и эксплуатацию;

- создание высокопроизводительной информационно-вычислительной

инфраструктуры как основного элемента энергетической системы;

- создание предпосылок для широкого внедрения нового технологического оборудования, повышающего маневренность и управляемость, гибких связей, передач и вставок постоянного тока, накопителей энергии, сверхпроводимости и т.п.
- переход к распределенным интеллектуальным системам управления и аналитическим инструментам для поддержки выработки и реализации решений, работающих в режиме реального времени;
- создание операционных приложений нового поколения (SCADA/EMS/NMS-системы), позволяющих реализовать новые алгоритмы и методы управления энергосистемой, включая и ее новые активные элементы.

Анализ совокупности рассмотренных положений и принципов концепции Smart Grid показывает, что уровень поставленных вопросов и решаемых задач затрагивает различные сферы развития не только электроэнергетики, но и целого ряда других отраслей. Инновационные технологии, необходимые для реализации новой концепции, требуют организации проведения серьезных научных исследований и разработок не только в области энергетики, но и в областях, связанных с развитием информационных технологий, новых усовершенствованных материалов и компонентов и др. Тематика и объемы научных исследований и разработок, в которых задействованы как ведущие мировые научные центры, так и интеллектуальные ресурсы крупнейших корпораций является этому достаточно ярким подтверждением.

#### **Список источников:**

1. Кобец Б.Б., Волкова И.О. Smart Grid в электроэнергетике / Энергетическая политика. - №6 – 2009. – с.54-56.
2. The National Energy Technology Laboratory: «A vision for the Modern Grid», March 2007
3. «Grids 2030». A National Vision for Electricity's Second 100 years. Office of Electric Transmission and Distribution of USA Department of Energy, 2003.
4. World Energy Outlook 2009. International Energy Agency (IEA), Paris, 2009. - 691 pp
5. «SmartGrids – European Technology Platform for Electricity Networks of the Future», 2005.
6. Smart Power Grids - Talking about a Revolution. IEEE Emerging Technology Portal, 2009.
7. Electric power research institute, website: [www.epri.com](http://www.epri.com)
8. World Energy Outlook 2009. International Energy Agency (IEA), Paris.- 2009. - 691 pp.
9. Дорофеев В.В., Макаров А.А. Активно-адаптивная сеть – новое качество ЕЭС России / Энергоэксперт. - №4 -2009. с.28-31.