

УДК 620.9 (094)

В.В. Бушуев, П.А. Ливинский, В.А. Шилин<sup>1</sup>

## АКТУАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ МОСКВЫ НА ПЕРИОД ДО 2030 ГОДА

В статье приведены результаты работы, выполненной Институтом энергетической стратегии (с участием соисполнителей) по заказу Департамента ТЭХ Правительства г. Москвы, посвященной новому подходу к перспективному развитию энергетики мегаполиса с учетом присоединенных территорий.

Целевой сценарий развития энергетической инфраструктуры Новой Москвы базируется на использовании методологии «умного» города (Smart City) и «умной» энергетической системы (Smart Grid) с обоснованием рационального объема централизованной и распределенной генерации, координации систем электро-, тепло- и газоснабжения и необходимых мер по обеспечению надежности и социальной эффективности энергоснабжения мегаполиса.

*Ключевые слова:* энергетическая стратегия, системы энергоснабжения, «умный» город, Smart Grid, энергетическая инфраструктура, энергоэффективность.

### Основные цели и задачи

Энергетическая стратегия Москвы является составной частью Стратегии развития города на период до 2030 г. и является выражением долгосрочного перспективного видения основных целей, задач и направлений развития топливно-энергетического хозяйства (ТЭХ) Москвы. Основные положения Энергетической стратегии формулируются исходя из текущих и прогнозных данных о социально-экономическом развитии города с учетом комплекса его интересов как административно-территориальной единицы Российской Федерации, интересов проживающего на его территории населения, а также инициатив действующих организаций и предприятий.

Главной целью Стратегии является обеспечение стабильного и устойчивого развития Москвы как международного политико-экономического центра и крупнейшего города РФ путем соответствующего планирования развития энергетической инфраструктуры. Энергетическая стратегия определяет ключевые направления городской энергополитики и условий ее проведения с целью обеспечения надежного, эффективного, экологически безопасного, а также экономически доступного для потребителей и инвестиционно

привлекательного для бизнеса энергоснабжения. Она устанавливает приоритеты государственной власти в поддержке ТЭХ в условиях складывающейся социально-экономической обстановки, технических ограничений на виды и объемы поставки различных видов топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), а также существующего конфликта интересов хозяйствующих субъектов и органов государственной власти.

Городское энергохозяйство должно гибко и быстро отвечать возникающим вызовам и изменениям условий внешней среды, что задает в качестве наиболее перспективного направления трансформацию его в единую, управляемую, финансово устойчивую систему и обуславливает необходимость ее интеллектуализации в комплексе с внедрением новейших научно-технических разработок, использованием эффективных управленческих практик и повышением качества подготовки персонала. Более того, действие ряда нормативно-правовых актов в области энергетики и обеспечения энергетической эффективности, а также необходимость обеспечения благоприятной экологической обстановки, делают немаловажными задачи рационального и эффективного использования ТЭР и минимизации негативного воздействия объектов энергетики на окружающую среду.

---

<sup>1</sup> Виталий Васильевич Бушуев – генеральный директор Института энергетической стратегии, д.т.н., профессор, *e-mail:* vital@df.ru; Павел Анатольевич Ливинский – руководитель Департамента топливно-энергетического хозяйства Правительства г. Москвы, *e-mail:* depteh@mos.ru; Владимир Алексеевич Шилин – доцент кафедры электроэнергетические системы НИУ МЭИ, к.э.н., *e-mail:* shilin@yandex.ru

Настоящая Стратегия является результатом актуализации «Энергетической стратегии г. Москвы на период до 2025 года», необходимость которой связана с серьезными изменениями, произошедшими с городом за период 2008-2014 годов. Корректировки Генерального плана Москвы, связанные с расширением города в 2012 г. и освоением территорий промышленных зон столицы в старых границах, изменения в составе сторон, заинтересованных в развитии ТЭХ, а также резкое ограничение притока инвестиций в энергетику ввиду нестабильной политико-экономической ситуации – все это обусловило необходимость в повторном анализе существующих проблем и трендов и переформулировании главных направлений развития городской энергетической инфраструктуры.

### **Топливо-энергетическое хозяйство Москвы и проблемы его функционирования**

ТЭХ г. Москвы включает в себя городские системы электро-, тепло- и газоснабжения, которые в силу физической сути процессов преобразования первичных энергоресурсов (газа) во вторичные (электрическая и тепловая энергия) формируют общую систему энергоснабжения столицы. Активы городского энергохозяйства разделены по видам деятельности (генерация, передача, сбыт) для обеспечения функционирования рыночной модели экономических отношений в энергетике. Общее диспетчерское управление системой энергоснабжения не осуществляется.

Городская система электроснабжения является неотъемлемой частью Московской энергосистемы, охватывающей территорию Москвы и Московской области и входящей в ОЭС Центра. Покрытие спроса столичных потребителей на электрическую энергию осуществляется как от собственных источников суммарной установленной мощностью 10677,48 МВт (в основном – крупные теплоэлектроцентрали), так и из соседних энергосистем по внешним связям напряжением 220-500 кВ. Передача и распределение электроэнергии осуществляется по городским сетям напряжением 0,38-500 кВ различного конструктивного исполнения (воздушные, кабельные, кабельно-воздушные) общей протяженностью 99796 км в одноцепном исчислении.

Теплоснабжение столичных потребителей осуществляется от энергоисточников совокупной установленной тепловой мощностью 61234 Гкал/ч (на 2013 г.), включая две ТЭЦ, расположенные на территории Московской области. Транспорт тепловой энергии осуществляется по магистральным и распределительным тепловым сетям общей протяженностью 16259,3 км, из которых 23,9 км приходится на паровые. Система теплоснабжения является сильно централизованной (до 98% спроса на тепло покрываются за счет источников централизованного теплоснабжения).

Поставка природного газа потребителям Москвы осуществляется по системе магистральных газопроводов от газовых и нефтегазоконденсатных месторождений Западной Сибири. Газ из магистральных газопроводов поступает в кольцевой газопровод Московской области (КГМО) и далее в городскую газораспределительную систему через 7 контрольно-распределительных пунктов (КРП) суммарной производительностью 10908 тыс. м<sup>3</sup>/ч. Система газораспределения включает в себя 560 газораспределительных станций и пунктов (ГРС и ГРП) и газопроводы различного давления суммарной протяженностью 10949,4 км.

На данный момент энергетическое хозяйство Москвы в целом обеспечивает надежное, экологически приемлемое и экономически доступное энергоснабжение населения и промышленности. Вместе с тем в условиях прогнозного роста потребления ТЭР обострится ряд существующих на данный момент проблем в системе энергоснабжения, что негативно повлияет на надежность энергоснабжения, будет сдерживать темпы городского развития и не позволит наиболее полно использовать имеющийся градостроительный потенциал.

Наиболее острой проблемой всех описанных подсистем является значительный износ основных производственных фондов. Так, в период до 2030 г. объемы вывода электро- и теплогенерирующих мощностей по условиям выработки паркового и индивидуального ресурса только для ОАО «Мосэнерго» (основной собственник установленной электрической и тепловой мощности городских энергоисточников) составят соответственно 8,0 ГВт и 11,8 тыс. Гкал/ч. Основ-

ная часть выводимой электрической мощности придется на энергоблоки на базе паровых турбин Т-250/300-240.

Перспективное строительство энергоисточников, призванное заместить выводимые электрогенерирующие и тепловые мощности и обеспечить перспективный спрос на ТЭР, серьезно затруднено в связи с длительным сроком эксплуатации газоснабжающей инфраструктуры (в первую очередь – магистральных газопроводов) и невыполнением плановых ремонтов, что накладывает ограничения на объемы поставок природного газа и ставит под угрозу энергетическую безопасность региона. Нормальное функционирование системы газоснабжения и газораспределения также осложняется ростом пикового спроса на газ и соответствующим увеличением загрузки ряда объектов до критических значений.

Значительно изношенным является городское электросетевое хозяйство. Наиболее уязвимыми его местами являются опорная сеть 500 кВ и сеть 110 кВ, более половины ЛЭП которых (для сети 500 кВ – 100%) эксплуатируются свыше 40 лет. Электросетевому комплексу столицы также свойственен ряд специфических проблем, обусловленных топологическими особенностями сетей. Взаимное расположение и концентрация узлов нагрузки, а также ее рост, влекут перегрузку ряда ЛЭП и трансформаторов ПС по току в нормальных, послеаварийных и ремонтных режимах, а сложно-замкнутый характер сетей вкупе с наличием мощных генерирующих единиц – к значительному повышению уровней ТКЗ. Описанные проблемы существенно снижают показатели надежности городской системы электроснабжения и сильно влияют на качество поставляемой электроэнергии.

Требует внимания проблема сниженной энергетической эффективности функционирования ТЭХ г. Москвы, несмотря на действие существующих нормативно-правовых актов (в т.ч. федерального уровня) и приоритетное широкое внедрение энергосберегающих практик (например, в строительстве). Так, городские энергоисточники на данный момент работают в неэкономичных режимах, что выражается в повышенных значениях удельных расходов условного топлива на отпуск электрической и тепловой энер-

гии; наблюдаются высокие значения потерь при транспорте ТЭР (7,8% и 9,7% для тепло- и электросетей соответственно). Повышение расходов топлива обуславливается также трудностями в организации оптимального распределения тепловой мощности между ТЭЦ и котельными, а также работой морально устаревших и физически изношенных единиц тепло- и электрогенерирующего оборудования. Данные факторы в конечном счете приводят к падению уровня экономической эффективности (особенно крупных столичных ТЭЦ, работающих на ОРЭМ, в силу вынужденной работы части их агрегатов по конденсационному циклу) и оказывают неблагоприятное влияние на экологическую обстановку в городе.

Стоит также отметить, что составление схем и программ развития электроэнергетики, схем газоснабжения и схем теплоснабжения осуществляется для Москвы и Московской области независимо, что некорректно в силу глубокой взаимосвязи систем инженерной инфраструктуры двух регионов. Отсутствие должной координации в процессе составления данных документов может в перспективе привести к глубоким противоречиям в подходах к планированию развития систем энергоснабжения, что повысит уязвимость городского энергохозяйства к влиянию условий внешней среды.

Необходимо подчеркнуть, что в условиях прогнозного роста потребления ТЭР и нагрузок на территории Москвы существующие проблемы будут усугубляться и станут сдерживающим фактором социально-экономического развития города.

### **Концепция «умного» города как основа Энергетической стратегии Москвы**

Существующие сценарии социально-экономического развития Москвы предусматривают рост потребления всех видов топливно-энергетических ресурсов на территории города. Целевым сценарием для развития энергетической инфраструктуры является *форсированный*, характеризующийся ускоренными темпами роста, повышенной нормой накопления частного бизнеса, созданием масштабного несырьевого экспортного сектора и значительным притоком

иностранный капитал. Описываемый сценарий носит прорывной характер и предусматривает полномасштабную реализацию всех задач, поставленных в Указах Президента РФ от 7 мая 2012 г. № 596, применения дополнительных мер стимулирующего характера, связанных с расходами бюджета по финансированию крупных инфраструктурных проектов. Москва в этом случае будет являться ядром развития московской агломерации, которая должна быть преобразована в единый современный комфортный столичный центр с расширением зоны опережающего развития за его пределы при максимальном использовании преимуществ емкого столичного рынка и его финансовых ресурсов. В период до 2030 г. Москва рассматривается как один из наиболее значимых международных финансовых и научных центров, а также как основная площадка для развития био- и нанотехнологий, высокотехнологичных производств оборонной и электронной промышленности, точного машиностроения. В условиях данного сценария возможна полная реализация намеченных Генеральным планом параметров развития столицы в старых границах, а также параметров застройки территорий ТиНАО г. Москвы, указанных в проектах соответствующих территориальных схем развития.

Описанные в форсированном сценарии тенденции обуславливают значительный рост за рассматриваемую перспективу потребления всех видов ТЭР. Так, к 2015-2030 гг. конечное теплотребление на территории Москвы согласно прогнозу вырастет до 123,6 млн Гкал (+29,2%), электропотребление – до 84,2 млрд кВт·ч (+57,2%), потребление газа – до 33,3 млрд м<sup>3</sup> (+28,6%), из них на цели преобразования в другие виды энергоресурсов – до 28,5 млрд м<sup>3</sup> (+28,4%). Тепловые нагрузки по горячей воде увеличатся до 42,5 тыс. Гкал/ч (+26,9%), максимум электрической нагрузки – до 14,05 ГВт (+45,8%).

Появление новых потребителей требует соответствующего развития столичной электроэнергетической системы, а также систем тепло- и газоснабжения. Усложнение топологии сетей и рост их протяженности вкуче с ростом нагрузок приводит к утяжелению режимов работы энергетического оборудования, увеличению абсо-

лютного значения потерь и снижению управляемости соответствующими подсистемами как на оперативном, так и на стратегическом уровне. Описанная тенденция, свойственная крупным мегаполисам, к числу которых относится Москва, в условиях существующего комплекса проблем в городском энергохозяйстве ограничит социально-экономический потенциал развития города ввиду невозможности технологического присоединения ряда новых потребителей по условиям нормальной эксплуатации инженерных сетей, роста тарифов на энергоресурсы и повышения воздействия энергообъектов на экологическую обстановку в городской черте.

Наиболее перспективным инновационным решением для развития городского энергохозяйства, обеспечивающим повышение уровня надежности и качества энергоснабжения потребителей при минимуме затрат в условиях роста спроса на энергоносители, является применение инфраструктурной модели «умного» города (Smart City). Согласно данному подходу, технологически связанные подсистемы электро-, тепло- и газоснабжения должны быть объединены в единую систему энергоснабжения как на уровне оперативного управления, так и при решении стратегических задач развития энергетического комплекса города. Управление такой системой на всех временных уровнях должно осуществляться совместно на основе информации о текущем их состоянии, прогнозных данных и оценок возможных последствий. Среди особенностей данного подхода выделяются следующие:

- обширная интенсивная информатизация городского энергохозяйства в комплексе с внедрением передовых научных достижений, прорывных технических разработок и эффективных производственных практик;
- обязательная организация информационного взаимодействия внутри системы энергоснабжения, а также с тесно связанными инфраструктурными подсистемами (городского транспорта, водоснабжения, утилизации бытовых отходов, связи и управления);
- изменение структурно-функциональной модели топливно-энергетического хозяйства Москвы, призванное устранить

существующие конфликты интересов различных хозяйствующих субъектов в вопросах управления развитием энергетической инфраструктуры.

Основой создания «умной» системы энергоснабжения является переориентация развития существующей электроэнергетической системы на модель Smart Grid («умной» сети) – «интеллектуальной» активно-адаптивной ЭЭС, обладающей полной наблюдаемостью и управляемостью на всех участках процесса электроснабжения, начиная от генерации и заканчивая потреблением электрической энергии посредством соединения возможностей информационных технологий с силовым электротехническим оборудованием. Необходимым условием перехода к целевой организационной модели Smart City является экстраполяция концепции Smart Grid на подсистемы газо- и теплоснабжения.

Применение подхода Smart City к системе энергоснабжения Москвы предполагает использование следующих технических и организационных решений:

- развитие распределенной когенерации, в том числе с использованием НВИЭ;
- накопителей электрической и тепловой энергии;
- развитие инфраструктуры для общественного и личного электротранспорта;
- внедрение интеллектуальных систем учета энергоресурсов (Smart Metering);
- создание систем автоматического управления энергоснабжением (EMS) во взаимосвязи с системой управления верхнего уровня (SCADA/EMS);
- внедрение централизованного регулирования нагрузки тепло-, электро- и газоснабжения в сочетании с локальным регулированием потребления;
- интеллектуализацию жилых домов и системы городского освещения;
- широкое использование закрытых и подземных вариантов исполнения энергетических объектов;
- внедрение цифровых подстанций, микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики, управления, регулирования, контроля, связи, телемеханики и др.;

- использование устройств FACTS в сетевом строительстве для обеспечения надежности электроснабжения и устойчивости энергосистемы (в том числе управляемые источники реактивной мощности, фазоворотные устройства, вставки постоянного тока и т.д.);
- оптимизация режимов ТЭЦ с целью максимального сокращения выработки электрической энергии по конденсационному циклу;
- использованием электроэнергии в рамках организации централизованного теплоснабжения потребителей с целью оптимизации структуры теплогенерирующих мощностей и выравнивания графика электрической нагрузки.

Выбор приоритетных направлений развития энергетической инфраструктуры Москвы должен осуществляться с учетом специфических особенностей мегаполиса и агломерации. Необходимо подчеркнуть, что окончательное суждение о технической целесообразности и экономической обоснованности использования рассматриваемых решений можно вынести только по результатам комплексного анализа реализованных пилотных проектов, при этом одним из основных критериев оценки для каждого проекта, осуществляемого в любой из подсистем энергоснабжения, должен стать срок его окупаемости.

Существующие различия между Москвой в старых границах и территориями ТиНАО по плотности нагрузок и подходам к строительству подсистем электро-, тепло- и газоснабжения, обусловленные объективными историческими факторами, значительно осложняют выработку единых планов по развитию городского энергохозяйства. Вместе с тем структура территорий ТиНАО, представляющая собой децентрализованный набор очагов-кластеров, опоясанных ячеистой транспортно-коммуникационной сетью, является наиболее оптимальной для применения модели Smart City в части развития распределенной когенерации по критерию минимального объема капитальных затрат, необходимых для развития системы энергоснабжения в соответствии с рассматриваемой концепцией. Таким образом, реализация подхода Smart City оправдана в первую очередь на тер-

ритории ТиНАО, а также при застройке промышленных зон старой Москвы. В районах же существующей застройки в старых границах города акцент должен быть сделан на сохранение имеющихся систем электро- и теплоснабжения, оптимизацию их структуры и максимальное повышение эффективности управления и уровня координации между всеми подсистемами снабжения энергоресурсами.

Основой построения системы энергоснабжения на территории ТиНАО г. Москвы в рамках концепции Smart City является понятие «энергоэффективного квартала» – основной инфраструктурной единицы системы энергоснабжения в масштабах города. Подобный квартал представляет собой совокупность «умных» домов – объектов, для которых процесс потребления ТЭР объединен единой локальной системой контроля и управления. Главной особенностью таких домов является наличие и широкое использование накопителей энергии (в первую очередь электрической), что позволяет выровнять график электрической нагрузки и уменьшить загрузку магистральных сетей в пиковые часы, а также повысить активность потребителя в процессе энергоснабжения путем превращения его в источник электрической энергии при условии достаточной емкости накопителя. Застройка поселений ТиНАО, а также территорий бывших промышленных зон на территории Москвы в старых границах должна быть заранее сориентирована на комплексное энергоснабжение всех жителей путем развития Smart-инфраструктуры.

Ядром системы энергоснабжения кластеров являются традиционные источники когенерации (мини-ТЭЦ), функционирующие параллельно с энергоустановками на базе НВИЭ и, как было упомянуто, с накопителями электрической энергии. Подобная схема при условии обеспечения достаточного информационного объема между подсистемами электро-, тепло- и газоснабжения, а также внедрения передовых научно-технических достижений и производственных практик, имеет ряд преимуществ, позволяющих:

- повысить степень самобалансирования данных районов по электрической энергии и мощности и, таким образом, опти-

мизировать загрузку генерирующих мощностей и электрических сетей московского региона;

- снизить расход органического топлива путем покрытия части нагрузки от источников на базе НВИЭ;
- обеспечить покрытие пикового спроса на электрическую энергию и сгладить диспетчерский график генерирующих мощностей и график нагрузки путем использования накопителей достаточной емкости;
- повысить эффективность генерации электроэнергии и тепла и уменьшить значение потерь в электрических сетях путем принудительного перераспределения потоков мощности по ЛЭП;
- повысить надежность снабжения потребителей тепловой и электрической энергией с постепенным отказом от схемного резервирования для I и II категорий потребителей по надежности в случае активного использования накопителей.

Smart-подход к организации энергоснабжения должен быть применен и на общегородском уровне. Целевой моделью системы энергоснабжения в этом случае станет целостная сетевая структура, представляющая собой связанный информационными потоками набор энергокластеров, для которого осуществляется единое управление технологическими процессами производства (преобразования), транспорта, распределения и потребления ТЭР.

Применение модели Smart City также диктует необходимость качественных изменений в подсистемах тесно связанных со столичным энергохозяйством. Например, при развитии наземного городского электротранспорта (ГЭТ) основной акцент должен быть смещен в сторону безрельсовых видов – электробусов. Их внедрение позволит постепенно демонтировать существующие контактные сети, что разгрузит электрические сети, питающие тяговые подстанции, и может повысить качество поставляемой электроэнергии. Переход к электробусам позволит также увеличить пропускную способность городской дорожной сети. Работа в данном направлении вкупе с переводом на электро-тягу развозного грузового транспорта приведет

к уменьшению объемов загрязнения окружающей среды автотранспортом и их концентрации в районах периферийных электростанций, что объясняется соответствующим ростом выработки электроэнергии для зарядки аккумуляторов подвижного состава. Городское пространство, освобожденное от контактных сетей, создаст визуальный комфорт и повысит привлекательность города как объекта туризма. Таким образом, применение Smart-подхода для развития наземного ГЭТ позволит в конечном итоге повысить эффективность системы энергоснабжения при одновременном благоприятном воздействии на экологическую обстановку в Москве.

Полученная единая система энергоснабжения способна обеспечить компромиссное оперативное управление с учетом интересов всех участников, включая потребителей. Переход к модели Smart City произведет комплексный эффект: реализация технических мероприятий по повышению энергоэффективности приведет к снижению потребления топлива и вторичных ТЭР, а оптимальное управление режимами вкуче с использованием накопителей энергии позволит уменьшить объемы вводов генерирующих мощностей.

### **Основные мероприятия по развитию топливно-энергетического хозяйства на период до 2030 года**

**Система газоснабжения и газораспределения.** На рассматриваемую перспективу до 2030 г. в структуре топливного баланса тепло- и электроэнергетики Москвы будет доминировать природный газ. Данный вид топлива будет использоваться в качестве основного для перспективных столичных источников тепловой и электрической энергии. Таким образом, основным направлением развития системы газоснабжения Москвы будет обеспечение надежной и бесперебойной поставки газа в условиях прогнозного роста газопотребления.

Принимая во внимание существующие проблемы систем газоснабжения и газораспределения Москвы, а также сложности отвода земель под объекты газоснабжения, можно констатировать, что основными направлениями технической политики в области газоснабжения будут являться:

- повышение надежности газоснабжения существующих городских потребителей (в первую очередь объектов энергетики путем обеспечения их двумя независимыми вводами газа);
- обеспечение растущего спроса на газ, связанного, прежде всего, с вводом новых генерирующих мощностей;
- восстановление проектных показателей существующих объектов системы газоснабжения и газораспределения и обеспечение высокого уровня их технического состояния;
- проведение кампании по реконструкции городской системы газораспределения;
- совершенствование системы учета расхода газа;
- вынос объектов магистрального трубопроводного транспорта за пределы жилой застройки.

Покрытие растущего спроса на газ необходимо обеспечить за счет модернизации объектов магистрального трубопроводного транспорта, повышения экономичности столичной электроэнергетической системы и систем теплоснабжения, а также внедрения энергосберегающих технологий у потребителей. Данная задача должна быть решена и на уровне Единой системы газоснабжения: освоение новых месторождений Арктики позволит частично обеспечить нужды северо-западных регионов России и западных партнеров, что позволит разгрузить сеть газопроводов Центральной России, питающих КГМО, а разработка новых месторождений Западной Сибири позволит нарастить поставки в Московский регион. В этом случае можно обеспечить потребность столичного региона в газе без кардинальной перестройки имеющейся системы газопроводного транспорта, что минимизирует объем капитальных затрат.

Реализация основных стратегических направлений развития городских систем газоснабжения и газораспределения, учитывающих их текущие проблемы и особенности эксплуатации, а также перспективные направления технической политики, заключается в выполнении следующего перечня мероприятий:

- увеличение диаметра КГМО-I до 1200 мм и реконструкция КГМО-II с целью повышения пропускной способности;

- перенос КРП-13 за пределы городской застройки, а также принятие решения о ликвидации КРП-11 или его переносе;
- повышение производительности КРП-15, КРП-17, КРП-13 и КРП-14 с реконструкцией подводных газопроводов;
- строительство дополнительных КРП-20 и КРП-21, а также подводных и отводящих газопроводов, в целях обеспечения спроса на газ на территории ТиНАО;
- создание криогенных хранилищ сжиженного природного газа для покрытия пикового потребления;
- реконструкция отдельных участков КГМ и выходящих газопроводов;
- обеспечение высоких ежегодных объемов обновления газораспределительной сети города (не менее 2,5% от ее общей протяженности с целевым значением 5%);
- комплексная реконструкция ГРС с подводными газопроводами согласно утвержденному перечню объектов, включенных в состав Генеральной схемы газоснабжения Московской области на период до 2030 г.;
- изменение схемы питания ряда существующих и перспективных потребителей с оптимизацией газораспределительной сети в соответствии с приведенными планами по строительству и реконструкции объектов газоснабжения;
- наделение территорий, на которых расположены объекты магистрального трубопроводного транспорта, а также их охранные зоны и зоны минимальных расстояний, статусом земель с особыми условиями хозяйственной деятельности;
- разработка механизма выполнения ст. 32 Федерального закона «О газоснабжении» в части сноса зданий и сооружений, расположенных в зоне минимальных расстояний и охранный зоне магистральных газопроводов.

*Электроэнергетическая система.* Исходя из существующих проблем и режимно-технических особенностей Московской энергосистемы и энергосистемы г. Москвы как ее составной и неотъемлемой части, можно констатировать, что развитие последней должно быть направле-

но на повышение надежности, безопасности и эффективности функционирования генерирующего и электросетевого оборудования, а также на совершенствование ее технического уровня путем применения инновационных технологий. Основными направлениями технической политики в электроэнергетике Москвы являются:

- обеспечение энергетической безопасности Москвы и Московского региона;
- системное обновление основных производственных фондов;
- «интеллектуализация» электроэнергетической системы и дальнейшее приведение ее к целевой модели Smart Grid;
- оптимизация схемы электрических сетей путем постепенного перевода их на повышенные уровни напряжения и строительство подземных элегазовых подстанций глубокого ввода;
- повышение надежности энергоснабжения потребителей за счет рационального развития генерирующих источников и опорных электрических сетей;
- внедрение оборудования и технологий нового поколения для передачи и распределения электрической энергии, а также компенсации реактивной мощности;
- обеспечение минимального времени восстановления электроснабжения потребителей при возникновении аварийных режимов;
- применение комплекса методов ограничения ТКЗ;
- создание и усовершенствование комплексов локальной противоаварийной автоматики;
- снижение воздействия энергоустановок на окружающую среду;
- стимулирование потребителей к участию в процессе энергосбережения и управлению активной и реактивной нагрузкой;
- резервирование территории для строительства электросетевых объектов;
- совершенствование нормативно-технического обеспечения электросетевого комплекса.

В соответствии с концепцией Smart City центральным направлением развития электросетевого комплекса Москвы является реали-

зация пилотных проектов построения Smart Grid. Основной идеей данного подхода является превращение существующей традиционной электроэнергетической системы в гибкий технологический комплекс, изменяющий свои характеристики в режиме реального времени, с целью удовлетворения повышенных запросов потребителей, которые становятся активными участниками процесса электроснабжения. Для приведения ЭЭС к целевой модели необходимо повысить уровень их технической оснащенности современными быстродействующими устройствами силовой электроники и системами автоматического управления режимами с использованием мощных ЭВМ. Необходимым условием перехода к модели Smart Grid является также организация единой системы связи и телеуправления для оценки состояния режимов работы и выполнения необходимых действий в процессе оперативного управления.

Задача перспективного развития электроэнергетического комплекса Москвы в условиях прогнозного роста электрических нагрузок и потребления электроэнергии концептуально делится на две взаимосвязанных подзадачи: развитие электрогенерирующих мощностей и электросетевого хозяйства.

Решения Стратегии в части развития генерирующих мощностей должны учитывать необходимость восполнения выводимых теплофикационных мощностей с целью снабжения теплом существующих и новых потребителей, а также обеспечивать равные возможности для окупаемости возводимых электросетевых и генерирующих объектов в рамках кластерного подхода к развитию системы энергоснабжения ТиНАО г. Москвы. Согласно прогнозным данным, величина требуемого перетока от соседних энергосистем ОЭС Центра для форсированного сценария к 2030 г. значительно превысит пропускную способность внешних связей Московской энергосистемы. По результатам проведенного анализа перспективных балансов активной мощности в Московской энергосистеме и г. Москве, а также с учетом высокой степени неопределенности в сценариях спроса на электроэнергию по ОЭС Центра, в рамках Стратегии необходимо обеспечить увеличение установленной мощности электростанций Москвы за счет:

- ввода в эксплуатацию на ТЭЦ-12 и ТЭЦ-20 ОАО «Мосэнерго» новых энергоблоков ПГУ мощностью 211,6 МВт и 420 МВт соответственно;
- замены суммарно 13-ти энергоблоков Т-250 на ТЭЦ-21, ТЭЦ-23, ТЭЦ-25, ТЭЦ-26 и ТЭЦ-22 на модернизированные Т-295;
- реконструкции в период до 2028 г. выработавшего ресурс паросилового оборудования на ТЭЦ-8, ТЭЦ-11, ТЭЦ-12, ТЭЦ-16, ТЭЦ-21 и ТЭЦ-22;
- ввода в эксплуатацию ПГУ ТЭС «Кожухово» (170 МВт), энергоблока № 2 ГТЭС «Лыково (130 МВт) и ГТЭС «Щербинка» (375 МВт);
- сооружения на территории ТиНАО г. Москвы распределенной генерации (до 6-7 источников) суммарной установленной мощностью около 670 МВт.

Важно отметить, что исходя из прогнозного баланса мощности по форсированному сценарию, учитывающему рост пропускной способности внешних связей Московской энергосистемы, ввод Загорской ГАЭС-2 мощностью 840 МВт и возможные режимы работы электростанций ОЭС Центра, для покрытия максимума нагрузки необходимо дополнительно ввести 1500-2000 МВт генерирующих мощностей на территории Московской области.

Развитие электрических сетей столицы является необходимым условием надежного обеспечения потребителей электрической энергии в условиях значительного роста нагрузок, а также технически и экономически эффективного функционирования городской энергосистемы. Стратегическое планирование в электросетевом комплексе Москвы должно быть направлено на решение следующих задач:

- обеспечение внешнего электроснабжения существующих и новых потребителей в условиях прогнозного роста нагрузок и переориентацию ряда потребителей на новые питающие центры;
- выдачу мощности новых электростанций;
- снятие сетевых ограничений в существующей электрической сети, а также исключение возможности появления узких мест в перспективе из-за изменения структуры сети и строительства новых электростанций;

- развитие межсистемных электрических связей;
- усиление действующих и создание новых транзитов для обслуживания ОРЭМ, в том числе на территории ТиНАО;
- поддержание уровней напряжения в узлах сети в допустимых пределах.

Для решения поставленных задач необходимо осуществить масштабное сетевое строительство как в черте города, так и в ОЭС Центра с целью ввода режимов в область допустимых в условиях роста нагрузки и сооружения новых генерирующих мощностей. На перспективу до 2030 г. необходимо сооружение 1191 км линий электропередачи и подстанций суммарной установленной трансформаторной мощностью 26556 МВА классом напряжения 35 кВ и выше.

Мероприятия по развитию электросетевого комплекса включают строительство следующих объектов напряжением 500 и 750 кВ:

1. Опорная сеть 750 кВ ОЭС Центра:
  - ВЛ 750 кВ Грибово – Обнинск;
2. Опорная сеть 500 кВ Московской энергосистемы и г. Москвы:
  - ВЛ 500 кВ Дорохово – Панино;
  - ВЛ 500 кВ Дорохово – Обнинск;
  - ВЛ 500 кВ Грибово – Дорохово (2-я цепь);
  - ПС 500 кВ Ярцево;
  - реконструкция ПС 500 кВ Чагино, Пахра, Трубино и Ногинск.

На перспективу до 2030 г. сети напряжением 750 и 500 кВ продолжают выполнять системообразующие функции в ОЭС Центра и Московской энергосистеме. Развитие данных сетей определяется в первую очередь вводом новых крупных энергоисточников в ОЭС Центра, а также требованиями повышения надежности энергоснабжения потребителей наиболее густонаселенной и промышленно развитой части страны.

Основным направлением развития общегородских распределительных сетей является применение системы напряжений 220/20 кВ как наиболее соответствующей прогнозируемому росту нагрузок в черте города, включая территории ТиНАО. Постепенный перевод распределительных сетей низкого напряжения на класс 20 кВ позволит значительно уменьшить число питающих фидеров, а также ПС, РП и СП, что вкупе с оптимизацией структуры сети позволит сни-

зить потери электроэнергии и поддерживать требуемые уровни напряжения у потребителей. При этом сети напряжением 6 кВ будут поддерживаться в работоспособном состоянии, а развитие сетей 10 кВ будет рассматриваться в районах, где применение напряжения 20 кВ не предполагается или планируется в очень дальней перспективе.

Развитие сетей 110 кВ, утративших системообразующие функции, будет ограничиваться обеспечением надежного электроснабжения существующих и новых потребителей; сооружение объектов электросетевого хозяйства напряжением 35 кВ на территории Москвы не планируется.

Стоит отметить, что в целях минимизации стоимости строительства все городские подстанции 220/20 кВ должны быть построены по типовому проекту, включающему установку на ПС двух трансформаторов мощностью 200 МВА и сооружение КРУЭ 220 кВ с целью уменьшения площади отчуждаемых земель. Линии сети 220 кВ должны быть кабельными со СПЭ-изоляциями.

Успешное решение задач развития электросетевого комплекса Москвы, поставленных технической политикой, возможно только при условии внедрения новейших типов электрооборудования, конструкций и материалов, а также технологий строительства сетевых объектов, для чего предусматривается реализация ряда наиболее перспективных пилотных проектов:

- строительство газоизолированных линий электропередачи (ГИЛ) напряжением 220 кВ для организации глубоких вводов;
- сооружение вставок постоянного тока (ВПТ) и токоограничивающих устройств на основе явления высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП ТОУ) для снижения уровня токов короткого замыкания в Московской энергосистеме.

**Системы теплоснабжения.** Основным стратегическим направлением развития городского теплоэнергетического хозяйства на перспективу до 2030 г. является повышение надежности теплоснабжения в условиях прогнозируемого роста потребления тепловой энергии. Исходя из этого, в существующих условиях в качестве главных по-

ложений технической политики в системе теплоснабжения Москвы должны быть приняты:

- системное обновление основных производственных фондов;
- техническое перевооружение теплоэнергетического комплекса столицы с использованием новейших технических разработок;
- повышение экономичности существующих тепловых источников и обеспечение эффективной параллельной работы ТЭЦ и котельных;
- рациональное сочетание централизованных и децентрализованных схем энергоснабжения в зависимости от существующих градостроительных подходов для различных городских территорий;
- создание на территории новой Москвы распределенной когенерации;
- разработка комплекса мероприятий по переводу действующих систем теплоснабжения и отопления на пониженные температурные графики и мер по поддержанию требуемой температуры сетевой воды;
- ввод теплофикационных мощностей на фактическую тепловую нагрузку не менее 70% от необходимой с учетом коэффициента теплофикации 0,5-0,6;
- оптимизация схем тепловых сетей;
- сокращение затрат на ремонт и восстановление подземных теплопроводов за счет совершенствования методов испытаний и внедрения средств неразрушающего контроля;
- внедрение автоматизированных систем диспетчерского управления тепловыми сетями и информационно-графических систем теплоснабжающих предприятий;

Согласно прогнозным данным в части роста тепловых нагрузок, а также с учетом объемов выводимого теплоэнергетического оборудования по условиям выработки паркового и индивидуального назначенного ресурса, требуемый ввод установленной тепловой мощности для покрытия нагрузок по целевому (форсированному) сценарию совокупно по Москве на перспективу до 2030 г. должен достигнуть 10000 Гкал/ч.

Важным направлением развития систем теплоснабжения вне зависимости от territori-

ального фактора является реализация общегородской программы по энергосбережению, что снизит потребность в сооружении новых тепловых источников и сохранит теплопотребление в Москве в старых границах к 2030 г. на текущем уровне. Перспективным направлением развития является также поддержание необходимой температуры сетевой воды в периоды резких похолоданий путем ее централизованного догрева на ЦТП и ИТП с использованием электрической энергии в период ночного минимума.

Перспективным направлением оптимизации схемы городской системы теплоснабжения в части перераспределения тепловых нагрузок является создание института теплового диспетчера, схожего по функционалу с ОАО «СО ЕЭС» и ОАО «АТС». Основной задачей данной службы должно стать гибкое оперативное управление и диспетчирование нагрузок потребителей в целях уменьшения совокупной стоимости услуги по теплоснабжению.

Необходимо отметить, что ряд предполагаемых к реализации мероприятий по развитию систем теплоснабжения неодинаков в территориальном разрезе, что объясняется их схемными особенностями для территорий Москвы в старых границах и ТиНАО. Так, главным стратегическим приоритетом развития систем теплоснабжения для Москвы в старых границах является сохранение централизованной теплофикационной системы при одновременном увеличении выработки тепловой и электрической энергии в комбинированном цикле одновременно с переключением тепловых нагрузок котельных на ТЭЦ для оптимизации структуры теплогенерирующего оборудования и общего повышения энергетической эффективности столичного теплоэнергетического хозяйства. Основу решения проблемы восполнения теплофикационных мощностей составит программа замены выводимого из эксплуатации оборудования Т-250 на блоки Т-295.

В условиях отсутствия резервов мощности существующих тепловых источников ТиНАО, достаточных для обеспечения сценарных приростов теплопотребления, а также учитывая ожидаемую в период до 2030 г. балансную ситуацию в Московской энергосистеме и ОЭС Центра, развитие систем теплоснабжения необходимо

осуществлять по разным схемам в зависимости от концентрации тепловых нагрузок:

- при теплоплотности  $\geq 0,2$  Гкал/ч·га – на базе централизованных теплофикационных систем тепловых электростанций малой и средней мощности (энергокомплексов);
- при теплоплотности  $< 0,1$  Гкал/ч·га (районы дисперсной малоэтажной застройки) – по схемам индивидуального теплоснабжения.

Поступила в редакцию  
04.12.2015 г.

V. Bushuev, P. Livinsky, V. Shilin<sup>2</sup>

### UPDATE OF MOSCOW'S ENERGY STRATEGY FOR THE PERIOD UP TO THE YEAR 2030

The article presents the results of the work performed by the Institute of energy strategy (co-executors) at the request of the Department of TECH the government of Moscow, devoted to a new approach to future energy development of the metropolis taking into account the annexed territories.

Target scenario of development of the energy infrastructure of New Moscow is based on the methodology used smart city (Smart City) and intelligent energy system (Smart Grid) with the rational justification of the amount of centralized and distributed generation, coordination of systems of electricity, heat and gas supply and the necessary measures to ensure the reliability and social efficiency of energy supply of the metropolis.

*Key words:* energy strategy, energy systems, Smart City, Smart Grid, energy infrastructure, energy efficiency.

---

<sup>2</sup> Vitaly V. Bushuev – Director General with Institute for Energy Strategy, professor, Doctor of Engineering, *e-mail:* vital@df.ru;  
Pavel A. Livinsky – Head of the Department of fuel and energy economy of Moscow, *e-mail:* depteh@mos.ru;  
Vladimir A. Shilin – Associate Professor of the Department of electric power systems of NRU MEI, PhD in Engineering, *e-mail:* shilin@yandex.ru.