

УДК 621.31:338.28

И.О. Волкова, А.В. Федосова

**ТРЕБОВАНИЯ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ СТОРОН
КАК ОСНОВА ОЦЕНКИ ВАРИАНТОВ РАЗВИТИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ**

I.O. Volkova, A.V. Fedosova

**STAKEHOLDERS' REQUIREMENTS AS A BASEMENT
FOR SMART POWER SYSTEM DEVELOPMENT
TENDENCIES ESTIMATION**

Предложен новый методологический подход к экономической оценке вариантов развития интеллектуальной энергосистемы в России, позволяющий выбрать технологическую основу интеллектуальной энергосистемы на базе интегрированных требований стейкхолдеров. В качестве инструмента интеграции предложена модель зрелости.

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА. ИННОВАЦИИ. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА. АНАЛИЗ ВЫГОД И ЗАТРАТ. ТЕОРИЯ СТЕЙКХОЛДЕРОВ. МОДЕЛЬ ЗРЕЛОСТИ.

New methodological approach to Russian Smart Power System development tendencies assessment is proposed. It enables the choice of particular SPS technology mix, which meets stakeholders' requirements to electric power industry functionality. Maturity model is proposed as an integration tool.

ELECTRIC POWER INDUSTRY. INNOVATIONS. SMART GRID. COST-BENEFIT ANALYSIS. STAKEHOLDER THEORY. MATURITY MODEL.

Электроэнергетика России, пережив структурную реформу 2008 г., вновь вплотную приблизилась к переменам [1]. Инновационный вектор развития экономики, опыт зарубежных стран, рост информационного сектора, моральное устаревание основных фондов отрасли и многое другое сфокусировали внимание отрасли на концепции интеллектуальной энергетики (Smart Grid) как одной из важнейших стратегических составляющих развития электроэнергетики в России.

Одним из наиболее сложных вопросов разработки и реализации концепции интеллектуальных энергосистем (ИЭС) в разных странах является выбор технологического базиса энергосистемы¹. Данный выбор обуславливается широким спектром факторов, формализовать учет которых при разработке архитектуры будущей энергосистемы крайне трудно, поэтому в международной практике все чаще обраща-

ются к требованиям, предъявляемым к будущей интеллектуальной энергосистеме ее участниками и сторонами, чьи интересы затрагиваются в процессе развития ИЭС – «стейкхолдерами» [2]. Как показывает проведенный анализ, сегодня отсутствуют методологические подходы, позволяющие выявить и преобразовать требования стейкхолдеров к энергосистеме в функционал и структуру технологического базиса, реализуемые определенным набором технологий. Существующие методы планирования развития ИЭС и экономической оценки его вариантов ориентируются на заранее заданный технологический базис

В этой связи актуальна проблема вовлечения стейкхолдеров в процесс планирования развития ИЭС, определения их функциональных требований и поиска наиболее эффективных путей воплощения данных требований на практике.

Теоретические основы исследования. Направления развития интеллектуальной энергетики являются относительно новым объектом исследований, что определяет недостаточный уровень изученности их экономических аспектов [3].

¹ Под технологическим базисом понимается совокупность технологий, позволяющих сохранять согласованную структуру промежуточных и конечных продуктов и услуг на определенном этапе развития отрасли.

Таблица 1

Анализ существующих методологических подходов к оценке ИЭС

Методологический подход к оценке проекта ИЭС	Ограничения	Методические инструменты, отвечающие задачам исследования
1. Стандартизация функций, выбранных для внедрения технологических компонентов интеллектуальной энергетики и алгоритмическая оценка всех проектов в сфере ИЭ [4–6]	Ориентирован на оценку заданного набора технологий, без учета интересов стейкхолдеров	Стандартизация функций технологических компонентов интеллектуальной энергетики
2. Расширенная оценка издержек на основе гар-анализа по модели зрелости и экспертная оценка эффектов [2, 7, 8]	Отсутствует системный анализ эффектов, в результате чего многие из них не учтены	Модель зрелости как инструмент интеграции требований стейкхолдеров
3. Применение оптимизационной балансовой модели энергетической системы страны для оценки системных эффектов от развития ИЭС [9]	Фокусируется только на системных эффектах, не оценивая остальные; не предполагает учета требований заинтересованных сторон	Систематизация эффектов от реализации интеллектуальной энергосистемы

По результатам обзора литературы выделены следующие компоненты методологической базы развития интеллектуальной энергетики, необходимой для полноценной оценки интеллектуальной энергосистемы:

- оценка всех результатов проекта, включая экстерналии;
- учет неопределенности;
- анализ выгод и затрат проекта;
- интеграция требований стейкхолдеров.

Дополнительно к данным компонентам, методология оценки вариантов развития ИЭС должна позволять на основе интеграции требований стейкхолдеров сформировать наборы технологий для выбора наиболее эффективного.

К настоящему времени в международной практике представлено крайне мало исследований с количественными оценками эффектов от реализации интеллектуальных энергосистем. Существующие можно классифицировать по трем основным подходам к оценке варианта развития ИЭС (табл. 1). Проведенный анализ показал, что эти подходы характеризуются рядом ограничений с точки зрения учета компонентов методологической базы оценки ИЭС. В то же время нами по результатам анализа существующих исследований и на основе сформулированных требований к методологии выделен ряд методических приемов, которые могут быть использованы в новом подходе к оценке вариантов развития ИЭС.

Методологический подход к оценке вариантов развития интеллектуальной энергосистемы, основанный на реализации требований стейкхолдеров. Как уже было отмечено, оценки развития интеллектуальных энергосистем индивидуальны для разных стран, они учитывают целый спектр факторов, определенных стратегическими документами развития отрасли. В российской энергетике такого рода стратегическим документом является «Концепция ИЭС ААС»² [10], поэтому предлагаемый нами методологический подход использует оценки параметров ИЭС, заданные им. Схема предлагаемого подхода приведена на рис. 1.

Предлагаемый методологический подход основан на реализации сформулированных методологических требований и интегрирует инструменты оценки инновационных проектов, положения теории общественного благосостояния, а также выделенные здесь методические приемы существующих подходов к оценке интеллектуальных энергосистем, что позволяет повысить гибкость технологической реализации заданных функциональных требований и вовлечь заинтересованные стороны в формирование интеллектуальной энергосистемы с целью обеспечения ее долгосрочной устойчивости.

Рассмотрим подробнее компоненты подхода.

² Авторы данной статьи являются соавторами документа.

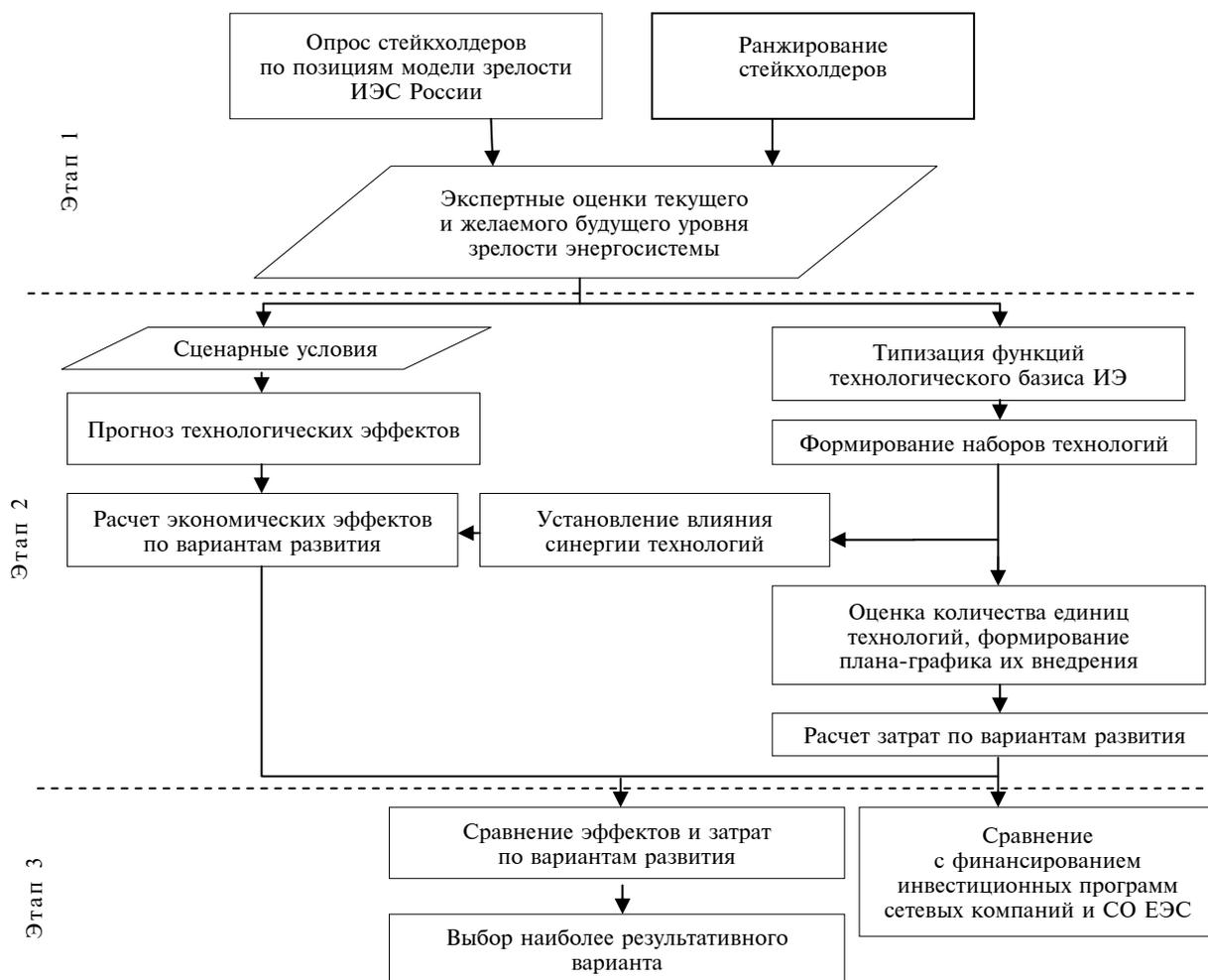


Рис. 1. Блок-схема методологического подхода к оценке вариантов развития интеллектуальной энергосистемы России, основанного на реализации требований стейкхолдеров

Модель зрелости ИЭС России

В последнее время для оценки прогресса компаний и стран в сфере интеллектуальной энергетики начали применяться модели зрелости (maturity models) [7, 8], которые представляют однозначное стадийное описание появления функциональных изменений в электроэнергетической системе при развитии ИЭС. С учетом этого в качестве инструмента интеграции требований стейкхолдеров мы предлагаем использовать модель зрелости³,

³ Модель зрелости (maturity model) можно определить как управленческий инструмент, который позволяет отследить прогресс организации по определенному набору параметров, при этом прогресс представляется как прохождение ряда эволюционных этапов, называемых «уровнями зрелости». Модели зрелости индивидуальны для разных отраслей и исследовательских задач.

обеспечивающую возможность перейти от интеграции функциональных требований к оценке соответствующих эффектов.

Для достижения целей исследования модель зрелости обладает целым рядом преимуществ:

- позволяет осуществить сбор необходимых данных с требуемого числа экспертов с минимальными транзакционными издержками;
- представляет однозначное стадийное описание этапов функциональных изменений электроэнергетической системы при развитии ИЭС, на основе которого представители стейкхолдеров определяют текущий и желаемый будущий уровень функциональных изменений;
- предоставляет возможность количественного анализа результатов исследования.

В рамках исследования нами разработаны основные методические положения формирования модели зрелости ИЭС России:

1. В качестве уровней зрелости модели приняты этапы развития ИЭС в соответствии с «Концепцией ИЭС ААС» (далее – Концепция) [10].

2. Отслеживаемыми параметрами модели зрелости являются технологические подсистемы ИЭС, также в соответствии с Концепцией.

3. Содержанием модели зрелости является изменение функциональности энергосистемы по технологическим подсистемам, проходящее четыре этапа развития (уровней зрелости), при этом на первом проявляющееся в наименьшей степени, а на четвертом достигающее максимума. Изменения функциональности соответствуют дорожной карте Концепции и позволяют перейти в оценках к технологическим и экономическим эффектам, согласно предложенной нами системе эффектов от развития ИЭС России.

Итоговая модель зрелости российской ИЭС приведена в табл. 2.

Методика интеграции функциональных требований стейкхолдеров

В качестве стейкхолдеров развития ИЭС России определяются стороны, несущие либо производящие эффекты/выгоды. Для интеграции и согласования функциональных требований стейкхолдеров, выявленных в ходе опроса по модели зрелости, нами на базе концепции Дж. Фрумена [11] было предложено проведение ранжирования стейкхолдеров в зависимости от двух индикаторов:

- силы влияния стейкхолдера на развитие ИЭС России;
- уровня зависимости стейкхолдера от результатов развития ИЭС России.

На основе этих индикаторов путем их интеграции определяется индекс «вовлеченности» стейкхолдера в процесс развития ИЭС России.

«Вовлеченность» стейкхолдера используется в дальнейшем как критерий их ранжирования для последующего процесса согласования и интеграции их интересов и требований к развитию ИЭС России. На основе уровня «вовлеченности» определяются весовые коэффициенты каждой из групп стейк-

холдеров для анализа функциональности различных технологических подсистем матрицы зрелости. Таким образом, каждой категории стейкхолдеров соответствует свой набор весовых коэффициентов для трех технологических подсистем модели зрелости.

Весовые коэффициенты рассчитываются по формулам

$$\mu_{nx} = \frac{(1 - \mu_{xx} - \mu_{gx})I_n}{\sum_{n=1}^8 I_n - I_g - I_x}, \quad (1)$$

$$\mu_{xx} = \mu_{gx} = \frac{I_g}{\sum_{n=1}^8 I_n}, \quad (2)$$

где μ_{nx} , μ_{xx} , μ_{gx} – весовые коэффициенты для ответов представителей группы заинтересованных сторон n относительно технологической подсистемы x , ответов представителей данной технологической подсистемы, ответов представителей сетевых компаний как наиболее вовлеченной заинтересованной стороны соответственно; I – индекс вовлеченности стейкхолдера, пропорционален вероятности достижения производимых/потребляемых эффектов/выгод и оценке их влияния на энергосистему.

После проведения ранжирования стейкхолдеров был проведен их опрос с целью оценки ими уровня развития энергосистемы в соответствии с моделью зрелости в текущем периоде и на перспективу, с учетом желаемого будущего уровня функциональных изменений (каждый уровень зрелости оценивается количеством баллов, отражает силу изменения по сравнению с нулевым уровнем: уровню концепта соответствует 1, а реализации ИЭС ААС нового поколения – 4). Итоговые оценки, таким образом, варьируются от 1 до 4 по трем технологическим подсистемам.

В рамках исследования проведен опрос представителей всех стейкхолдеров (по два представителя каждой заинтересованной стороны), по результатам которого текущий уровень зрелости ИЭС России был оценен как близкий к «интеллектуальной инфраструктуре», а желаемый будущий – к «ИЭС ААС нового поколения». Это определило горизонт исследования экономической эффективности развития ИЭС России во временном диапазоне 2012–2020 гг.

Таблица 2

Модель зрелости интеллектуальной энергосистемы России

	Концепт	Интеллектуальная инфраструктура	ААС с элементами «прорывных» технологий	ИЭС ААС нового поколения
Технологическая подсистема	Формирование перспективного видения интеллектуальной энергосистемы, функциональных и технических требований	Начало внедрения инновационных средств интеллектуального учета, НИОКР ключевых технологий	Старт пилотных проектов «прорывных» технологий, развитие систем интеллектуального управления и формирование нормативно-правовой базы ИЭС ААС	Тиражирование типовых значений ААС, интеграция всех субъектов сети, запуск новой модели рынка с активным потребителем
Потребители	Отсутствие или неэффективное управление энергопотреблением; отсутствие возможности продавать э/э в сеть; отсутствие возможности хранить э/э; высокий уровень потерь от перебоев и проблем с качеством э/э	Ручное управление энергопотреблением на основе известной дифференциации тарифов по времени суток, пилотные проекты по установке «умных» счетчиков; отсутствие возможности продавать э/э в сеть; отсутствие возможности хранить э/э; снижение уровня потерь от перебоев и проблем с качеством э/э	Активное управление нагрузкой с использованием интеллектуальной измерительной системы; появление первых устройств хранения э/э; отсутствие возможности продавать э/э в сеть; пилотные проекты изолированных энергосистем с распределенной генерацией (microgrid)	Управление энергопотреблением в режиме реального времени; введение дифференциации потребителей по надежности энергоснабжения с возможностью выбора оптимального соотношения цена/надежность; хранение э/э; активное участие потребительской генерации на рынке электроэнергии
Сети	Недостаточная пропускная способность — некоторые линии перегружены; частые отказы оборудования и длительное обнаружение аварий и ремонт	Начало автоматизации функционирования и мониторинга состояния сетей; НИОКР новых сетевых технологий	Повышение пропускной способности «узких мест»; автоматизация функционирования и мониторинга состояния сетей	Полностью автоматизированная сеть с высокой устойчивостью к авариям и мониторингом в режиме реального времени; значительно более компактные технические решения
Генерация	Централизованная генерация; низкий уровень гибкости регулирования	Централизованная генерация; увеличение уровня гибкости регулирования и наблюдаемости оборудования	Использование систем интеллектуального управления; пилотные проекты кластеров распределенной генерации	Автоматический мониторинг и диагностика оборудования; увеличение диапазонов регулирования мощности электростанций; взаимодействие с активными элементами управления в сетях в реальном времени

* Обозначение в таблице: электроэнергия — э/э.

Таблица 3

Весовые коэффициенты для ответов представителей заинтересованных сторон по разделам модели зрелости

Стейкхолдеры	Сила влияния, %	Уровень зависимости, %	Индекс вовлеченности, %	Весовые коэффициенты для технологических подсистем матрицы зрелости		
				Потребители	Генерация	Передача
Сетевые компании	41,4	44,7	86,1	0,23	0,23	0,23
Генерирующие компании	31,3	43,2	74,5	0,19	0,23	0,20
Потребители	37,4	31,6	69	0,23	0,18	0,19
Поставщики оборудования	34,05	2,1	36,15	0,09	0,09	0,10
Отраслевые регуляторы	31,05	17,35	48,4	0,12	0,12	0,13
Сбытовые компании	16,25	18,05	34,3	0,09	0,09	0,09
Государственные регуляторы	14,5	2	16,5	0,04	0,04	0,04
Научные институты	0	4,2	4,2	0,01	0,01	0,01

Система эффектов/выгод от развития ИЭС

Существующие классификации эффектов от развития интеллектуальной энергосистемы строятся на двух основных принципах: деления эффектов на прямые и косвенные по отношению к проекту реализации ИЭС [2, 12]; классификации эффектов по источнику происхождения и бенефициарам [5, 6, 13, 14].

Предложенные принципы классификации характеризуются следующими недостатками, делающими корректную экономическую оценку затруднительной, и требуют развития:

- ограничения – классификации не охватывают ряд эффектов (для энергосистемы, в сетевом комплексе, генерации);
- пересечения в формулируемых эффектах и их категориях;
- отсутствие обозначенной связи между технологическими компонентами ИЭС и эффектами.

Разделение технологических эффектов и их экономических индикаторов, а также системных и эффектов, имеющих место на уровне технологических подсистем, позволяет избежать повторного учета, дать однозначную оценку каждому эффекту и существенно повысить точность оценки.

В рамках исследования выявлены и систематизированы эффекты, возникающие при развитии интеллектуальной энергосистемы на основе взаимосвязи между установкой отдельного технологического компонента интеллектуальной энергетики, функциональ-

ными изменениями в технологической подсистеме, к которой он принадлежит, и технологическими эффектами в данной подсистеме и электроэнергетической системе в целом (рис. 2, табл. 4). Предлагаемая систематизация позволяет установить четкую связь между функциональными изменениями, технологическими и экономическими эффектами так, что при изменении набора технологических компонентов интеллектуальной энергосистемы определенным образом изменяются конечные экономические эффекты.

Предлагаемая система эффектов/выгод устраняет ряд недостатков существующих классификаций:

- избегает двойного учета;
- позволяет давать однозначную финансовую оценку эффектов;
- позволяет переводить требуемые стейкхолдерами функциональные изменения в экономические показатели.

Сопоставление технологических компонентов ИЭС с изменениями функциональности производится посредством стандартизации функций данных технологий.

Формирование вариантов технологического базиса ИЭС

Полный перечень групп технологических компонентов ИЭС России соответствует «Концепции ИЭС ААС» и включает:

- 1) технологии мониторинга и диагностики электрических сетей;
- 2) технологии управляемых электропередач переменного тока;

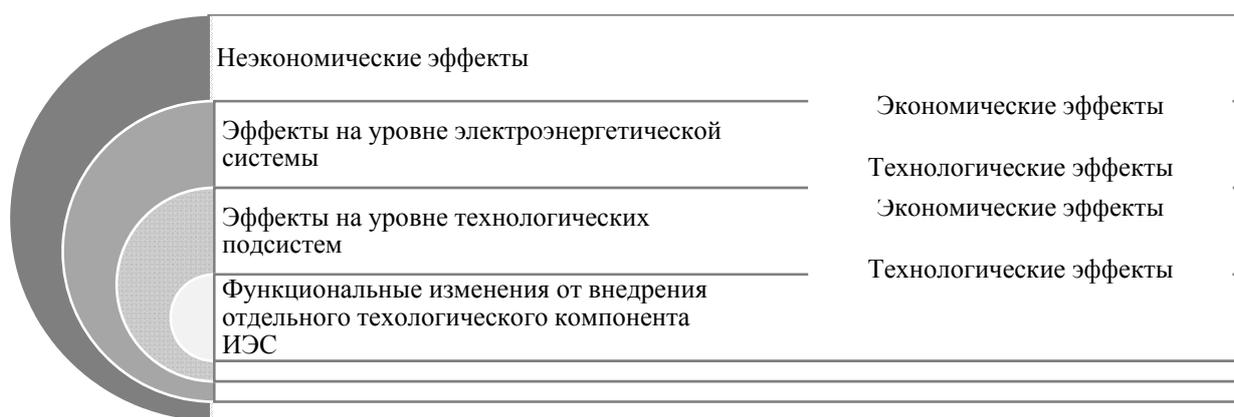


Рис. 2. Взаимосвязь эффектов /выгод от внедрения технологического базиса ИЭС

Таблица 4

Взаимосвязь функциональных изменений и эффектов от внедрения технологического базиса ИЭС

Эффекты	Функциональные изменения		
	в ТП потребителей	в ТП сетей	в ТП генерации
Технологическая подсистема потребителей			
Технологические на уровне технологической подсистемы	Определяются функциональными изменениями по принципу соответствия*		
Экономические на уровне технологической подсистемы	Рассчитываются по формулам на базе технологических эффектов на уровне технологической подсистемы		
Технологические на уровне энергосистемы	Определяются функциональными изменениями по принципу соответствия		
Экономические на уровне энергосистемы	Рассчитываются по формулам на базе технологических эффектов на уровне энергосистемы		
Технологическая подсистема сетей			
Технологические на уровне технологической подсистемы	Определяются функциональными изменениями по принципу соответствия		
Экономические на уровне технологической подсистемы	Рассчитываются по формулам на базе технологических эффектов на уровне технологической подсистемы		
Технологические на уровне энергосистемы	Определяются функциональными изменениями по принципу соответствия		
Экономические на уровне энергосистемы	Рассчитываются по формулам на базе технологических эффектов на уровне энергосистемы		
Технологическая подсистема генерации			
Технологические на уровне технологической подсистемы	Определяются функциональными изменениями по принципу соответствия		
Экономические на уровне технологической подсистемы	Рассчитываются по формулам на базе технологических эффектов на уровне технологической подсистемы		

* Функциональным изменениям в технологических подсистемах поставлены в соответствие определенные технологические выгоды.

Таблица 5

Типизация функций групп технологических компонентов ИЭС

Функциональные изменения в технологических подсистемах		Группы технологических компонентов								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Функциональные изменения в ТП потребителей	Управление э/потреблением в режиме реального времени									+
	Введение дифференциации потребителей по надежности энергоснабжения								+	+
	Хранение электроэнергии					+				
	Активное участие потребительской генерации на рынке электроэнергии	+		+					+	+
Функциональные изменения в ТП сетей	Увеличение пропускной способности сети		+					+		
	Автоматизация сети		+						+	
	Устойчивость к авариям	+	+	+	+		+			
	Мониторинг в режиме реального времени	+	+	+						
Функциональные изменения в ТП генерации	Автоматический мониторинг и диагностика оборудования								+	
	Увеличение диапазонов регулирования мощности электростанций								+	
	Взаимодействие с активными элементами управления в сетях в реальном времени								+	

- 3) элементы цифровой подстанции;
- 4) токоограничивающие реакторы;
- 5) технологии накопления энергии;
- 6) технологии защиты от внешних воздействий;
- 7) технологии сверхпроводимости;
- 8) технологии интеллектуального управления;
- 9) технологии активного потребителя.

Нами проведена типизация функций данных групп технологических компонентов ИЭС, соотнесение их с функциональными изменениями в электроэнергетической системе в результате развития ИЭС (табл. 5).

Группы технологий 5, 8, 9 несут уникальные функциональные изменения. Цветом отмечены зоны синергии, в которых для реализации функциональных изменений взаимодействуют несколько групп технологий, и возможно варьирование их набора при формальном сохранении функциональных изменений. На этой основе были сформированы четыре варианта формирования технологического базиса ИЭС России (далее – техноло-

гического набора), позволяющих реализовать функциональные изменения, предусмотренные четвертым уровнем зрелости.

Базовые технологии производства и передачи электроэнергии также включены в оценку, затраты на них приняты в соответствии с «Генеральной схемой размещения объектов электроэнергетики России до 2020 года» [15].

Оценка вариантов развития ИЭС России.

При оценке затратной части было принято, что установка требуемого объема групп технологических компонентов ИЭС происходит равномерно и в соответствии с Дорожной картой Концепции ИЭС ААС.

Были оценены два варианта затрат: для максимальной и минимальной стоимости технологий.

В табл. 6 приведены значения технологических эффектов/выгод, которые варьируются между вариантами развития ИЭС вследствие описанного влияния синергетического взаимодействия технологий.

Экономические эффекты рассчитаны на основе технологических, с использованием

данных о характеристиках разных типов технологий, статистической информации, нормативов, динамики цен на оптовом рынке, данных зарубежных проектов.

Технические и технико-экономические характеристики технологий интеллектуальной энергетики, а также число единиц каждой технологии собраны из широкого спектра источников, включающих российские и зарубежные пилотные проекты по отдельным технологиям, оценки ведущих научных институтов, данные инвестиционных программ и программ инновационного развития российских компаний отрасли.

Проведенные расчеты характеризуются рядом ограничений, связанных с доступно-

стью данных. Для преодоления ограничений использованы оценки по доступным данным и экспертные оценки, ориентированные на нижнюю границу значения параметра.

Наилучшими по всем показателям является вариант внедрения полного набора технологий (табл. 7).

Проведен анализ решения на чувствительность к изменению ставки дисконтирования, результат признан устойчивым. При сопоставлении полученных объемов эффектов и затрат с существующими оценками для энергосистемы США и системных эффектов для России сделан вывод о валидности предлагаемого методологического подхода.

Таблица 6

Значения варьируемых технологических эффектов по вариантам развития ИЭС

Технологические эффекты	Максимальное значение эффекта			
	I (полный набор)	II (минимальный набор)	III (развитие традиционных компетенций)	IV (цифровые технологии)
	Включает все группы технологических компонентов ИЭС	Отличается от полного набора отсутствием групп 3,4,6,7	Отличается от полного набора отсутствием групп 3 и 6	Отличается от полного набора отсутствием групп 4 и 7
Снижение конечного потребления, %	8	5	5	8
Снижение ущерба у потребителей (по типам отключений и категориям потребителей), %	50	30	35	40
Снижение максимума нагрузки энергосистемы, %	10	8	8	10
Снижение объемов резервов в энергосистеме, ГВт	34,00	25,00	27,00	30,00
Снижение доли задействованных генерирующих и сетевых мощностей из-за оптимизации режимов загрузки электростанций и сети, %	5	4	4	5
Увеличение предельных балансовых потоков мощности, %	30	20	25	25
Снижение количества отказов сетевого оборудования, %	70	50	60	60
Снижение потерь в сетях всех классов напряжения, доля потерянной электроэнергии, %	5	10	8	6
Новое фактическое значение ограничения потребителей относительно величины отпуска электроэнергии из сети, %	0,000001	0,000002	0,0000015	0,0000015
Темп снижения оптовой цены электроэнергии из-за усиления интеграции ценовых зон конкурентных рынков энергии и мощности	0,042	0,03	0,042	0,03

Таблица 7

Результаты экономической оценки вариантов развития ИЭС России

Показатели	Варианты развития			
	I (развитие на основе полного набора технологий)	IV (развитие на основе цифровых технологий)	III (развитие традиционных компетенций)	II (развитие на основе минимального набора технологий)
Реализация функциональных изменений, %	100	87	83	70
Уровень синергии (число технологических компонентов, создающих ее во всех функциональных сферах)	18	15	14	11
Дисконтированные доходы, млн руб.	2224257	2189109	1588266	1524911
Минимальные затраты (дисконтированные), млн руб.	1907112	1911450	1925960	1921835
Максимальные затраты (дисконтированные), млн руб.	2216527	2219624	2230020	2222367
Индекс доходности минимальных затрат	1,17	1,15	0,82	0,79
Индекс доходности максимальных затрат	1,00	0,99	0,71	0,69
NPV при минимальной стоимости технологий, млн руб.	317144	277659	-337695	-396923
NPV при максимальной стоимости технологий, млн руб.	7730	-30515	-641754	-697456
IRR при минимальной стоимости технологий	31	30	—	—
IRR при максимальной стоимости технологий	18,4	—	—	—
Разность между минимальными затратами сценария и предусмотренными инвестпрограммами сетевых компаний и системного оператора, млн руб.	589872	29558	608720	604594
Разность между максимальными затратами сценария и предусмотренными инвестпрограммами сетевых компаний и системного оператора, млн руб.	899287	210948	912779	905127

Россия вслед за многими развитыми и развивающимися странами выбрала концепцию интеллектуальной энергосистемы как основу будущего развития электроэнергетической отрасли. Работа в этом направлении только начата, и предстоит длительная работа по определению и согласованию новой модели отрасли.

Нами предложен методологический подход к оценке вариантов развития интеллектуальной энергосистемы в России. Его от-

личительной особенностью является ориентация на требуемые стейкхолдерами функциональные изменения в энергосистеме при выборе набора технологий, на базе которого будет развиваться интеллектуальная энергосистема.

В качестве инструмента интеграции требований стейкхолдеров предложена модель зрелости, которая при помощи разработанной системы эффектов позволяет перейти к количественным экономическим оценкам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кобец, Б.Б.** Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid [Текст] / Б.Б. Кобец, И.О. Волкова. М.: ИАЦ Энергия, 2010.
2. West Virginia Smart Grid Implementation Plan [Text]. 20 august 2009.
3. **Massoud, Amin S.** Toward a smart grid: power delivery for the 21st century, 2005 [Text] / Amin S. Massoud, B.F. Wollenberg. Power and Energy Magazine, IEEE, 3(5), pp. 34–41.
4. Electric Power Research Institute [Text]. Electricity Sector Framework for the Future Volume I: Achieving the 21st Century Transformation, 2003, Washington, DC: Electric Power Research Institute.
5. Electric Power Research Institute [Text]. Methodological Approach for Estimating the Benefits and Costs of Smart Grid Demonstration Projects. Final Report, January 2010.
6. Electric Power Research Institute [Text]. Estimating the Costs and Benefits of the Smart Grid. A Preliminary Estimate of the Investment Requirements and the Resultant Benefits of a Fully Functioning Smart Grid, 2011, Washington, DC: Electric Power Research Institute.
7. Carnegie Mellon University [Text]. Smart Grid Maturity Model for NWPPA's Power Supply Workshop. September 16, 2009.
8. Carnegie Mellon University and Software Engineering Institute [Text]. Smart Grid Maturity Model. Model Definition. Technical report. Version 1.1. September 2010.
9. **Веселов, Ф.В.** Развитие Smart Grid в России – какого эффекта ждать от интеллекта [Текст] / Ф.В. Веселов, А.В. Федосова // Энергорынок. 2011. № 7. С. 70–75.
10. **Волкова, И.О.** Концепция интеллектуальной электроэнергетической системы России с активно-адаптивной сетью [Текст] / И.О. Волкова, В.В. Бушуев, Ф.В. Веселов. М.: Федеральная сетевая компания ЭС, 2012.
11. **Frooman, J.** Stakeholder Influence Strategies [Text], 1999, Academy of Management Review 24, P. 191–205.
12. **Дорофеев, В.В.** Активно-адаптивная сеть – новое качество ЕЭС России [Текст] / В.В. Дорофеев, А.А. Макаров // Энергоэксперт. 2009. № 4.
13. Transpower New Zealand Ltd. [Text], Grid Upgrade Plan 2009 Installment 4. 2010.
14. Electricity Networks Strategy Group [Text]. A Smart Grid Vision, 2009.
15. Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 года [Текст]. Одобрена распоряжением Правительства РФ № 215-р от 22.02.2008 г.

REFERENCES

1. **Kobets B.B., Volkova I.O.** Electric power industry innovative development on Smart Grid concept basement. Moscow, IAC Energiya, 2010. (rus)
2. West Virginia Smart Grid Implementation Plan, 20 august 2009.
3. **Massoud Amin S., Wollenberg B.F.** Toward a smart grid: power delivery for the 21st century, 2005, *Power and Energy Magazine, IEEE*, 3(5), pp. 34–41.
4. Electric Power Research Institute, Electricity Sector Framework for the Future Volume I: Achieving the 21st Century Transformation, 2003, Washington, DC: Electric Power Research Institute.
5. Electric Power Research Institute, Methodological Approach for Estimating the Benefits and Costs of Smart Grid Demonstration Projects. Final Report, January 2010.
6. Electric Power Research Institute, Estimating the Costs and Benefits of the Smart Grid. A Preliminary Estimate of the Investment Requirements and the Resultant Benefits of a Fully Functioning Smart Grid, 2011, Washington, DC: Electric Power Research Institute.
7. Carnegie Mellon University, Smart Grid Maturity Model for NWPPA's Power Supply Workshop. September 16, 2009.
8. Carnegie Mellon University and Software Engineering Institute, Smart Grid Maturity Model. Model Definition. Technical report. Version 1.1. September 2010.
9. **Veselov F.V., Fedosova A.V.** Smart Grid development in Russia – what effect should be expected. *Energorynok*, 2011, no. 7, pp. 70–75. (rus)
10. **Volkova I.O., Bushuev V.V., Veselov F.V.** Russian Smart Grid concept. Moscow, JSC «Federal Grid Company of Unified Energy System», 2012. (rus)
11. **Frooman J.** Stakeholder Influence Strategies, 1999, *Academy of Management Review* 24, pp. 191–205.
12. **Dorofeev V.V., Makarov A.A.** Active-adaptive grid as a new quality of the Russian UES. *Energexpert*, 2009, no. 4. (rus)



13. Transpower New Zealand Ltd. Grid Upgrade Plan 2009 Installment 4. 2010.

14. Electricity Networks Strategy Group, A Smart Grid Vision. 2009.

15. General scheme of electric power industry objects allocation until 2020. Approved with the Russian Federation Government decree 22 February 2008 No 215-p.

ВОЛКОВА Ирина Олеговна – профессор кафедры «Энергетические и сырьевые рынки», заместитель директора Института проблем ценообразования и регулирования естественных монополий Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», доктор экономических наук, профессор.

101000, ул. Мясницкая, д. 20, г. Москва, Россия. E-mail: iovolkova@hse.ru

VOLKOVA Irina O. – National Research University Higher School of Economics.

101000. Myasnitskaya str. 20. Moscow. Russia. E-mail: iovolkova@hse.ru

ФЕДОСОВА Алина Васильевна – аспирант Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», инженер-исследователь Института энергетических исследований РАН.

101000, ул. Мясницкая, д. 20, г. Москва, Россия. E-mail: fedosova_a@mail.ru

FEDOSOVA Alina V. – National Research University Higher School of Economics.

101000. Myasnitskaya str. 20. Moscow. Russia. E-mail: fedosova_a@mail.ru
