

УДК 621.331+004

## Комплексное развитие новых технологий энергожизнеобеспечения Smart Cities

Ю.Н. Кучеров<sup>1</sup> [0000-0001-7259-9719], В.В. Бушуев<sup>2</sup> [0000-0001-9288-4699],  
А.В. Иванов<sup>1</sup>, Д.А. Корев<sup>3</sup>, С.А. Утц<sup>4</sup>, А.В. Шихина<sup>5</sup>

<sup>1</sup>ФГУП «Стандартинформ» (Росстандарт), г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН),  
г. Москва, 125412, Россия

<sup>3</sup>АО «РВК», г. Москва, Россия

<sup>4</sup>АО «СО ЕЭС», г. Москва, Россия

<sup>5</sup>АО «РТСофт», г. Москва, Россия

E-mail: <sup>1</sup> jk.velegozhlife@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматриваются задачи интеграции новых энергетических и информационных технологий для условий крупных городов и мегаполисов с целью повышения эффективности их основных секторов. Обобщаются мировые тенденции устойчивого развития умных городов (Smart Cities), гармоничного сочетания искусственной и природной среды, влияния нового технологического уклада (Industry 4.0) и интеллектуальных систем управления для организации взаимодействия жизнеобеспечивающих инфраструктур. Обобщаются тенденции развития стандартизации технологий для умных городов на международном и национальном уровнях.

**Ключевые слова:** «умный» город, критическая инфраструктура, устойчивость развития, новые технологии, комплексные решения, горизонтальная интеграция, распределенная энергетика, активный потребитель, стандартизация.

### 1 Глобальные вызовы и тенденции развития умных городов

Современный мир характеризуется стремительным ростом городов, с образованием мегаполисов (с населением более одного миллиона человек) и зачатками формирования гигаполисов (населением более 100 миллионов человек). Возникающие проблемы быстрой урбанизации и концентрации населения определяет актуальность поиска комплексных/системных решений устойчивого развития городов, безопасного, надежного и эффективного функционирования инфраструктур жизнеобеспечения на урбанизированных территориях [1-8].

Проблемными аспектами являются - перенаселенность городов, несовершенство градостроительных решений, высокий уровень износа основных городских инфраструктур, ухудшение экологии, включая проблему утилизации отходов, доступ к чистой воде, энергообеспечению, дефицит бюджетных ресурсов и др. Новым вектором развития последнего десятилетия является стремление, как жителей, так и органов управления городов, к поиску более эффективных решений развития городской инфраструктуры с применением передовых технологий во всех секторах, объединяемых понятием «**умный город**» (Smart City). *Под умным городом понимается в целом некоторый образ «города будущего», который на настоящем этапе развивается путем проведения стратегии эффективной интеграции и использования преобразующей силы инженерных/физических, цифровых и человеческих систем/технологий, для гармоничного сочетания искусственной и природной среды, фундаментального улучшения качества жизни проживающих и находящихся в городе людей с учетом интересов будущих поколений.* При этом - концепция умного города, как правило, не определяет конечного состояния, а задает вектор развития, тогда как жители города являются обязательной заинтересованной стороной в процессах рассмотрения и принятия решений. Примерами активно развиваемых умных городов являются Амстердам, Барселона, Берлин, Дубай, Гонконг, Йокогама, Нью-Йорк, Сингапур, а также большое количество больших и малых городов, которые вовлечены в данный процесс в соответствии со своими заявленными концепциями развития.

В России основополагающими документами и материалами в данном направлении являются правительственное решение о программе «Цифровая экономика Российской Федерации», Федеральный национальный проект «Умный город», Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года, Стратегия Москва - умный город 2030.

Важнейшими инфраструктурами умного города являются все системные средства, оборудование и услуги, которые поддерживают операции и деятельность умного города, в том числе энерго- и водоснабжение, транспортные системы, сети связи и телекоммуникации, коммунальные службы, утилизацию отходов, но не ограничиваются ими. Общая модель «Smart City» (Рис. 1) представляет сложную динамично изменяющуюся структуру. Модель объединяет основные сектора и инфраструктуры жизнеобеспечения города для формирования устойчивой среды обитания и повышения эффективности функционирования в целом; такая структура является «системой систем» и предполагается взаимодействие «всех со всеми». Одним из универсальных решений по оптимизации управления умным городом является создание комплексной математической модели, описывающей работу всех составляющих и имеющихся связей, – «*цифровой модели*» *умного города*. «Цифровая модель» или параметризованная математическая модель объекта управления создается на основе *систем непрерывного мониторинга* и позволяет производить над ним виртуальные эксперименты и обрабатывать различные сценарии развития.

Формирования городов в России отличается определенной спецификой; города достаточно быстро перешли от больших поселений к городам индустриаль-

ного типа в первой половине XX века (исторический центр, промышленные предприятия, спальные районы) и затем к современному состоянию при кардинальном изменении социально-экономической системы 90-х годов, закрытием многих промышленных предприятий, утратой целых отраслей промышленности и стремительным ростом инфраструктуры постиндустриального потребительского общества. Это определяет глубину необходимой трансформации к умному городу в стране. Если для большинства европейских городов достаточно заниматься благоустройством, развитием общественного транспорта и совершенствованием систем управления, то в России с позиции градостроительства требуется - реновация жилья, трансформация промзон, кардинальное расширение и развитие транспортной системы, развитие общественного пространства, а с позиции безопасности и надежности в условиях сурового климата - глубокая модернизация энергожизнеобеспечивающих инфраструктур, включая ЖКХ, рациональное использование ресурсов, управление отходами (сортировка, переработка, повторное использование, сжигание, утилизация, рекультивация земель).



Рис. 1. Общая модель умного города

Одним из универсальных решений по оптимизации управления умным городом является создание комплексной математической модели, описывающей работу всех составляющих и имеющихся связей, – «цифровой модели» умного города. «Цифровая модель» или параметризованная математическая модель объекта управления создается на основе систем непрерывного мониторинга и позволяет производить над ним виртуальные эксперименты и отрабатывать различные сценарии развития.

Влияние применения концепции умного города на все сектора городской среды и сферы жизнедеятельности представлены на рисунках 2 и 3, начиная от базового состояния и традиционных систем управления в направлении к новой интеграционной модели управления умного города с активным вовлечением граждан, социального предпринимательства, высоким уровнем прозрачности и др. [5].

При этом требуется формирование новой системы планирования развития территорий, согласованных планов развития городов и соседних территорий, комплексных решений с учетом полицентричности и жизненного цикла объектов инфраструктуры (80 лет – срок жизни зданий, 30-40 лет – срок жизни энергообъектов). Точками развития на новом уровне, как правило, являются кластеры вне города, а именно, города-спутники: технополисы, иннополисы и др. Выделяются пока только локальные решения, например, агрегаторы услуг, мониторинг парковочного пространства, call-центры, единое окно госуслуг (в т.ч. online – личные кабинеты), доступный интернет в общественном пространстве и транспорте (включая метро), бесконтактные платежи и др.

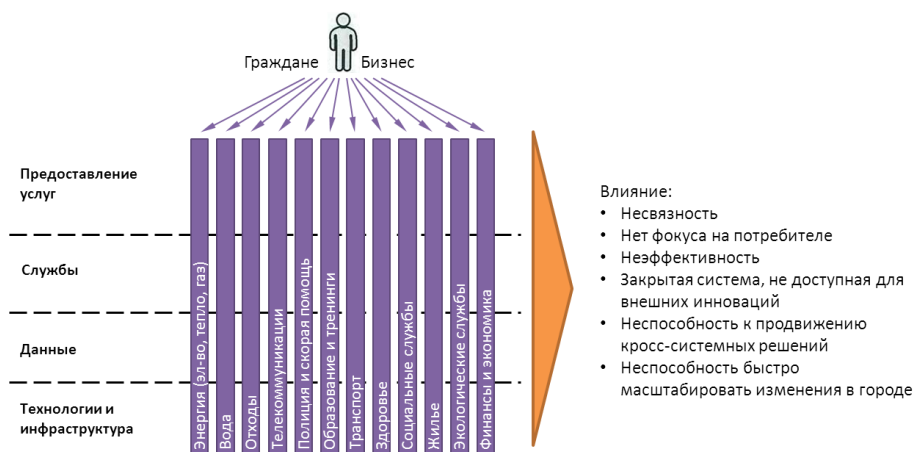


Рис. 2. Традиционная модель управления: откуда движутся умные города

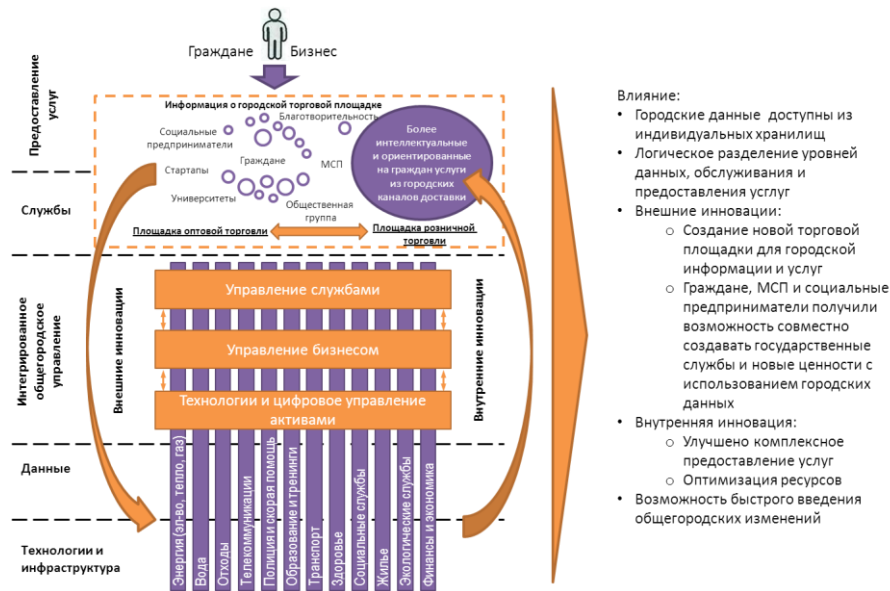


Рис. 3. Новая интегрированная операционная модель: куда движутся умные города

## 2 Новые технологии и принципы энергожизнеобеспечения умных городов

Развитие умных городов целесообразно рассматривать с системных позиций, учитывая исторические предпосылки, состояние, базовые условия обеспечения физичес-кой, информационной и экологической безопасности, надежности обеспечения энергией, устойчивого развития, качественного предоставления услуг, энергоэффективности, под-держки сложнейшей и постоянной развивающейся критической инфраструктуры в целом [1, 6, 7, 9, 10].

Ведущие международные организации по стандартизации (МЭК и ИСО), пол-ноправными членами которых является Россия (национальные секретариаты ве-дет Росстандарт), обращают внимание на необходимость развития **критически важной инфраструктуры** жизнеобеспечения умных городов, учитывающей угрозы и риски катастрофических ситуаций, способной их предотвращать и лик-видировать во взаимодействии всех ответственных сторон. К базовой части такой инфраструктуры относятся [1] *системы обеспечения электроэнергией, теплом, газом, водой, средства связи и телекоммуникации, транспорт, ЖКХ, утилизация отходов*. Для российских городов (74% - городское население России; 15 мегапо-лисов, более 20 – крупных городов с населением более 500 тысяч жителей, более 40 – с населением от 250 – до 500 тысяч жителей) данная постановка является крайне актуальной.

Синергия развития умного города формируется в результате интеграции идей модернизации и совершенствования управления общегородских структур (Рис.

1) с концептуальными идеями реализации *Smart Grid, Smart Energy, Industry 4.0, IoT, Blockchain, Искусственного интеллекта, роботизации, формирования нового технологического уклада в целом* [1-6 и др.].

Выделим в этом сложном процессе **современный этап** развития умного города, отталкиваясь от стоящих вызовов, тенденций, зрелого уровня новых технологий и принципов управления, и последующий - **перспективный этап**, который в большей степени базируется на целевом видении и осваиваемых технологиях.

**Современный этап** (на 15-20 лет). Основная группа новых технологий мирового мейнстрима для энергоснабжения умного города включает [1-6,11]: ВИЭ, электро-транспорт, системы накопления энергии, умные распределительные сети электро-снабжения, микроЭЭС, умные дома-здания-предприятия, системы интеллектуального учета, агрегирование источников энергии малой мощности и потребителей энергии малой мощности для коммерческого вовлечения в режим работы ЭЭС, развитые ИКТ, беспроводные датчики/сенсоры, распределенные системы управления, глубокую функциональную совместимость (interoperability) технологий, оборудования, систем на всех уровнях соответствующей архитектуры Smart Grid (Рис.4) [5], включая работу с традиционной энергетикой.

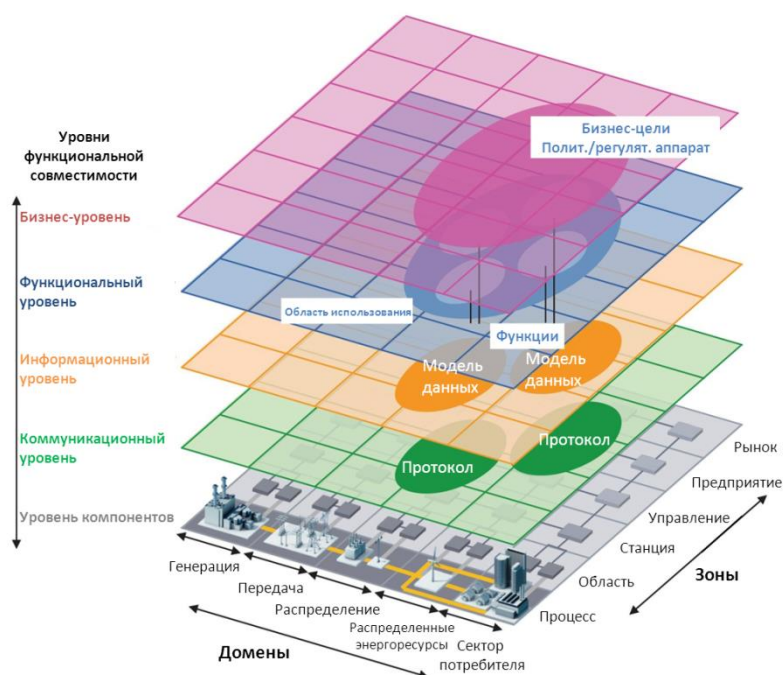


Рис. 4. Архитектурная модель Smart Grid МЭК. Источник: [5].

Данный процесс подвержен объективным изменениям в силу глобальной конкуренции, стремления человека к выживанию, безопасности, повышению качества жизни. Это движет процесс урбанизации, в результате которой главной средой обитания человечества становится город. *Айзек Азимов* еще в середине прошлого века очень четко описал развитие атомной энергетики, включая ее миниатюризацию, робототехнику, систему связи, правда, совершенно прошел мимо потенциала ВИЭ. Он предполагал актуальность создания планетарного правительства к сегодняшним годам, но видимо время еще не пришло, и мы стремительно движемся к азимовскому планетарному городу с населением в 40 млрд жителей.

Можно ли считать умным город, в котором ежегодно случаются блэкауты длительностью в несколько дней с коллапсом инфраструктур жизнеобеспечения; или мегаполис - в условиях дефицита энергоресурсов, где ежедневно в часы пик происходят непреднамеренные отключения значительной части потребителей; или город, зарастающий горами мусора; или мегаполисы, которые задыхаются от транспортного и угольного смога; города, страдающие от недостатка или отсутствия чистой питьевой воды, невозможности получения доступа к комфортному жилью, качественным медицинским услугам и др.? По сравнению с этими проблемами, присущими многим мегаполисам мира, задачи оснащения быстрым интернетом, широкополосной мобильной связью, электротранспортом, умными домами и другими современными благами цивилизации, кажутся насмешкой над большей частью населения планеты, подчеркивая нарастающее неравенство между ними. Могут ли достижения технологического прогресса и совершенствование процессов городского управления решить эти задачи? Наверное, да, но только очень выборочно. *Нужна новая философия проживания на планете, превращающейся в глобальный мегаполис с непредсказуемым будущим, нужны новые источники энергии и новые технологии, новые комплексные решения.*

С другой стороны эти блага «цифровой» цивилизации несут новые угрозы для населения городов, для которых потеря сигнала GPS (дезориентация пешеходов, водителей, умного беспилотного транспорта) может показаться легкой забавой, по сравнению с кибератакой на системы управления критически важной инфраструктуры. Особенно это актуально в секторе электроснабжения конечного потребителя. Выход из строя системы электроснабжения, как правило, сопровождается потерей источников теплоснабжения, газоснабжения, гаснут и газовые и водогрейные котлы индивидуального использования, теряется интернет, связь, мгновенно возникает транспортный коллапс из-за прекращения работы системы регулирования движения и т.д. И если, для основной части мира – такие потери влекут снижение комфорта проживания, то для жителей России в зимний период – прямую угрозу для жизни.

### 3 Специфика отечественной практики

Проведем краткий анализ данных аспектов применительно к отечественной практике, которая разительно отличается от мировой. Начнем с *сектора производства электрической и тепловой энергии для умного города*. Россия является

энергетической сверхдержавой, с достаточными природными водными и топливными ресурсами, а также единой энергетической системой (ЕЭС) выстроенной и управляемой на основе собственной уникальной технологии обеспечения надежности и живучести. *Структура энергетического баланса диверсифицирована* – газ, атомная энергия, уголь, гидроэнергия, мазут (в основном как резервное топливо). *Энергосистемы городов имеют мощные связи с ЕЭС и располагают собственными энергоисточниками* (ТЭЦ, ПГУ), которые называют сейчас традиционными. ТЭЦ и ПГУ – являются электростанциями комбинированного типа, то есть производят электроэнергию и тепло, и размещены в центрах потребления. Это очень эффективно. В мире еще только ставятся задачи такого производства, или создания объединенных энергосистем, а у нас это сделано уже более 50 лет назад и работает для большей части потребителей в стране. Такое построение ЕЭС, с энергоисточниками в центрах потребления и мощными электрическими связями с внешней энергосистемой, обеспечивает энергетическую безопасность городов и страны в целом, как минимум еще на несколько поколений, и на два-три технологических уклада вперед.

Многие города в мире стремятся улучшить экологию, отказаться от сжигания угля, хотя это самое дешевое топливо, перейти на чистые угольные технологии, а лучше на природный газ, который примерно в семь раз чище угля; так в Лондоне давно уже закрыли угольные станции, а электроэнергия по глубоким высоковольтным вводам поступает в город из внешних источников. В России еще в 70-х годах прошлого века, с освоением газовых месторождений Западной Сибири, была проведена технологическая революция в системах электроснабжения европейской части России, в результате которой практически все ТЭЦ городов были переведены с угля и торфа на газ. Это беспрецедентная системная работа позволила кардинально улучшить экологической обстановку в городах. Рассмотрим условия реализации вышеназванного мирового технологического мейнстрима, а также базовые принципы и условия развития энергетической инфраструктуры умного города.

Один из главных вопросов - можно ли перенести ТЭЦ из городов? Это сделать практически невозможно, потому что ТЭЦ в первую очередь предназначены для производства тепла и горячего водоснабжения, а такого рода теплоноситель на дальние расстояния эффективно не передается. ТЭЦ проектируются так, чтобы обеспечивать полное покрытие потребностей в тепле и горячей воде всех секторов города. В едином энергетическом эквиваленте такая *потребность в тепле превышает более чем в два раза потребности в электрической энергии*. Для электроснабжения одного миллиона жителей необходима установленная мощность электростанций не менее 1000 МВт.

В результате следует значительно шире смотреть на общемировые тренды и рекомендации, исходя из отечественных особенностей и многолетней практики. К сожалению, вклад России в эти мировые тренды и рекомендации практически нулевой из общей пассивности ответственных организаций и утраты потенциала отраслевой науки.



В связи с большим износом оборудования нужна модернизация существующей теплоэнергетической инфраструктуры, в том числе городских ТЭЦ с постепенным замещением на теплофикационные ПГУ; при этом необходимо повышать живучесть электростанций при потере связи с внешней энергосистемой, вновь вводимые энергоблоки должны проектироваться с возможностью самостоятельного запуска с «нуля». Особенно актуальна задача выстраивания новых схем в зонах децентрализованного теплоснабжения с замещением котельных на ко-, тригенерационные источники малой мощности.

Из обозначенного состава доступных технологий современного этапа, роль ВИЭ, как неперемного атрибута Смарт Грид, для наших городов ничтожна. Они почти всегда требуют сто процентного резервирования, ВЭС в городе не поставишь, применение СЭС для городов очень ограничено – светофоры, рекламные щиты. Мировые рекомендации допускают вовлечение ВИЭ находящиеся за пределами города, например, морские ветропарки, плавучие солнечные станции на воде и т.д. Однако это в очень ограниченной мере может относиться к российским городам на морском побережье - таких городов не так много, как и свободного пространства в районах их расположения. Перспективы использования ВИЭ кардинально влияют на использование систем накопления энергии (СНЭ/ESS), которые в мировой практике стимулируются с целью решения задачи адаптации ВИЭ к работе в составе ЭЭС по причине их крайне нестационарного режима работы.

Применительно к умному городу для российских условий было бы правильнее вместо ВИЭ исследовать и использовать объекты распределенной генерации (ОРГ) на разных видах топлива, в том числе природном, биогазе, синтезгазе, свалочном газе и др. Развитие этого сектора имеет большие перспективы для установки локальных микро-, миниэнерго-установок (подвального, крышного исполнения, взрыво-, пожаробезопасных) у огромного количества уникальных зданий и кварталов города, особо ответственных категорий потребителей, учреждений социальной сферы, а также постепенно развиваемой технологии умных домов—зданий—предприятий и др. Учитывая высокий уровень газификации и надежность газоснабжения, а также современные технологии организации управления через микроЭЭС (microgrid), это было бы важное универсальное решение для повышения надежности энергоснабжения ответственных конечных потребителей умных городов (Рис. 5). При этом необходимо решить целый комплекс задач развития распределительных сетей и совершенствования управления [12 - 14]; сети становятся «активными», то есть содержат источники энергии, они меняют свое технологическое содержание и условия работы, сетевые компании должны получить новый статус для реализации новых бизнес-моделей и практик.

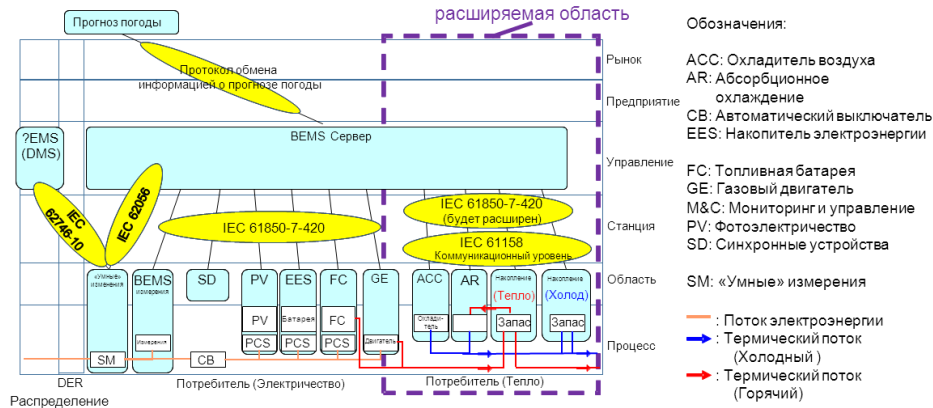


Рис. 5. Карта информационного уровня для энергоэффективного умного здания с гибридной системой энергоснабжения [Smart Energy, IEC]

Комплексной проблемой является задача включения ОРГ в электрическую сеть общего пользования. Вряд ли можно обосновать эффективность возвратных потоков энергии, то есть - довести один тип энергии до конечного потребителя, там произвести другой тип энергии и передать его в общую сеть для использования в другом месте. Назначение ОРГ – выполнять функции основного (или одного из основных) источника питания, а также источника резервного питания конечного потребителя. Интеграция ОРГ с ЭЭС в первую очередь должна быть нацелена на оказание услуг сети в чрезвычайных ситуациях как для соседних потребителей, так и для решения ряд задач регулирования графика нагрузки, частоты и напряжения в системе внешнего энергоснабжения на малых интервалах времени на коммерческой основе. В зарубежной практике такие источники по регламентирующим системным кодексам, как правило, могут переводиться под прямое управление/диспетчеризацию Системного оператора для целей скорейшего восстановления электроснабжения после аварии. В этом вопросе имеется серьезный практический зарубежный опыт, как в части технических условий работы источников в составе ЭЭС (стандарт IEEE 1547), платформенных решений, так и рыночных моделей.

Сложным вызовом рассматриваемого этапа может стать *улучшение архитектурного вида электростанций* умных городов, потому что в ближайшие годы они будут единственными крупными промышленными объектами в городской среде. Здесь можно поучиться у Японии.

*Умная распределительная сеть.* Электросетевая инфраструктура должна постепенно «перемещаться» в подземное пространство. Все воздушные линии электропередачи в городской черте должны замещаться подземными кабелями, необходимо развивать кабельную сеть последней мили на напряжении не ниже 20 кВ. Распределительная сеть должна быть наблюдаемой и управляемой (с автомати-

ческой реконфигурацией), подстанции - цифровые, закрытого исполнения. Оборудование должно оснащаться встроенной системой диагностики, теплоснабжение у конечных потребителей должно быть регулируемым на уровне потребителя. Объекты энергетической инфраструктуры должны резервироваться по принципу N-1, что постепенно приведет к снижению уровня концентрации мощности. Потребители первой категории должны запитываться от двух независимых источников энергии, и не от разных секций шин одной подстанции, а от разных подстанций, что постепенно приведет к повышению надежности. Уровень резервирования должен позволять проводить круглогодичные ремонтные работы. Должна вводиться система интеллектуального учета и управления спросом, так как потенциал такого управления огромен из-за традиционной неравномерности суточного графика нагрузки городов. Актуальны платформенные решения для управления ОРГ и распределенными активными потребителями (Рис. 5) и т.д.

*Электротранспортное сообщение* в городах России активно развивается: трамваи, троллейбусы (в том числе с автономным ходом), пригородные поезда, метрополитен. Масштабное применение личных электромобилей (EV), согласно мировой практике, зависит от мер государственной поддержки. Необходимо учитывать, что у нас значительно большая длина среднего проезда до работы, или центров потребления и досуга, климат обязывает предусматривать обогрев салона, и очень важна быстрая зарядка порядка 8 – 10 минут. Технологии накопления, используемые на данный момент на EV, к этому пока не готовы. Видимо, развитие данного сектора у нас примерно будет совпадать по срокам с освоением технологий пассажирских летающих EV. Общая мировая рекомендация заправки EV от ВИЭ для реализации экологической цепочки, конечно, имеет значение, но с учетом диверсифицированного баланса ЕЭС России, мы можем уверенно строить будущее электротранспорта на его взаимосвязи с сетью общего пользования.

Серьезным вызовом и влечением времени является *управление отходами с глубоким уровнем переработки*. Значительный опыт накоплен в Германии, Японии. Нам нужны типовые мусоросжигательные заводы на основе экологически чистых технологий и архитектурные решения, вписывающие данные объекты в городской ландшафт. Переработка ТБО в объеме 50 % за 15 – 20 лет было бы хорошим результатом с сегодняшних нескольких процентов. Сдвиг жители увидят с введением раздельного сбора бытовых отходов, а почувствуют – введением в школах образовательных экологических программ.

*Общегородская интеграция*. Ключевой задачей развития города на современном этапе является обеспечение взаимодействия подсистем в целях реализации интеграции, устойчивости и жизнеспособности «умного» города (Рис. 6). Технологическая интеграция включает *вертикальную интеграцию* с датчиков, анализ и контроль в режиме реального времени, и *горизонтальную интеграцию* исторически изолированных систем вплоть до услуг, предоставляемых горожанами. В сочетании, это создает «систему систем».



Рис. 6. Пример концептуальной архитектуры управления «Smart City»

Концептуальная архитектура построена таким образом, чтобы объединить распределенные интеллектуальные системы управления на уровне «Интеллектуального центра городского управления» на основе специально созданной операционной системы города (CityOS) с целью вертикальной интеграции.

Вертикальная интеграция распределенных интеллектуальных систем в «Smart City» осуществляется «снизу вверх»: от «умных» беспроводных датчиков и сенсоров через коммуникационные шлюзы по средствам систем связи в распределенные информационно-управляющие системы и на уровень «Интеллектуального центра городского управления». Обработка больших данных (big data) с применением алгоритмов искусственного интеллекта (AI) предоставляет возможность оперативно реагировать на чрезвычайные ситуации и принимать эффективные решения.

Следующим шагом на пути к развитию «Smart City» является горизонтальная интеграция, когда данные из разных секторов могут быть объединены для лучшего управления городом и снижения рисков [1]. Существенную роль в организации горизонтальной интеграции играют «технологии промышленного интернета вещей» (IIoT) (Рис. 7). Использование данных с датчиков и сенсоров всей городской инфраструктуры, их передача через коммуникационные сети (проводные или беспроводные) используются не только для планирования изменений в городе, но и для оперативного использования городскими службами и инфраструктурными организациями. Важной составляющей для организации данного процесса являются надежные защищенные платформенные решения с открытыми API.



Рис. 7. Умный город во взаимодействии с платформой IoT

Перспективный этап (еще 15-20 лет). Обрисуем предельные контуры этого этапа. В мире с населением более 10 млрд человек, проживающих преимущественно в городах, обостряются проблемы с водой и энергоресурсами, усиливаются миграционные процессы.

В России обновляется инфраструктура традиционной энергетики; огромный парк котельных в стране замещается на высокоэффективные многофункциональные энергоустановки; микроэнергоустановки охватывают сектор конечного потребителя; разрабатываются новые источники энергии, в том числе водородная энергетика, малая атомная энергетика; в массовом порядке воздвигаются умные дома-здания-предприятия; созданы новые электропроводные, электроизоляционные и строительные материалы – типа термоэлектриков, в результате новые здания (крыши, фасады), а также дорожные покрытия приобретают возможность аккумулировать энергию природных сил; формируется новый электрический мир с технологиями прямого использования энергии минуя этапы ее преобразования; развиваются технологии беспроводной передачи энергии и подзарядки интеллектуальных приборов и устройств, EV; развивается новый технологический уклад с персонализированным потреблением, услугами и продуктами как части глобальных производственных цепочек; развиваются платформы – как интеграторы всевозможных ресурсов; *создаются универсальные измерительные системы нового поколения*: физические/инженерные системы становятся самодиагностируемыми и самоуправляемыми; *человек научился* перерабатывать отходы в полном объеме и учится жить и развиваться без наращивания использования ископаемых

природных энергетических ресурсов; *осуществляется непрерывная оценка угроз и управление рисками в сложных инфраструктурах жизнеобеспечения*; человек ищет пути безопасного будущего с бурно развивающимися системами искусственного интеллекта и сохранения своей компетенции.

Хотя подобные перспективы развертывания проектов могут показаться слишком фантастическими, в настоящее время в мировом научном и инженерном сообществе ведутся активные исследования и разработки в указанных выше направлениях.

#### **4 Развитие стандартизации систем управления умного города**

Для отечественной практики могут оказать существенную помощь знания в сфере концептов и стандартизации в инновационной сфере развития умных городов. Ведущее место занимают Международная электротехническая комиссия (МЭК), Международная организация по стандартизации (ИСО) и Международный союз электросвязи (МСЭ).

На современном этапе применение международных стандартов следует рассматривать как одну из признанных мер по повышению конкурентоспособности российской экономики, обеспечению безопасности и совместимости технических решений умного города. *Деятельность России в области международной стандартизации необходимо максимально скоординировать и усилить*, а также вовлечь в нее все заинтересованные стороны, что представляется возможным сделать путем активизации деятельности российских технических комитетов по стандартизации (ТК), значительным расширением тематики и четкой координацией экспертного сообщества со стороны базовых организаций технических комитетов и подкомитетов.

Активное участие России в работе МЭК, ИСО и МСЭ, а так же применение международных стандартов на национальном и межгосударственном уровне обеспечивает основу развития интеллектуальных технологий с применением передовых международных достижений науки и техники. В свою очередь данный подход является перспективным с точки зрения усиления позиций российских компаний на иностранных рынках и продвижения экспортных конкурентоспособных инновационных решений вкуче с развитием умных городов в России.

Перечень ключевых организаций по стандартизации, основных документов, ведущих технических комитетов и примеры стандартов в области умных городов приведены в Таблице 1.

Исходя из данных, приведенных в таблице 1, наибольшую активность в развитии стандартизации технологий умных городов имеют направления, проводимые МЭК с вовлечением широкого круга стран, компаний и экспертов.

Таблица 1. Ключевые организации по стандартизации умных городов

Уровень/ страна Организа- ция по стандар- тизации	Основные документы	Ключевые технические комитеты	Примеры стандартов
<b>Междуна- родный</b>  <b>МЭК, ИСО, МСЭ</b>	IEC White Paper: Организация ин- фраструктуры для жизнеспособности «умных» городов; IEC White Paper: Стабильная работа электросистемы в будущей распреде- ленной электро- энергетике; ISO Brochure: ISO и «умные» города; IEC Brochure: «Ум- ные» города; U4SSC (I-TU): Ком- муникации городов и сообществ в целях устойчивого разви- тия;	ТК МЭК 8, 9, 21, 56, 57, 59, 65, 69, 82, 88, 105, 108. ТК ИСО 59, 204, 207, 224, 241, 268, 282, 301. ТК ИСО/МЭК 1 МЭК SyC Smart Cit- ies МЭК SyC Smart En- ergy	IEC TS 63188, IEC TR 63097, IEC 61850, IEC 61851, IEC 60870, IEC 62443, ISO/IEC 30182, ISO 37100, ISO 37101, ISO 37120, ISO/TR 37121, ISO/TR 37150, ISO/TS 37151, ISO/TR 37152
<b>Великобри- тания</b>  <b>BSI</b>	Визуализации «ум- ных» городов на ос- нове модели потока данных; Роль стандартов в «умных» городах; Сделаем города «умными»: Руко- водство для лиде- ров	Работа в CEN/CENELEC, на национальном и международном уровне. CEN/TC 107, 164, 183, 230, 247, 256, 264, 278, 301, 310, 325, 345, 346, 348, 350, 353, 371, 391.	BIP 2228, BS 7000-6, BS 8904, PAS 180, PAS 181, BS EN 60730, PAS 555, BIP 2207, BS 8587, BS 8903
<b>Германия</b>  <b>DIN, DKE</b>	Немецкая дорожная карта стандартиза- ции «умных» горо- дов; Немецкая дорожная карта стандартиза- ции Индустрии 4.0	CLC/TC 8X, 9X, 13, 21X, 57, 59X, 65X, 69X, 79, 82, 88, 111X, 205, 215.	DIN SPEC 91280, DIN SPEC 33440, PAS 1018, PAS 1036, PAS 1067 GAEB DA XML, PAS 1090

<b>Уровень/ страна Организа- ция по стандар- тизации</b>	<b>Основные документы</b>	<b>Ключевые технические комитеты</b>	<b>Примеры стандартов</b>
<b>Россия Росстан- дарт</b>	Проект Концепции развития национальной системы стандартизации Российской Федерации на период до 2027 года	ТК 016, 022, 039, 057, 096, 098, 113, 115, 119, 194, 303, 331, 445, 465, 480. ПТК 700, 706	ГОСТ Р 54325, ГОСТ Р 54835, ГОСТ Р 55060, ГОСТ Р 56548, ГОСТ Р 56577, ГОСТ Р 56828, ГОСТ Р ИСО 37100, ГОСТ Р ИСО 37101, ГОСТ Р ИСО 37120, ГОСТ Р МЭК 60870, ГОСТ Р МЭК 61850, ГОСТ Р МЭК 62443

Следует особо выделить деятельность МЭК в совершенствовании подходов к стандартизации в сфере умных городов и интеллектуальных технологий в целом, а именно: постоянный мониторинг новых тенденций; стандартизация сверху вниз начиная с архитектуры системы, а не с уровня продукта; охват работ, выходящих за пределы отдельно взятого технического комитета; концентрация усилий на обеспечении информационной и функциональной совместимости технологий и систем, а не на частных требованиях к свойствам объектов; строгое соблюдение принципа консенсуса заинтересованных сторон; интеграция международной стандартизации и схем оценки/сертификации в рамках деятельности МЭК в связке с национальными органами стран и др.

Для реализации политики применения стандартизации, как драйвера инновационной сферы и эффективного механизма внедрений современных технологий и функционирования сложных систем, МЭК имеет развитую систему управления стратегического уровня, состав которой приведен в таблице 2.



Таблица 2. Системные органы МЭК по развитию интеллектуальных технологий

Комитеты	Описание	Участие России
<b>Группы оценки стандартизации</b>		
<b>SEG 8</b>	Коммуникационные технологии и архитектуры электротехнических систем	не участвует
<b>SEG 9</b>	Умный дом/Системы офисного здания	не участвует
<b>SEG 10</b>	Этика в приложениях автономного и искусственного интеллекта	не участвует
<b>SEG 11</b>	Устойчивое будущее транспорта	не участвует
<b>Системные комитеты</b>		
<b>SyC AAL</b>	Поддержка активного образа жизни	наблюдатель, ТК 331
<b>SyC LVDC</b>	Доступ к электричеству на основе технологий постоянного тока низкого напряжения	заявка рассматривается
<b>SyC SM</b>	Умное производство	заявка рассматривается
<b>SyC Smart Cities</b>	Электротехнические аспекты умных городов	ПТК 706
<b>SyC Smart Energy</b>	Умная энергетика	ТК 016

Результатом развернутой и структурированной работы по международной стандартизации является *обеспечение технологической и информационной совместимости систем управления, безопасность оборудования, унификация требований, ускорение и масштабирование внедрения новых технологий*. Например, важным направлением деятельности нового системного комитета МЭК – SyS Smart Energy является разработка интегральной платформы взаимосвязи систем управления электро-, тепло-, газоснабжением (Рис. 8). Одним из главных эффектов для стран и регионов является масштабируемость разработанных решений на соответствующих уровнях. Примеры такой масштабируемости приведены в Таблице 1 для Германии (DIN/DKE), Великобритании (BSI) и России (Росстандарт). При этом работа выстраивается по принципу дороги с двухсторонним движением – наилучшие национальные решения переносятся на региональный и международный уровни, а передовые международные стандарты на основе консенсуса становятся базой для развития стандартизации в странах и регионах.

Особое внимание должно быть уделено к защите данных в процессах управления критически важной инфраструктуры и систем умных городов, выполняемых, как правило, в реальном времени.

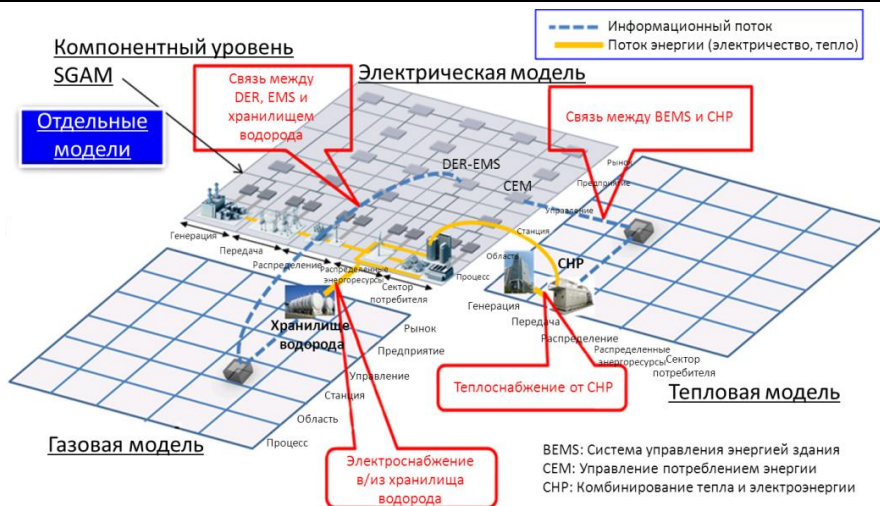


Рис. 8. Модель взаимодействия компонентного уровня трех видов энергий

Существенное расширение способов обеспечения коммуникаций, появление (на ряду с традиционными) новых объектов управления, в том числе объектов малой мощности на стороне активных и особо ответственных категорий потребителей, интеллектуальных приборов и устройств, подключаемых к сети общего пользования и агрегируемых для оказания системных услуг, может нести значительные риски сложившейся практике автоматического управления в системах жизнеобеспечения умных городов в силу широкого применения на низовом уровне протоколов интернета и технологий облачных вычислений. В будущем потребуются более четкое разделение задач технологического и общего производственного управления в части используемых средств обработки и передачи данных, управления активами и проектами на всем жизненном цикле объекта/оборудования, поддержки виртуальных/цифровых моделей объектов (инфраструктур) умного города.

## 5 Выводы

1. Важнейшим трендом современного общества является продолжающийся рост городов, формирование мега- и гигаполисов. Для устойчивого развития умных городов необходимы системный подход, выработка критериев учета безопасности, надежности, энергоэффективности, экологии. Требуется решение задач глубокой модернизации существующей инфраструктуры городов, повышения их эффективности, функциональной совместимости, применения прорывных энергетических, информационных и коммуникационных технологий и кардинального развития систем управления.

2. Для обеспечения жизнеспособности умного города необходимы комплексные решения, интегрирующие градостроительство и взаимодействие критически важной инфраструктура, включая электро-, тепло-, газо-, водоснабжение, системы связи и телекоммуникаций, транспорт, управление отходами.
3. Применение промышленного интернета, современных ИТ и технологии блокчейн, в сочетании с модернизированными системами управления энерго- жизнеобеспечивающих инфраструктур позволяет решить задачи и горизонтальной интеграции, и координации с верхним уровнем управления от конечного потребителя на всем городском пространстве.
4. Рекомендуется активизировать участие представителей российских компаний и экспертов в международных организациях по стандартизации (ISO, IEC, ITU, IEEE) для обобщения знаний и применения универсальных решений и сквозных технологий в развитии умных городов в России, обеспечения технологической и информационной совместимости, кибербезопасности, развития национальных стандартов в данной сфере.

**Благодарность.** Исследование выполнено в рамках Госзадания (регистрационный номер НИОКТР АААА-А16-116051810068-1)

## Литература

1. IEC White Paper «Orchestrating Infrastructure for sustainable Smart Cities», 2015
2. DIN/DKE/VDE «The German standardization roadmap Smart City», 2014
3. IEC White Papers «Factory of the Future», 2015
4. IEC White Paper «IoT 2020: Smart and secure IoT platform», 2016
5. IEC TR 63097 «Smart grid standardization roadmap», 2017
6. Энергоэффективный мегаполис – Smart City «Новая Москва»/Под общей редакцией В.В. Бушуева, П.А. Ливинского, М.: ИД «Энергия», 2015
7. Ю.Н. Кучеров, Ю.Г. Федоров «Концептуальные направления развития энергетической инфраструктуры умного города», Энергетическая политика №5, 2014, с. 64-71.
8. А.В. Шихина Основные тенденции развития Smart City, МКА, №1, 2016
9. Ю.Н. Кучеров, С.А. Утц, Д.Н. Ярош «Современные тенденции развития электроснабжения мегаполисов с целью повышения управляемости режимов работы энергосистемы», Электричество №6, 2017, с.4 – 15.
10. Приоритетные направления внедрения технологий умного города в российских городах, ЦСР Северо-запад, Москва, июнь 2018.
11. Ю.Н. Кучеров «Мировые тенденции развития техники и технологий для больших электроэнергетических систем» / В кн.: Современные тенденции развития техники и технологий электроэнергетических систем. Учебное пособие для вузов. М.: Издательство МЭИ, 2018 408 с. ISBN 978-5-7046-1958-1
12. Развитие стандартизации интеллектуальных систем электроснабжения будущего, журнал «Энергия единой сети» № 3 (38), 2018, Иванов А.В., Кучеров Ю.Н., Корев Д.А., Самков В.М.
13. Технологии активных потребителей и их интеграция в электрическую сеть общего пользования / журнал «Энергетическая политика», № 5, 2018, Кучеров Ю.Н., Иванов А.В., Д.А. Корев, Н.А. Уткин, А.З. Жук

14. Smart City: Обзор подходов и российская практика внедрения/ Доклад на World Smart Energy Summit, 26 – 27 March 2019, Moscow// Д.А. Корев, Ю.Н. Кучеров, А.В. Иванов, С.А. Утц, А.В. Шихина <http://smartenergysummit.ru>

## Reference

1. IEC White Paper “Orchestrating Infrastructure for sustainable Smart Cities”, 2015
2. DIN / DKE / VDE “The German standardization roadmap Smart City”, 2014
3. IEC White Papers “Factory of the Future”, 2015
4. IEC White Paper “IoT 2020: Smart and secure IoT platform”, 2016
5. IEC TR 63097 “Smart grid standardization roadmap”, 2017
6. Energy-efficient metropolis - Smart City “New Moscow” / Edited by V.V. Bushueva, P.A. Livinsky, M.: Publishing House “Energy”, 2015
7. Yu.N. Kucherov, Yu.G. Fedorov “Conceptual directions for the development of the energy infrastructure of a smart city”, Energy Policy No. 5, 2014, p. 64-71.
8. A.V. Shikhina The main development trends of Smart City, ICA, No. 1, 2016
9. Yu.N. Kucherov, S.A. Utz, D.N. Yarosh “Current trends in the development of electric supply of megacities with the aim of increasing the controllability of the operating modes of the energy system”, Electricity No. 6, 2017, pp. 4-15.
10. Priority areas for the implementation of smart city technologies in Russian cities, Central Development Center North-West, Moscow, June 2018.
11. Yu.N. Kucherov “World trends in the development of engineering and technology for large electric power systems” / In: Modern trends in the development of engineering and technology of electric power systems. Textbook for universities. M.: Publishing House MPEI, 2018 408 p. ISBN 978-5-7046-1958-1
12. Development of standardization of intelligent power supply systems of the future, journal “Energy of a Unified Network” No. 3 (38), 2018, Ivanov A.V., Kucherov Yu.N., Korev D.A., Samkov V.M.
13. Technologies of active consumers and their integration into the public electric grid / journal “Energy Policy”, No. 5, 2018, Kucherov Yu.N., Ivanov A.V., D.A. Korev, N.A. Utkin, A.Z. beetle
14. Smart City: Overview of approaches and Russian implementation practice / Report at the World Smart Energy Summit, March 26-27, 2019, Moscow // D.A. Korev, Yu.N. Kucherov, A.V. Ivanov, S.A. Utz, A.V. Shekhina <http://smartenergysummit.r>

## Development of new technologies energy life support Smart Cities

Yu.N. Kucherov<sup>11</sup>, V.V. Bushuev<sup>2</sup>, A.V. Ivanov<sup>1</sup>,  
D.A. Korev<sup>3</sup>, S.A. Utz<sup>4</sup>, A.V. Shekhina<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Federal State Unitary Enterprise “Standardinform” (Rosstandart), Moscow, Russia  
<sup>2</sup>Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences (OIIVT RAS),  
Moscow, 125412, Russia

<sup>3</sup>АО «РVK», Moscow, Russia

<sup>4</sup>АО «SO UES», Moscow, Russia

<sup>5</sup>JSC «RTSoft», Moscow, Russia

Email: <sup>1</sup> jk.velegozhlife@gmail.com

**Abstract.** The article discusses the challenges of integrating new energy and information technologies for large cities, with the aim of increasing the efficiency of the main sectors of the urban environment. Summarizing global trends in the development of smart cities, the harmonious combination of artificial and natural environment, the impact of the new technological order (Industry 4.0) and intelligent control systems for the organization of life-supporting infrastructure. Trends in the development of standardization of solutions and technologies in different cities.

**Keywords:** smart city, energy saving, critical infrastructure, sustainable development, new technologies, integrated solutions, horizontal integration, distributed energy, active consumer, standardization.

**Acknowledgement.** The study was carried out as part of the State Assignment (registration number R&D AAAA-A16-116051810068-1).