

# На пути к энергетическому Интернету: новые регуляции, бизнес модели, экономические и технические предпосылки

В.П.Куприяновский, А.В.Конев, О.В.Гринько, О.Н.Покусаев, Д.Е.Намиот

**Аннотация**—В статье обсуждаются вопросы, связанные с так называемым энергетическим интернетом. Энергетическая система сегодня фундаментальным образом трансформируется и становится намного сложнее и динамичнее. Фактически, старых способов балансирования энергоснабжения и запросов на сеть для удовлетворения потребностей клиентов уже стало недостаточно, клиенты сети ожидают и требуют большего. Соответственно, и сама сеть эволюционирует в динамическую, цифровую сеть, соединяющую миллионы распределенных энергетических ресурсов. Эту новую систему и называют энергетическим Интернетом, и она охватывает как энергию, так и данные, протекающие по сети. Это новые концепции, которые представляют большие изменения энергетического рынка, который существовал практически без изменений в течение стольких лет. В статье рассматриваются новые регуляции, бизнес модели, экономические и технические предпосылки энергетического Интернета по материалам ЕС. В работе описано текущее состояние энергетики в ЕС и предпосылки изменений. Подробно рассмотрены трансевропейские сети и приоритетные коридоры. Центральным элементом в энергетических исследованиях ЕС являются вопросы умных сетей, развитие которых можно считать важным этапом развития энергетического интернета. Сегодня Германия возглавляет европейские страны с точки зрения количества проектов умных сетей, за ней следует Дания. Также в работе рассматриваются новые умные энергосети сети в контексте нового поколения Интернет (NGI).

**Ключевые слова** — энергетический Интернет; энергетика; NGI

## I. ВВЕДЕНИЕ

Энергетические технологии, безусловно, породили прорывные процессы и продолжают развиваться. Начало практического применения стартовало с освещения улиц Нью-Йорка, заменяя газовые фонари,

сегодня привело к тотальному его применению в умных домах, городах, транспорте, производстве, возможностям его производства и хранения практически в любой точке земли и даже космоса. Да и сама энергетическая система стала умнее.

Энергетическая система сегодня трансформируется фундаментальными способами и становится намного сложнее и динамичнее. Фактически, старых способов балансирования энергоснабжения и запросов на сеть для удовлетворения потребностей клиентов уже стало недостаточно. Клиенты ожидают и требуют больше. И сама сеть эволюционирует в динамическую, цифровую сеть, соединяющую миллионы распределенных энергетических ресурсов, большинство из которых сейчас находятся на краю сети.

Мы называем эту новую систему энергетическим Интернетом, и она охватывает как энергию, так и данные, протекающие по сети [1]. Конечно, сегодня рассматривать что-то отдельно от остального технологического развития практически нецелесообразно и кроме энергетического интернета употребляются термины: интернета вещей, семантического интернета, физического интернета, тактильного интернета и интернета поездов. Некоторый список коммуникаций между новыми технологиями показан на рисунке 1. Список этот не полный и то, как будет выглядеть Интернет в ближайшем будущем, рассматривается в тематике нового поколения Интернета или NGI [2,3,4]. Так как далее речь пойдет о работах ЕС, то на рисунке 1 показано, как новое поколение Интернета выглядит в составе утвержденных исследований ЕС до 2020 года. Примечательна и понята связь NGI с другими прорывными технологиями.

Возвращаясь к энергетическому интернету, стоит отметить, что управление гибкостью, то есть использование гибких распределенных энергоресурсов на краю сети, является ключом к успеху в новом энергетическом мире. Вам нужны новые способы мышления, чтобы справиться с развивающимся энергетическим Интернетом. Нам всем нужно понять новые концепции, которые представляют большие изменения энергетического рынка, который существовал практически без изменений в течение

Статья получена 1 февраля 2019.

Куприяновский В. П. – Центр высокоскоростных транспортных систем РУТ (МИИТ); Национальный Центр Цифровой Экономики МГУ имени М.В. Ломоносова (email: v.kupriyanovsky@rut.digital)

А.В. Конев – Российское энергетическое агентство (e-mail: konev@rosenergo.gov.ru)

О.В.Гринько - ООО "Т-Система" (email: gov@t-systema.com)

О.Н. Покусаев – Российская Академия транспорта; Центр высокоскоростных транспортных систем РУТ (МИИТ) (email: o.pokusaev@rut.digital)

Д.Е. Намиот –МГУ имени М.В. Ломоносова; РУТ (МИИТ) (email: dnamiot@gmail.com)

СТОЛЬКИХ ЛЕТ.

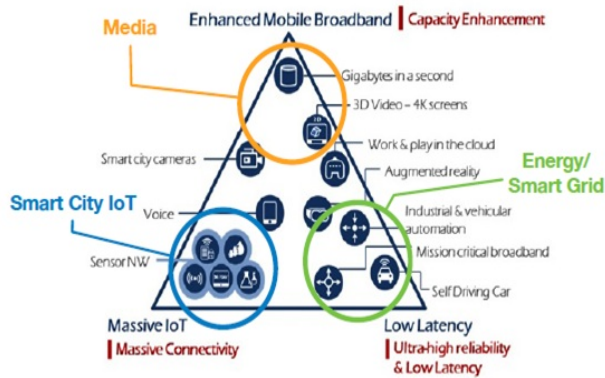


Рис. 1. Взаимосвязанность различных умных технологий [5]

## Next Generation Internet

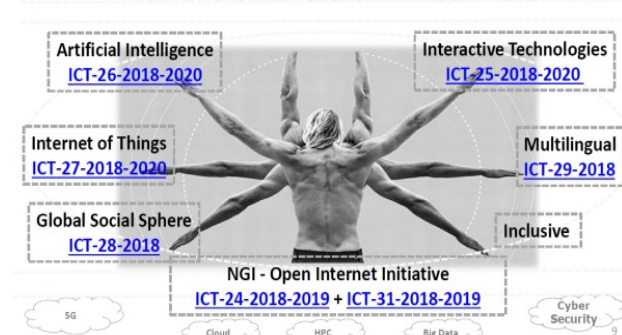


Рис. 2. Как выглядят исследования по NGI (источник - [www.ngi.eu](http://www.ngi.eu))

### II. ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ В ЕС И ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗМЕНЕНИЙ

ЕС это объединение европейских стран с суммарным населением более 500 миллионов человек, огромными промышленностью и собственной энергетикой. Добыча собственных природных энергоресурсов в ЕС неуклонно снижается, как и производство из них электроэнергии, но растет производство возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и оно к 2014 году достигло более 17 % (рисунок 1). Однако это в среднем по всем странам, входящим в ЕС, а во многих странах доля ВИЭ уже превышает 50 %, а, например, морская ветрогенерация. Методы, которыми ЕС влияет на формирование рынка энергетике, очень разнообразны. Это и регламентация и научно-практические исследования, имеющие конкретные цели. Есть и глобальные цели, связанные с построением единого (в том числе цифрового) рынка. В нашем случае интересны проекты ЕС TEN.

Трансевропейские сети (TEN) были созданы Европейским союзом в соответствии со статьями 154-156 Римского договора (1957 г.), с заявленными целями создания внутреннего рынка и укрепления экономической и социальной сплоченности. Для различных сторонников этой политики было мало смысла говорить о большом рынке ЕС со свободой

перемещения внутри него товаров, людей и услуг, если только различные регионы и национальные сети, составляющие этот рынок, не были должным образом связаны современными и эффективными инфраструктурами. Строительство трансевропейских сетей также рассматривалось как важный элемент экономического роста и создания рабочих мест.

Договор об учреждении Европейского сообщества сначала обеспечил правовую основу для TEN. В соответствии с положениями главы XV Договора (статьи 154, 155 и 156) Европейский союз должен стремиться содействовать развитию трансевропейских сетей в качестве ключевого элемента для создания внутреннего рынка и укрепления экономического и социального положения. Сплоченность. Это развитие включает в себя взаимосвязь и функциональную совместимость национальных сетей, а также доступ к таким сетям.

В соответствии с этими целями, Европейская комиссия разработала руководящие принципы, охватывающие цели, приоритеты, определение проектов, представляющих общий интерес и широкие направления мер для трех соответствующих секторов (транспорт, энергетика и телекоммуникации). Европейский парламент и Совет утвердили эти руководящие принципы после консультаций с Экономическим и социальным комитетом и Комитетом регионов.

Большое количество проектов, представляющих общий интерес, получили финансовую поддержку бюджета Европейского Союза через бюджетную линию TEN, а также из Структурных фондов и Фонда сплочения. Европейский инвестиционный банк также внес значительный вклад в финансирование этих проектов за счет кредитов. Три класса сети были определены договором:

- Трансевропейские транспортные сети (TEN-T)
- Трансевропейские энергетические сети (TEN-E или TEN-Energy)
- Трансевропейские телекоммуникационные сети (eTEN).

Стратегия Трансевропейских сетей для энергетике (TEN-E) направлена на объединение энергетической инфраструктуры стран ЕС. В рамках стратегии были определены девять приоритетных коридоров и три приоритетных тематических области [6].

Приоритетные коридоры, которые охватывают как минимум две страны ЕС, требуют срочного развития инфраструктуры в области электричества, газа или нефти. Это развитие соединит регионы, в настоящее время изолированные от европейских энергетических рынков, укрепит существующие трансграничные взаимосвязи и поможет интегрировать возобновляемую энергию.

Приоритетными тематическими областями являются развертывание интеллектуальных сетей, электрические магистрали и трансграничная сеть углекислого газа.

ЕС помогает странам в приоритетных коридорах и приоритетных тематических областях работать вместе, чтобы развивать лучше связанные энергетические сети, и предоставляет финансирование для новой энергетической инфраструктуры.

#### *А. Приоритетные электрические коридоры [6]*

Оффшорная сетка Северного моря (NSOG): Комплексное развитие морских электросетей и связанные с ними соединительные элементы в Северном море, Ирландском море, Ла-Манш, Балтийском море и соседних водах для транспортировки электроэнергии из возобновляемых морских источников энергии в центры потребления и хранения, а также для увеличения пропускной способности, обмена электричеством.

Взаимодействие электроэнергии между севером и югом в Западной Европе («NSI West Electricity»): Взаимодействие между странами ЕС в этом регионе и со средиземноморским районом, включая Пиренейский полуостров, в частности, для интеграции электроэнергии из возобновляемых источников энергии и укрепления внутренней сетевой инфраструктуры для продвижения рынка интеграция в регионе. Соединения электричества север-юг в центральной восточной и юго-восточной Европе («NSI East Electricity»): Соединения и внутренние линии в направлениях север-юг и восток-запад, чтобы завершить внутренний энергетический рынок ЕС и интегрировать возобновляемые источники энергии.

План присоединения Балтийского энергетического рынка к электроэнергии («BEMIP Electricity»): взаимосвязи между государствами-членами в Балтийском регионе и укрепление внутренней сетевой инфраструктуры, чтобы положить конец энергетической изоляции стран Балтии и способствовать интеграции рынка; это включает в себя работу по интеграции возобновляемых источников энергии в регионе.

#### *В. Приоритетные газовые коридоры [6]*

Газовые соединения север-юг в Западной Европе («NSI West Gas»): Газовая инфраструктура для потоков газа север-юг в Западной Европе с целью дальнейшей диверсификации маршрутов поставок и увеличения краткосрочной доставки газа. Газовые соединения между севером и югом в центральной-восточной и юго-восточной Европе («NSI East Gas»): газовая инфраструктура для региональных связей между и внутри региона Балтийского моря, Адриатического и Эгейского морей, восточного Средиземного моря и Черного моря, а также для усиления диверсификации и безопасность газоснабжения. Южный газовый коридор («SGC»): Инфраструктура для транспортировки газа из Каспийского бассейна, Центральной Азии, Ближнего Востока и Восточного Средиземноморья в ЕС для

усиления диверсификации поставок газа.

План присоединения Балтийского энергетического рынка к газу («BEMIP Gas»): Газовая инфраструктура для прекращения изоляции трех балтийских государств и Финляндии и их зависимости от одного поставщика, для усиления внутренней сетевой инфраструктуры, а также для повышения диверсификации и безопасности поставок в регион Балтийского моря.

#### *Приоритетные нефтяные коридоры*

Приоритетный нефтяной коридор [6] связан с поставками нефти в центрально-восточной Европе («OSC»): функциональная совместимость сети нефтепроводов в центрально-восточной Европе для повышения надежности поставок и снижения экологических рисков. Приоритетные тематические области, которые касаются всего ЕС Развертывание интеллектуальных сетей: увеличьте развертывание интеллектуальных сетей, чтобы помочь интегрировать возобновляемую энергию и позволить потребителям лучше регулировать потребление энергии. Электрические магистрали: строительство электрических магистралей - крупных сетей, которые позволяют транспортировать электроэнергию на большие расстояния по всей Европе (например, от ветряных электростанций в Северном и Балтийском морях до хранилищ в Скандинавии и Альпах) Трансграничная сеть углекислого газа: развитие транспортной инфраструктуры для улавливаемого CO<sub>2</sub>. Цели присоединения к электроэнергии очевидны. Для достижения своих климатических и энергетических целей Европе необходимо улучшить трансграничные электрические соединения. Надежные соединения с соседними странами также снижают риск отключения электроэнергии, уменьшают необходимость строительства новых электростанций и облегчают управление переменными возобновляемыми источниками энергии, такими как солнечная и ветровая энергия.

В октябре 2014 года Европейский совет призвал все страны ЕС к 2020 году подключить к электросетям не менее 10% своих установленных производственных мощностей [6].

Однако мир изменился в энергетике принципиально. На рисунке 3 видно, что в ЕС уже несколько лет снижается потребление энергии, и очень существенно изменился баланс генерации. При этом, нарушая прежние экономические законы, считавшие догмой жесткую связь экономического роста с ростом производства электроэнергии, рост ВВП есть при спаде производства электроэнергии (рисунок 4).

Есть и конкретные проблемы развития энергетики связанные с потребителями:

- Новые услуги для более удобного, комфортного и здорового проживания в окружающей среде

при более низких затратах энергии для потребителей

- Интеграция возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и содействие энерго-эффективности
- В соответствии с потребностями пользователей с управлением распределенной сетью и получить доступ к выгодам от реализации режимов ответа на запрос получения энергии
- Экономические и иные показатели.

Кроме того, и так не маленькие растущие расходы на поддержание работоспособности и баланса энергетических сетей могут оказаться бесполезными, например, при росте потребления электрических автомобилей, есть оценки [5], что, “когда поглощение электромобилей (EV) достигает даже 10% в ЕС, нагрузка достигнет максимума по вечерам около 38 ГВт, создавая очень серьезные риски стабильности в коммунальных услугах из-за моделей мобильности электромобилей, которые вносят неопределенность в управление сети”. О современном состоянии развития EV смотри [8 - 11].

Есть и невероятно быстро растущие сектора производства ВИЭ, такие как морская (офшорная) ветроэнергетике процитируем [7]:

“Согласно последним данным (DNV-GL, 2017), цена за мегаватт-час снизилась на 50% за последние три года. Операционный прогноз для европейского офшорного ветрового сектора прогнозирует увеличение производства мегаватт более 50% в 2020 году по сравнению с 2016 годом (DNV-GL, 2017)”.

Если брать энергобалансы и цели развития энергетики отдельных стран то ситуация выглядит еще более впечатляющей. Например, Великобритания уже практически закрыла большую часть своих тепловых электростанций и объявила целью энергетический ноль по выбросам или 50% должна быть ядерная генерация и 50% ветрогенерация (в основном офшорная).

Электрическая индустрия ЕС находится сегодня в финансовом стрессе (рисунок 5), и выходы из этого положения ищутся в создании новых разрушительных бизнесов или элементов энергетического интернета (рисунок 6), развитии экономически состоятельных ВИЭ (рисунок 7). В целом, это глобальный энергетический переход (рисунок 8), затрагивающий транспорт, электричество и тепло, хотя это только часть картины.

И сегодня вместе с планами создания TEN активные позиции занимают «умные сети» (Smart Grid), но содержание их постоянно изменяется путем дополнения идеями энергетического интернета.

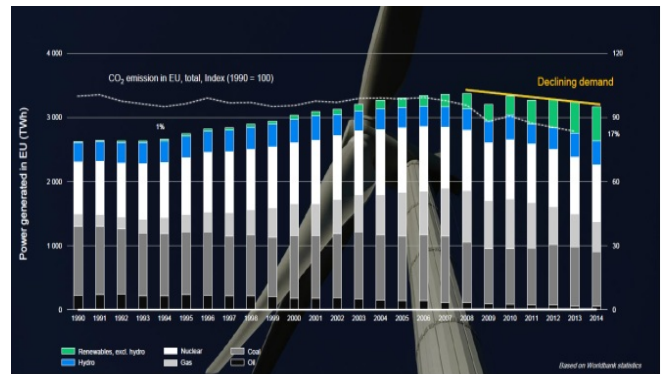


Рис. 3. Производство и потребление электроэнергии в ЕС (обработано Ericsson на базе статистики Мирового Банка. На рисунке цветом показано: зеленый – ВИЭ, синий – гидроэнергетика, белый-ядерная энергетика, светло серый - газ, серый – уголь и черный – нефть)

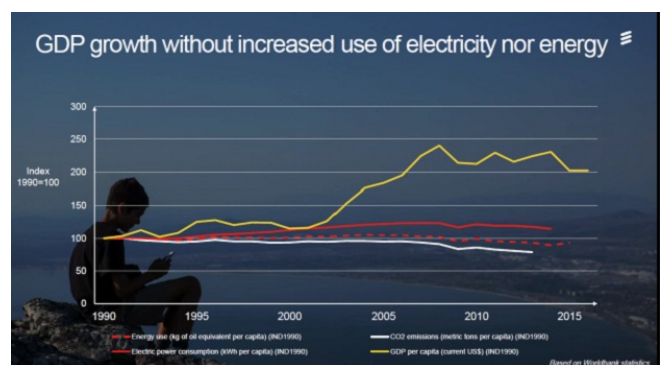


Рис. 4. Рост ВВП без роста производства электроэнергии

Красная – производство электроэнергии, желтая – рост ВВП (источник - обработано Ericsson на базе статистики Мирового Банка)

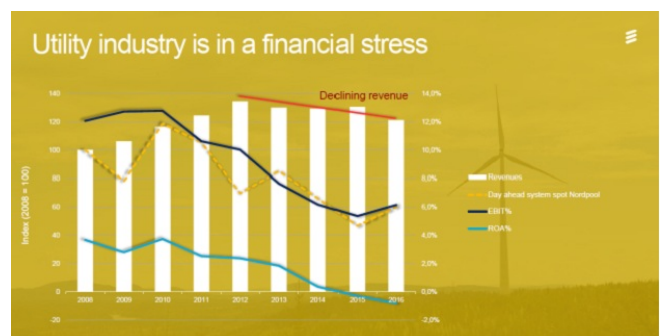


Рис. 5. Электрическая индустрия ЕС в финансовом стрессе (белая – доходность, черная – EBIT %, голубая-ROA% (источник - обработано Ericsson на базе статистики Мирового Банка))

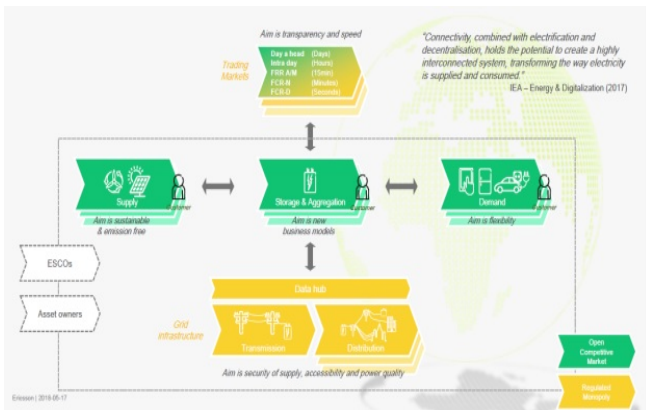


Рис. 6. Новая разрушительная бизнес модель с цепями создания стоимости «без активов» (источник - обработано Ericsson на базе IEA)

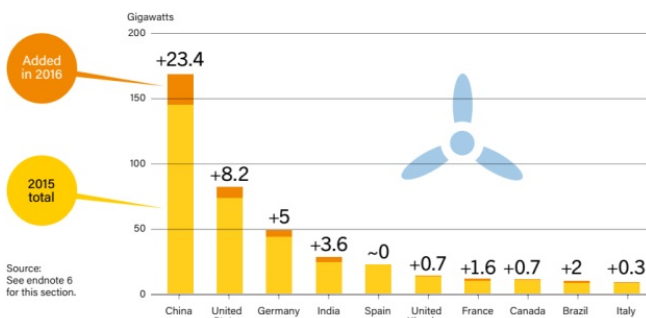


Рис. 7. Мощность и дополнительные мощности ветра, 10 крупнейших стран в 2016 году (источник - REN21, 2017)



Рис. 8. Энергетический переход (источник - Statoil, 2018)

### III. ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ЭНЕРГЕТИКЕ В ЕС И ИХ ОРГАНИЗАЦИЯ

В ходе анализа проектов ЕС выявлено присутствие данных по всей мировой энергетике, анализ глобального состояния стандартов, пилотных проектов и применяемых технологий, которые как правило пилотируются в нескольких странах и климатических зонах, наиболее близких России по разным параметрам, важным для сетевой энергетики.

Темы по цифровой трансформации энергетического рынка задаются решениями ЕС и рассматриваются в комплексе с другими инновационными решениями и ключевыми показателями эффективности (KPI), которые включают и оценку экономических параметров.

Центральном в энергетических исследованиях ЕС являются вопросы умных сетей, развитие которых можно считать важным этапом развития энергетического интернета. Сегодня Германия

возглавляет европейские страны с точки зрения количества проектов умных сетей, за ней следует Дания.

Объем инвестиций ЕС в научно-технические направления составляет около 100 млрд. евро, помимо этого такие проекты со-финансируют компании и сеть отдельные проекты национальных проектов. Для нашего читателя мы приводим пример перечня используемых решений ЕС, определяющих направления работ по сетевой энергетике который приводится ниже:

- ES-5 2018-2020: TSO - DSO - Потребитель: Крупномасштабные демонстрации инновационных сетевых услуг за счет реагирования на запросы, хранения и создания малой генераций (ВИЭ)
- ES-1-2019: Варианты гибкости и опционности для розничного рынка распределительной сети
- ES-2-2019: Решения для расширения регионального приграничного сотрудничества в сетях передачи
- ES-6-2019: Исследование современных инструментов и технологическое развитие.

Общие требования ЕС-3 ES-1 ES2-ES-5 ES-6:

- DT-ICT-10-2018: Интероперабельность умного дома и сетей.
- DT-ICT-11-2019: Решения Больших Данных для энергетики (Big data solutions for energy)

Есть общие решения, касающиеся всей энергетической отрасли или шире - это SU-DS04-2018-2020: Кибербезопасность в энергетической отрасли и сетях (EPES): способы защиты против кибератак и т.д.

На основании решений ЕС финансируются и выполняются проекты, которые были начаты в разные годы и их темы даны в соответствии с формулировкой решений ЕС.

Ниже примерный перечень названий проектов и адресов веб сайтов проанализированных проектов (в каждом из которых, в свою очередь, анализировались законченные отчеты в несколько десятков позиций):

LCE-08-2014 - местное / мелкомасштабное хранение энергии:

- ELSA: Energy Local Storage Advanced system <http://elsa-h2020.eu/>
- NETFFICIENT: Energy and economic efficiency for today's smart communities through integrated multi storage technologies <http://netfficient-project.eu/>
- RealValue: Realising Value from Electricity Markets with Local Smart Electric Thermal Storage Technology <http://www.realvalueproject.com/>
- SENSIBLE: Storage-Enabled Sustainable Energy for Buildings and Communities <http://www.h2020-project-sensible.eu/>

- STORY: Added value of STORAge in distribution sYstems <http://horizon2020-story.eu/>
- TILOS: Technology Innovation for the Local Scale, Optimum Integration of Battery Energy Storage <http://www.tiloshorizon.eu/>

LCE-10-2014 - Технологии нового поколения для хранения энергии

- NAIADES: Na-Ion bAttery Demonstration for Electric Storage <http://www.naiades.eu/>

LCE-07-2014 - Распределительная сеть и розничный рынок

- AnyPLACE: Adaptable Platform for Active Services Exchange <http://www.anyplace2020.org/>
- EMPOWER: Local Electricity retail Markets for Prosumer smart grid power services <http://empowerh2020.eu/>
- ENERGISE: ICT-based ENERgy Grid Implementation – Smart and Efficient <http://project-energise.eu/>
- Flex4Grid: Prosumer Flexibility Services for Smart Grid Management <https://www.flex4grid.eu/>
- FLEXICIENCY: energy services demonstrations of demand response, FLEXibility and energy efficiency based on metering data <http://www.flexiciency-h2020.eu/>
- FLEXMETER: Flexible smart metering for multiple energy vectors with active prosumers <http://flexmeter.polito.it/>
- NOBEL GRID: New Cost Efficient Business Models for Flexible Smart Grids <http://nobelgrid.eu/>
- P2P-SmartTest: Peer to Peer Smart Energy Distribution Networks <http://www.p2psmartest-h2020.eu/>
- SmarterEMC2: Smarter Grid: Empowering SG Market Actors through Information and Communication Technologies <http://www.smarteremc2.eu/>
- UPGRID: Real proven solutions to enable active demand and distributed generation flexible integration, through a fully controllable LOW Voltage and medium voltage distribution grid <http://upgrid.eu/>

LCE-05-2015 - Инновации и технологии для развертывания оффшорных сбытовых сетей

- PROMOTION: Progress on Meshed HVDC Offshore Transmission Networks <https://www.promotion-offshore.net/>

LCE-06-2015 - Сбытовые сети и оптовый рынок

- FutureFlow: Designing e-trading Solutions for Electricity Balancing and re-dispatching in Europe

<http://www.futureflow.eu/>

- MIGRATE: Massive Integration of power Electronic devices <https://www.h2020-migrate.eu/>
- SmartNet: Smart TSO-DSO interaction schemes, market architectures and ICT Solutions for the integration of ancillary services from demand side management and distributed generation <http://smartnet-project.eu/>

LCE-09-2015 - Крупномасштабное хранение энергии

- CryoHub: Developing Cryogenic Energy Storage at Refrigerated Warehouses as an Interactive Hub to Integrate Renewable Energy in Industrial Food Refrigeration and to Enhance PowerGrid Sustainability <http://cryohub.eu/en-gb/>
- STOREandGO: Innovative large-scale energy storage technologies and Power-to-Gas concepts after optimization <http://www.storeandgo.info/>

LCE-07-2016-2017 - Разработка технологий нового поколения возобновляемой электроэнергии и отопления / охлаждения

- GRIDSOL: Smart Renewable Hubs For Flexible Generation: Solar Grid Stability <http://www.gridsolproject.eu/>
- RE-SERVE: Renewables in a Stable Electric Grid <http://www.re-serve.eu/>
- CROSSBOW: CROSS BOrder management of variable renewable energies and storage units enabling a transnational Wholesale market <http://crossbowproject.eu/>
- EU-SysFlex: Pan-European system with an efficient coordinated use of flexibilities for the integration of a large share of RES <http://www.eu-sysflex.com/>
- FLEXITRANSTORE: An Integrated Platform for Increased FLEXibility in smart TRANSMission grids with STORAge Entities and large penetration of Renewable Energy Sources <http://www.flexitranstore.eu/>
- OSMOSE: Optimal System-Mix of flexibility Solutions for European electricity <http://www.osmose-h2020.eu/>

На рисунке 9 приводится количество интеллектуальных сетевых проектов находящихся на этапе разработки в ЕС. Проекты умных сетей уже составляют 26% от общего бюджета сетевых энергокомпаний ЕС. Как структурно распределяются эти инвестиции в разные приложения для смарт-сетей можно увидеть на рисунке 10. Рост этого рынка по годам и прогнозы можно увидеть на рисунке 11.

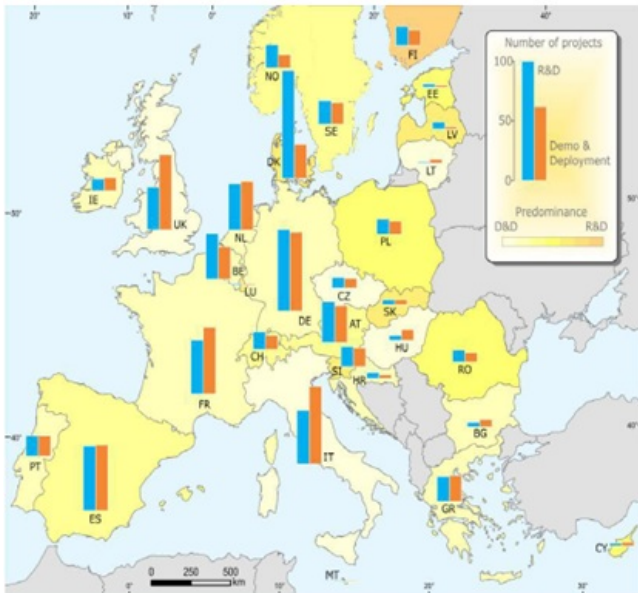


Рис. 9. Количество интеллектуальных сетевых проектов находящихся на этапе разработки в ЕС (источник - Frost & Sullivan)

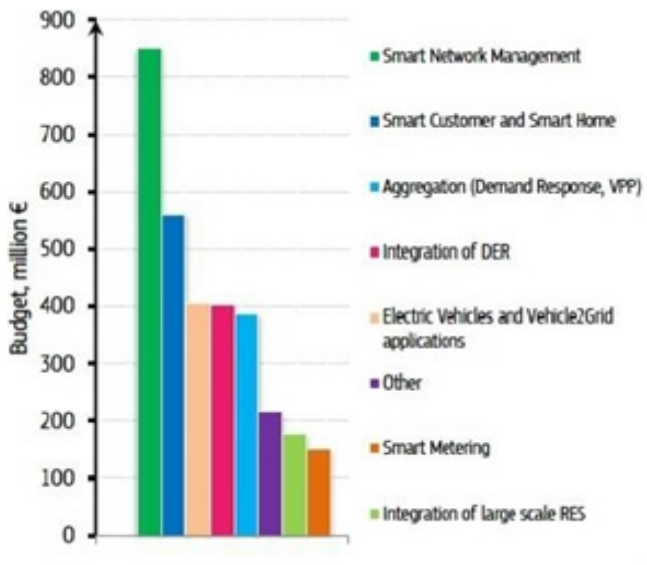


Рис. 10. Инвестиции в приложения для смарт-сетей (источник - Frost & Sullivan)

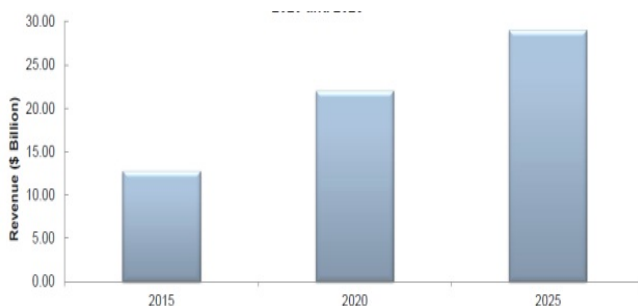


Рис. 11. Европейский рынок умных сетей: прогноз выручки, 2015, 2020 и 2025 гг. (источник - Frost & Sullivan)

Следует отметить, что ряд новых моделей деятельности может появиться в сетевой энергетике, частично вытесняя старые модели (корпоративные или

национальные). Старые модели сетевой энергетике расширяются и появляются новые, например: системы, объединяющие воедино ВИЭ, тепловую, газовую и систему водоснабжения в ЕС.

Ниже мы приводится наметившийся сценарий развития сетевой энергетике в рамках ее цифровой трансформации. Следует отметить, что далее излагается один из сценариев развития до 2050 года, который нам показался наиболее значимым и подкрепленным исследованиями ЕС.

#### IV. ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ МОДЕЛИ ПОСТАВКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

На протяжении многих лет нынешняя модель обеспечивала относительно дешевые и надежные источники энергии. Клиенты покупали энергию у лицензированных поставщиков, которые производят собственную энергию или покупают ее у других генераторов на оптовом/национальном рынке. Энергия поставляется заказчикам регулируемой монополией трансмиссионных и распределительных компаний. Для нашего читателя мы приводим список публикаций [12-20] по обсуждаемой тематике на русском языке.

Альтернативные модели:

##### 1) Энергосервисные компании (ЭСКО).

В рамках этой модели компании предлагают интегрированный пакет, отвечающий всем потребностям потребителей: тепло, электричество и транспорт. Это может включать в себя установку и обслуживание приборов, а также финансирование и другие услуги. Клиент оплачивает все эти услуги и ЭСКО стремится максимизировать энергоэффективность каждого из клиента.

Клиенты в этом случае могут позволить ЭСКО действовать как агрегатору или виртуальной электростанции, контролирующей такие приборы, как нагревательный блок или холодильники, и осуществлять управление спросом для максимизации энергоэффективности. В этом случае поставщик энергетических услуг может управлять не только электроэнергией, а, например, солнечными батареями (PV) или устройствами хранения электричества. Стоимость электроэнергии для клиента в этом случае будет зависеть от часа потребления. Например, для клиента будет дороже ездить на своем водородном (водородном) транспорте или электромобиле в пиковые периоды трафика. В свою очередь, для ЭСКО это возможность использовать батареи автомобиля клиента для покрытия пиковых потребностей сетей.

Приложения для смартфонов могут показывать клиентам стоимость использования различных устройств в любое конкретное время суток, например, сколько будет стоить кипятить чайник глубокой ночью или во время футбольного матча.

Для того, чтобы стать полноценной ЭСКО (а не просто поставщиком энергии) компании могут потребоваться большие капитальные инвестиции, которые, в свою очередь, должны обеспечивать необходимый уровень доходности. В последние 20 лет подобная модель сложилась для мобильной телефонии и может служить примером для сетевой энергетики (в связи с этим одно из потенциальных названий будущей цифровой энергетики – это энергетический интернет).

ЭСКО, предоставляя потребителю возможность управлять и контролировать потребление, помогает ЭСКО максимизировать энергоэффективность и собственные доходы. Помимо этого ЭСКО может договариваться со многими поставщиками предоставляемых им услуг (таких как обслуживание и энергоснабжение) о дополнительных опциях по оптимизации. Помимо этого ЭСКО может сдавать в аренду мощности электрической и распределительной сети для балансировки (например, начиная с управления микросетей или микрогридов).

### 2) Местные энергетические сообщества

В этой модели локальная генерация объединяется вместе и получает возможность регулировать местный спрос, который агрегируется и управляется сообществами ЭСКО. Для того, чтобы сделать это возможным, все клиенты, подключенные к этому сообществу, объединяются в интеллектуальные энергетические системы.

Местная генерация отключена (в расчётах) на точке виртуального счетчика. Избыточная энергия продается обратно на главную сеть, и любой недостаток покупается у основной сети. Местные энергетические сообщества будут виртуальными. Группы потребителей в месте регистрации будут подписаны, и распределительная компания будет продолжать управлять сетью. Эта модель подходит, в первую очередь, для электричества, эта модель также позволит использовать местные источники газа (биометан или водород), которыми сообщества ЭСКО будут управлять аналогичным образом.

### 3) Пиринг

Пиринговая модель (peer-to-peer) одноранговой торговли позволяет приобретать энергию у генераторов. Включенные устройства предлагают в цифровом рынке и индивидуальную генерацию и/или потребление энергии в зависимости от рыночных сигналов. Такой рынок строится на основе транзакционной модели блокчейн с децентрализованным хранением данных транзакций и смарт контрактами. В этом случае технология блокчейн позволяет в виде кода хранить и проверять смарт контракты, в которых содержатся данные о качестве, цене, количестве и других факторах. В этом случае, при наличии разных энергетических рынков, в офисных зданиях можно контролировать тысячи электрических устройств и заниматься энергоснабжением и оптимизацией гибкости нагрузки и

минимизировать затраты на энергию. Точно так же автостоянки могли бы обеспечить вспомогательные сервисы сети с использованием незанятых электромобилей, припаркованных на месте используя их как виртуальные батареи для хранения электричества.

### 4) Муниципальная энергия

Муниципальная энергия включает покупку электроэнергии местными властями, произведенной на местном уровне для клиентов в своей области посредством собственных полностью лицензированных компаний снабжения. Это дает возможности либо покупать энергию у местных генераторов или запускать ее от собственных генерирующих мощностей. Компании муниципальной энергии, вероятно, будут некоммерческими или любая прибыль будет инвестирована обратно в местные сообщества.

Муниципальные системы довольно распространены в д Европейских странах, но встречаются редко в России. Для работы муниципальной энергетической системы в России, компаниям необходимо будет предоставить энергию только для клиентов в пределах их границ (в настоящее время поставщики должны предлагать тарифы всем клиентам).

Также могут появиться муниципальные ЭСКО. Местные власти могут предложить услугу ЭСКО и другим поселениям, которые они предоставляют, и они включены в их налоги. Управление несколькими возможностями будет иметь значительные преимущества для спроса и балансировки услуг на стороне спроса.

Клиенты (или просто плательщики налогов) могут более вероятно, доверять местным органам власти. Однако, драйверы для эффективности затрат могут быть не таким сильными, как для «рыночной ЭСКО».

### A. Производство водорода

Получение водорода в больших масштабах для распределительных сетей потребует новых бизнес моделей. Это направление так же очень активно развивается в ЕС, чтобы снизить зависимость от взрывоопасного природного газа.

#### 1) Конверсия водорода

В рамках этой модели поставщики розничной торговли газом продолжают поставлять природный газ в сеть, который будет преобразован в водород «Водородными преобразователями» (операторы SMR).

Поставщики платят комиссию за эту конвертацию, которая включает расходы на хранение произведенного CO<sub>2</sub>. Поскольку SMR, вероятно, сосредоточатся вокруг газовых объектов, там будет необходимо регулировать цены за конверсионный сбор.

Эта модель будет работать только для преобразования природный газ-водород, и, следовательно, потребуются наряду с другими моделями производства водорода (такими, как электролиз) и так же потребует участия энергетических компаний.



## 2) Водородные аукционы

В соответствии с этой моделью, поставщики будут участвовать в аукционе, осуществляемой местной газораспределительной сетью (GDN) - с регулирующим надзором.

Газопотребители будут участвовать в аукционе, сбросив цену, когда слишком низкий уровень газа в системе, пока не будет достаточно водорода в системе для удовлетворения спроса.

Грузоотправители будут напрямую продавать газ клиентам и / или продавать розничным поставщикам. У каждой региональной сети будет свой собственный процесс аукциона.

## 3) Полная интегрированная регулируемая газовая утилиты

Произведенный водород (либо с помощью SMR конверсии или электролиза), будет распределен и предоставляем местным GDN. Каждое GDN может быть монополистом, не давая клиентам выбора поставщика, и подлежит полному ценовому регулированию.

Это может действовать как переходная модель в краткосрочной перспективе, пока водород будет установлен. Как только водородные сети расширяются и подключаются, розничная торговля будет открыта для конкуренции.

### *В. Электрические сети*

#### 1) Операторы системы распределения операторы (DSO)

В настоящее время система балансировки осуществляется национальными системными операторами ЕС – хотя он оперирует на расстоянии вытянутой руки от владельцев трансмиссии.

Модели поставок меняются из-за роста возобновляемых источников энергии. Модель спроса также начинает меняться с введением новых технологий - таких как интеллектуальные счетчики и сети, домашние батареи и хранилища – и новые подходы к транспорту и отоплению.

Генерация и спрос становятся все более гибкими, и система распределения должна также развиваться.

Чтобы снизить стоимость обновления системы, гибкие решения, обеспечиваемые локальной балансировкой на уровне распределения можно использовать для смягчения пикового спроса и снижения напряжения в сети.

Одним из способов повышения эффективности системы является балансирование на местном уровне путем создания операторов системы распределения (DSO). Эти операторы будут отвечать за большую часть той же деятельности, за которую операторы национальных систем в настоящее время отвечает, но при распределении сетевого уровня.

Деятельность DSO должна включать:

- Усовершенствованный мониторинг и планирование с использованием данные интеллектуального измерения

- Конфигурацию сети в режиме реального времени
- Постоянное активное управление сетью в конкретной области сети
- балансировка системы распределения.

DSO может быть существующим оператором сети распределения (DNO), но отдельная организация обеспечила бы большую степень разделения между инвестиционными решениями и владельцами активов.

## 2) Виртуальные сети

Клиенты (или группа клиентов) будут платить «Аренду» за использование газовых и электрических сетей.

Они будут покупать газ или электричество напрямую, и платить пошлину за газ и электроэнергию, используя те части сети, в которых они нуждаются.

DNO и GDN перейдут от распространения к более прямой зависимости от клиентов. Сборы будут отражать емкость (или ограничения на пропускную способность) - сетевая рента может быть выше во время пиков.

### *С. Транспорт*

#### 1) Транспортное средство к сети

В этой модели электромобили будут взаимодействовать с электрической сетью, чтобы задействовать ответную часть на стороне спроса.

Поставщик электроэнергии электромобилей – это поставщик для транспортного средства, самостоятельная, связанная компания или полностью отдельный субъект - будет контролировать зарядку батареи покупателями электромобилей.

Когда он дома, электромобиль клиента будет подключен к интеллектуальному зарядному устройству, управляемому через Интернет, который знает стоимость электроэнергии в час.

Зарядная компания решит, когда осуществить зарядку (во времена низкого спроса и низких цен) и когда экспортировать энергию обратно в сеть (при пиковом спросе и высоких ценах). Клиент установит минимальный уровень заряда аккумуляторов, чтобы они не отставали от необходимого диапазона.

Потоки доходов для компании по поставкам электромобилей будут включать:

- Опционные возможности арбитража (на разнице между пиковой и непиковой зарядкой)
- Предоставление балансировочных услуг для системы операторов и активов для DNO и Сети передачи (позволяющих операторам сети, избежать усиления напряжения сети).

Клиент получит очень низкую по цене или бесплатную зарядку в обмен на предоставление транспортного средства для оказания услуг.

Чтобы это было коммерчески жизнеспособным, с учетом деградации аккумулятора, стоимости замещения и затрат на установление соединений с сетью должно это считаться.

#### 2) Транспорт как услуга (TaaS)

Компании TaaS будут использовать сеть в основном

для электрических, автономных транспортных средств для клиентов.

Когда они не используются, эти автомобили будут ездить сами к зарядной точке для перезарядки или для экспорта в сеть энергии в пиковое время - эффективно действуя как форма внутрисуточного хранения.

Поэтому вместо того, чтобы владеть автомобилями, клиенты вызывают их, используя приложение для смартфонов. На хорошо зарекомендовавших себя маршрутах, клиенты могут делиться поездками в более крупных транспортных средствах для более дешевых тарифов (собранных через подписку или оплату по мере их поступления). Эта модель сократит общее количество транспортных средств, поскольку транспортные средства TaaS будут находиться на дороге гораздо большую часть времени, чем личные (40%, а не 4%).

Компании TaaS могут быть с существующими транспортными средствами для производства, существующими для услуг по проезду, такими как Uber или новыми участниками. Они будут создавать сети в каждом городе, начиная с самого большого из городов и, в конечном счете, и пригородах.

Конкуренция, вероятно, будет наиболее интенсивной в более крупных городах. Среди доходов кроме тарифов или подписки, могут быть важными услуги по хранению и балансировке электроэнергии сети и продажам рекламной площади на автомобилях TaaS.

## V. ВЫВОДЫ

Авторы попробовали дать читателю возможность получить доступ к результатам проектов ЕС и общее представление о направлении движения в великом энергетическом переходе к новым экономическим схемам и энергетическому интернету. Нам представляется полезным начать обсуждать эту тематику, важность которой будет только расти в России. В меру своих возможностей авторы надеются продолжить работу в этом направлении.

## БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Flexibility at Grid Edge For Dummies, AutoGrid Special Edition 2017 by John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Strategic Research and Innovation Agenda 2021-27 European Technology Platform NetWorld2020 "Smart Networks in the context of NGI" NetWorld, 5GAI 2018
- [3] D1.3 NGI IMPACT MEASURES AND BENCHMARKS , HUB4NGI, 19/12/2018
- [4] D1.1 NGI CLASSIFICATION AND ASSESSMENT METHODOLOGY, HUB4NGI, 19/11/2018
- [5] NRG-5 D 2.1 NRG-5 Low-Layer Networking VNFs 02 July 2018 The NRG-5 consortium partners
- [6] Trans European energy <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/infrastructure/trans-european-networks-energy>
- [7] NEXUS D1.1 Development trends of offshore wind industry and effect on cost aspects. NEXUS. 22/05/2018
- [8] Климов А. А. и др. АРХИТЕКТУРА АВТОНОМНЫХ (БЕСПИЛОТНЫХ) АВТОМОБИЛЕЙ И ИНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ //Международный научный журнал «Современные информационные технологии и ИТ-образование». – 2018. – Т. 14. – №. 3.
- [9] Покусаев О. Н. и др. МИРОВОЙ РЫНОК АВТОНОМНЫХ (БЕСПИЛОТНЫХ) АВТОМОБИЛЕЙ //Международный научный журнал «Современные информационные технологии и ИТ-образование». – 2018. – Т. 14. – №. 3.
- [10] Шаклеин А. Г. и др. Мотивы внедрения автономных (беспилотных) автомобилей в ЕС и США //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – Т. 7. – №. 1.
- [11] Соколов И. А. и др. Проекты цифрового транспорта с глобальными навигационными спутниковыми системами-путь к построению интегрированных систем цифрового транспорта //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – Т. 7. – №. 1.
- [12] Конев А.В., Куприяновский В.П., Бадалов А.Ю., Богданов А.Г., Волков С.А., Сиягов С.А., Энергетика, Smart Grid, интеллектуальные транспортные сети. Практические возможности в России. ArcReview № 2 (61) за 2012 год.
- [13] Куприяновский В.П., Савицкий Д.В., Щербина С.В., Тищенко П.А.; Готова ли ваша ГИС к Smart Grid? По следам исследования Esri по энергетическим компаниям. ArcReview № 2 (61) за 2012 год.
- [14] Куприяновский В.П., Тищенко П.А., Секнин А.А., Магдеев Р.А., Герасимов С.И., Басин М.Б. Влияние моделей данных стандарта СИМ на ГИС-моделирование сетевых энергетических предприятий. ArcReview № 2 (61) за 2012 год.
- [15] Куприяновский В.П., Волков С.А., Лукичев А.Ю., Долбнев А.В., Тищенко П.А., Хрусталёва Н.М. Smart Grid : возможности ГИС- и FM-технологий в реализации требований «Зелёных стандартов». ArcReview № 2 (61) за 2012 год.
- [16] Богачёв В.М., Куприяновский В.П., Герасимов С.И., Тищенко П.А., Сиягов С.А., Волков С.А. Влияние внешней среды на эффективность работы Smart Grid — ГИС решения для энергетики. ArcReview № 2 (61) за 2012 год.
- [17] Бадалов А.Ю., Куприяновский В.П., Богданов А.Г., Волков С.А. Мобильные операторы связи и интеллектуальные энергосети. ArcReview № 2 (61) за 2012 год.
- [18] Куприяновский В.П., Гунько С.А., Сиягов С.А., Раевский М.А., Хрусталёва Н.М. От интеллектуальных приборов до интеллектуального города. Micro Smart Grid – ZigBee – ГИС. ArcReview № 2 (61) за 2012 год.
- [19] Куприяновский В.П., Долбнев А.В., Волков С.А., Сиягов С.А., Селезнёв С.П. Smart Grid в КНР. Интеллектуальные подстанции, как основа Strong/Smart Grid. ArcReview № 2 (61) за 2012 год
- [20] Куприяновский В. П. и др. Микрогриды-энергетика, экономика, экология и ИТС в умных городах //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 4.

# On the way to the energy Internet: new regulations, business models, economic and technical background

Vasily Kupriyanovsky, Alexey Konev, Oleg Grinko, Oleg Pokusaev, Dmitry Namiot

**Abstract**— The article discusses issues related to the so-called energy Internet. The energy system today is fundamentally transformed and becomes much more complex and dynamic. In fact, the old ways of balancing power supply and network requests to meet customer needs are no longer enough, network customers expect and demand more. Accordingly, the network itself evolves into a dynamic, digital network connecting millions of distributed energy resources. This new system is called the energy Internet, and it covers both energy and data flowing through the network. These are new concepts that represent major changes in the energy market, which have existed with virtually no changes for so many years. The article discusses new regulations, business models, economic and technical prerequisites of the energy Internet based on EU materials. The paper describes the current state of energy in the EU and the prerequisites for change. Trans-European networks and priority corridors are considered in detail. The central element in EU energy research is the issue of smart networks, the development of which can be considered an important stage in the development of the energy Internet. Today, Germany leads the European countries in terms of the number of smart grid projects, followed by Denmark. It also discusses new smart grids in the context of the new generation of the Internet (NGI).

**Keywords**— energy Internet; energy; NGI.

## REFERENCES

- [1] Flexibility at Grid Edge For Dummies, AutoGrid Special Edition 2017 by John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Strategic Research and Innovation Agenda 2021-27 European Technology Platform NetWorld2020 “Smart Networks in the context of NGI” NetWorld, 5GAI 2018
- [3] D1.3 NGI IMPACT MEASURES AND BENCHMARKS , HUB4NGI, 19/12/2018
- [4] D1.1 NGI CLASSIFICATION AND ASSESSMENT METHODOLOGY, HUB4NGI, 19/11/2018
- [5] NRG-5 D 2.1 NRG-5 Low-Layer Networking VNFs 02 July 2018 The NRG-5 consortium partners
- [6] Trans European energy <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/infrastructure/trans-european-networks-energy>
- [7] NEXUS D1.1 Development trends of offshore wind industry and effect on cost aspects. NEXUS. 22/05/2018
- [8] Klimov A. A. i dr. ARHITEKTURA AVTONOMNYH (BESPILOTNYH) AVTOMOBILEJ I INFRASTRUKTURA DLJa IH JeKSPLUATACII //Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal «Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie». – 2018. – T. 14. – #. 3.
- [9] Pokusaev O. N. i dr. MIROVOJ RYNOK AVTONOMNYH (BESPILOTNYH) AVTOMOBILEJ //Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal «Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie». – 2018. – T. 14. – #. 3.
- [10] Shaklein A. G. i dr. Motivy vnedrenija avtonomnyh (bespilotnyh) avtomobilej v EC i SShA //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – T. 7. – #. 1.
- [11] Sokolov I. A. i dr. Proekty cifrovogo transporta s global'nymi navigacionnymi sputnikovymi sistemami-put' k postroeniju integrirovannyh sistem cifrovogo transporta //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – T. 7. – #. 1.
- [12] Konev A.V., Kuprijanovskij V.P., Badalov A.Ju., Bogdanov A.G., Volkov S.A., Sinjagov S.A., Jenergetika, Smart Grid, intellektual'nye transportnye seti. Prakticheskie vozmozhnosti v Rossii. ArcReview # 2 (61) za 2012 god.
- [13] Kuprijanovskij V.P., Savickij D.V., Shherbina S.V., Tishhenko P.A.; Gotova li vasha GIS k Smart Grid? Po sledam issledovanija Esri po jenergeticheskim kompanijam. ArcReview # 2 (61) za 2012 god.
- [14] Kuprijanovskij V.P., Tishhenko P.A., Seknin A.A., Magdeev R.A., Gerasimov S.I., Basin M.B. Vlijanie modelej dannyh standarta SIM na GIS-modelirovanie setevyh jenergeticheskikh predpriyatij. ArcReview # 2 (61) za 2012 god.
- [15] Kuprijanovskij V.P., Volkov S.A., Lukichjov A.Ju., Dolbnev A.V., Tishhenko P.A., Hrustaljova N.M. Smart Grid : vozmozhnosti GIS- i FM-tehnologij v realizacii trebovanij «Zeljonyh standartov». ArcReview # 2 (61) za 2012 god.
- [16] Bogachjov V.M., Kuprijanovskij V.P., Gerasimov S.I., Tishhenko P.A., Sinjagov S.A., Volkov S.A. Vlijanie vneshnej sredy na jeffektivnost' raboty Smart Grid — GIS reshenija dlja jenergetiki. ArcReview # 2 (61) za 2012 god.
- [17] Badalov A.Ju., Kuprijanovskij V.P., Bogdanov A.G., Volkov S.A. Mobil'nye operatory svjazi i intellektual'nye jenergozseti. ArcReview # 2 (61) za 2012 god.
- [18] Kuprijanovskij V.P., Gun'ko S.A., Sinjagov S.A., Raevskij M.A., Hrustaljova N.M. Ot intellektual'nyh priborov do intellektual'nogo goroda. Micro Smart Grid – ZigBee – GIS. ArcReview # 2 (61) za 2012 god.
- [19] Kuprijanovskij V.P., Dolbnev A.V., Volkov S.A., Sinjagov S.A., Seleznjov S.P. Smart Grid v KNR. Intellektual'nye podstancii, kak osnova Strong/Smart Grid. ArcReview # 2 (61) za 2012 god
- [20] Kuprijanovskij V. P. i dr. Mikrogridy-jenergetika, jekonomika, jekologija i ITS v umnyh gorodah //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – T. 4. – #. 4.