

УДК 338.28

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИСТЕМАТИЗАЦИИ ВЫГОД ОТ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ В РОССИИ

А.В. Федосова

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», г. Москва

Статья посвящена систематизации выгод, сопутствующих развитию интеллектуальных энергосистем. Приведены существующие подходы к классификации данных выгод, выделены их недостатки. Предложен новый принцип систематизации выгод от развития интеллектуальной энергосистемы.

Ключевые слова: интеллектуальная энергетика, система выгод, классификация.

Одним из важных барьеров в процессе реализации интеллектуальных энергосистем (ИЭС) выступает корректное технико-экономическое обоснование данных крупнейших инновационных проектов. Первым шагом в экономической оценке выгод и затрат является идентификация выгод, в случае интеллектуальной энергосистемы данный процесс усложняется широким спектром экстерналий и многоуровневым характером выгод самого проекта.

В рамках настоящей работы выдвинуты следующие требования к классификации выгод от реализации ИЭС:

- 1) Полнота охвата. Классификация должна включать все выгоды проекта;
- 2) Единое основание. В основании классификации должно находиться существенное свойство объекта, имеющее признаки, по которым можно определить его категории;
- 3) Возможность корректной экономической оценки выгод. Классификация должна исключать возможность двойного учета выгод, предоставлять возможность провести их финансовую оценку.

Среди представленных в мировой практике работ можно выделить несколько основных принципов классификации выгод от реализации интеллектуальной энергосистемы.

Первым принципом является деление выгод на прямые и косвенные по отношению к проекту ИЭС.

Данный принцип классификации имеет несколько недостатков:

1. Основание, по которому она проводится, допускает вариативность в интерпретациях: к косвенным выгодам могут быть отнесены как экстерналии проекта, так и неэкономические выгоды, а в приведенном примере – также и экономические. Таким образом, существенное свойство объекта, по которому проводится классификация, в данном случае не имеет конкретных признаков.
2. Такой принцип классификации заведомо совмещает в одну категорию выгоды разного рода: экономические, технологические и неэкономические, что создает серьезные трудности в практической оценке, порождая двойной учет выгод.

Второй существующий принцип классификации предполагает разделение выгод интеллектуальной энергосистемы по источникам и бенефициарам, эти два основания могут как разделяться [EPRI, 2010, 2011; ENSG, 2009; NETL, 2010], так и совмещаться в одной классификации [Baer et al., 2004; Transpower, 2009].

В таблице 1 приведен пример классификации выгод ИЭС по источникам, предложенной EPRI, и выделены ее основные недостатки.

Таблица 1 – Пример классификации выгод от реализации ИЭС по источникам [EPRI, 2010] и его основные недостатки

Категория выгод	Выгоды	Недостатки
Экономические	Экономия на электроэнергии – более низкие счета для потребителей	-
	Сокращение издержек на генерацию из-за увеличения эффективности использования активов	-
	Снижение капитальных затрат на передачу и распределение	-
	Снижение операционных затрат на передачу и распределение	-
	Сокращение издержек из-за перегрузки магистральных сетей	<i>Издержки на перегрузку магистральных сетей практически невозможно оценить, поскольку перегрузки ведут к постепенному разрушению линии и последующим авариям,</i>

Категория выгод	Выгоды	Недостатки
		<i>которые уже учтены в выгоде «Сокращение издержек от перебоев в электроснабжении»</i>
	Сокращение потерь при передаче и распределении	<i>Является технологической выгодой, имеющей экономические индикаторы</i>
	Уменьшение краж электроэнергии	<i>Является технологической выгодой, имеющей экономические индикаторы</i>
Надежность и качество электроэнергии	Сокращение издержек от перебоев в электроснабжении	-
	Сокращение издержек из-за лучшего качества электроэнергии	-
Окружающая среда	Уменьшение вреда в результате сокращения выбросов парниковых газов; Уменьшение вреда в результате сокращения выбросов SO _x , NO _x и твердых частиц	<i>Неэкономическая выгода, не имеющая корректных экономических индикаторов</i>
Энергетическая безопасность	Рост энергетической безопасности из-за сокращения потребления нефти	<i>Неэкономическая выгода, не имеющая корректных экономических индикаторов</i>
	Сокращение вреда от масштабных аварий (blackouts)	<i>Значительное пересечение с выгодой «Сокращении издержек от перебоев в электроснабжении»</i>

Как и в первом случае, источник выгоды как существенное основание классификации допускает разные трактовки, которые, как видно в приведенном примере, приводят к пересечениям и двойному

учету. Под источником выгоды может пониматься как ее категория (экономические выгоды), так и функциональное изменение, порождающее данную выгоду (повышение надежности и качества электроснабжения), а также сфера происхождения (окружающая среда).

Таким образом, по данной классификации корректная оценка выгод от развития ИЭС крайне затруднена и может приводить к смещениям.

Кроме того, есть возможность выделения только одной категории выгод, что заведомо делает классификацию неполной. В приведенном примере (табл. 2) в качестве такой категории рассматриваются технологические выгоды.

Таблица 2 – Пример классификации выгод от реализации ИЭС, охватывающей только технологические выгоды [ENSG, 2009]

Выгода	Описание
Оптимизация напряжения	Контроль уровня напряжения в распределительных сетях с целью минимизировать потребление электроэнергии на собственные нужды и максимально использовать допустимый уровень отклонения напряжения при обеспечении будущего спроса на электроэнергию и увеличении доли распределенной генерации.
Управление спросом	Вытеснение пиковой генерации посредством сокращения пикового спроса
Управление активами	Сокращение аварий вследствие лучшего управления активами
Потери	Сокращение пиковых потоков электроэнергии в результате смещения нагрузки, снижения системного напряжения и лучшей фазовой балансировки
Распределенная генерация	Вытеснение пиковой генерации посредством диспетчирования распределенной генерации в пиковые часы
Отключения	Сокращение длительности отключений потребителей в результате лучшего функционирования сети
Планирование мощности	Снижение необходимости расширения сети в результате более эффективного использования существующих мощностей и планирования

Наконец, третьим существующим принципом классификации выгод от реализации ИЭС является их деление на конечные и промежуточные [Baer et al., 2004].

Данный принцип классификации характеризуется тем же недостатком, что и деление на прямые и косвенные выгоды: отсутствие конкретных признаков данного свойства объекта. Отсутствуют явные временные границы, которые могли бы определить переход выгод из одной категории в другую, а также какие-либо характеристики выгод, определяющие их принадлежность к данной категории.

Учитывая выделенные недостатки существующих принципов классификации выгод от реализации ИЭС, нами предлагается применение многомерной таксономической классификации с выделением в качестве источника выгод функциональных изменений в технологических подсистемах интеллектуальной энергосистемы (рис. 1). Данные функциональные изменения производятся технологическими компонентами ИЭС, и выделяются на основе анализа функций последних.

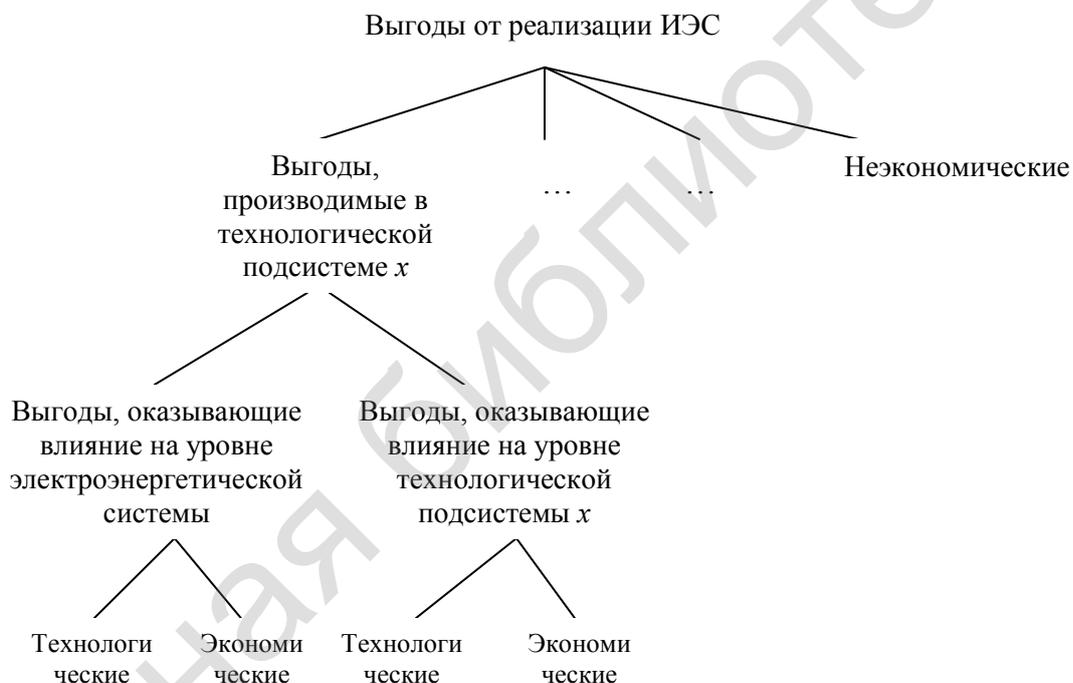


Рис. 1. Система выгод от реализации интеллектуальной энергосистемы

Предлагаемая систематизация основана на предпосылке, что создание интеллектуальной энергосистемы ведет не просто к количественному увеличению производственного потенциала энергосистемы, а к изменению существующих или появлению новых

свойств в ее отдельных структурных подсистемах (генерации, передачи, распределения, потребления электроэнергии). Примеры таких **изменений функциональности** приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Изменения функциональности в технологических подсистемах, производимые компонентами интеллектуальной энергосистемы

Функциональные изменения в технологической подсистеме потребителей	Функциональные изменения в технологической подсистеме сетей	Функциональные изменения в технологической подсистеме генерации
<ul style="list-style-type: none"> • Управление электропотреблением в режиме реального времени; • Введение дифференциации потребителей по надежности электроснабжения с возможностью выбора оптимального соотношения цена/надежность; • Аккумуляция больших объемов электроэнергии; • Активное участие потребительской генерации на рынке электроэнергии 	<ul style="list-style-type: none"> • Увеличение пропускной способности сети; • Автоматизация функционирования сети; • Устойчивость к авариям; • Мониторинг состояния оборудования в режиме реального времени 	<ul style="list-style-type: none"> • Автоматический мониторинг и диагностика оборудования; • Увеличение диапазонов регулирования мощности электростанций; • Взаимодействие с активными элементами управления в сетях в реальном времени

На основе анализа изменений функциональности (технических свойств) определяется перечень и характеристики **технологических выгод**, которые определяют меру изменения производственных параметров энергосистемы в целом и ее структурных подсистем.

При этом одна часть технологических выгод имеет место только на уровне подсистем, т.е. изменение функциональности (технических свойств) в одном из звеньев (подсистем) технологической цепочки энергосистемы за счет внедрения элементов интеллектуальной энергетики приводит к изменению производственных параметров только для данной подсистемы. К примеру, повышение автоматизации и удаленное управление сетевыми объектами позволяет снизить численность обслуживающего персонала.

Другая часть технологических выгод носит системный характер, т.е. внедрение элементов интеллектуальной энергетики в одном из звеньев технологической цепочки и изменение производственных параметров данной подсистемы одновременно ведет к изменению параметров в других подсистемах и во всей энергосистеме. В частности, системной является выгода снижения максимума нагрузки в результате управления спросом у конечных потребителей, которая влечет за собой пропорциональное сокращение необходимых объемов ввода генерирующих мощностей для обеспечения балансовой потребности и нормативных резервов.

Содержание всех выделенных категорий технологических выгод приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Технологические выгоды от реализации ИЭС

Категории технологических выгод		Содержание технологических выгод
Технологические выгоды, производимые в технологической подсистеме потребителей	Оказывающие влияние на уровне данной технологической подсистемы	<ul style="list-style-type: none"> Снижение конечного потребления
	Оказывающие влияние на уровне электроэнергетической системы	<ul style="list-style-type: none"> Снижение максимума нагрузки энергосистемы Снижение объемов резервов в энергосистеме Оптимизация режимов загрузки электростанций и сети
Технологические выгоды, производимые в технологической подсистеме сетей	Оказывающие влияние на уровне данной технологической подсистемы	<ul style="list-style-type: none"> Увеличение предельных балансовых потоков мощности; Снижение количества отказов сетевого оборудования; Снижение потерь в сетях всех классов напряжения
	Оказывающие влияние на уровне электроэнергетической системы	<ul style="list-style-type: none"> Снижение недоотпуска электроэнергии; Усиление инфраструктурной интеграции ценовых зон конкурентных рынков энергии и мощности
Технологические выгоды, производимые в технологической подсистеме генерации	Оказывающие влияние на уровне данной технологической подсистемы	<ol style="list-style-type: none"> Сниженный объем неотложных и аварийных ремонтов; Сокращение времени ремонтных работ
	Оказывающие влияние на уровне электроэнергетической системы	Нет

Стоимостная оценка технологических выгод позволяет определить **экономические выгоды**, возникающие на уровне отдельных подсистем и энергосистемы в целом. Общим свойством интеллектуальной энергетики является более эффективное использование существующего производственного потенциала и снижение потребности в его наращивании для обеспечения целевых балансовых требований и критериев системной надежности и надежности энергоснабжения конечных потребителей. Поэтому **экономические выгоды** формулируются, как правило, в виде снижения (экономии) затрат на функционирование и развитие энергосистемы.

Часть экономических выгод имеет место на уровне подсистем и определяется соответствующими технологическими выгодами, проявляющимися в отдельной подсистеме электроэнергетики. Примером является снижение эксплуатационных затрат в сетевом комплексе за счет сокращения численности персонала, объемов и сроков ремонтных работ в условиях удаленного мониторинга и контроля состояния, автоматизированного управления устройствами по передаче, распределению и учету электроэнергии.

Другая часть **экономических выгод** имеет **системный** характер и является результатом совместного влияния системных технологических выгод (например, снижение капиталовложений в генерирующие мощности).

Перечень экономических выгод от реализации ИЭС приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Экономические выгоды от реализации ИЭС

Категории экономических выгод		Содержание экономических выгод
Экономические выгоды, производимые в технологической подсистеме потребителей	Оказывающие влияние на уровне данной технологической подсистемы	<ul style="list-style-type: none"> • Снижение затрат на электроснабжение; • Снижение ущербов у потребителей (по типам отключений и категориям потребителей)
	Оказывающие влияние на уровне электроэнергетической системы	<ul style="list-style-type: none"> • Снижение капиталовложений в строительство электростанций; • Снижение топливных затрат электростанций; • Снижение капиталовложений в расширение сети общего

Категории экономических выгод		Содержание экономических выгод
		пользования вследствие оптимизации электропотребления
Экономические выгоды, производимые в технологической подсистеме сетей	Оказывающие влияние на уровне данной технологической подсистемы	<ul style="list-style-type: none"> • Снижение капиталовложений в расширение сети вследствие увеличения предельных балансовых потоков мощности; • Снижение затрат на ремонты; • Снижение затрат на эксплуатацию; • Снижение затрат на оплату сверхнормативных потерь
	Оказывающие влияние на уровне электроэнергетической системы	<ul style="list-style-type: none"> • Выигрыш сетевых компаний от снижения недоотпуска электроэнергии • Экономия оптовых потребителей в результате снижения оптовой цены электроэнергии за счет уменьшения ценовой дифференциации по зонам рынка
Экономические выгоды, производимые в технологической подсистеме генерации	Оказывающие влияние на уровне данной технологической подсистемы	<ul style="list-style-type: none"> • Снижение затрат на ремонты
	Оказывающие влияние на уровне электроэнергетической системы	Нет

Наконец, опыт разработки концепций и стратегий развития интеллектуальной энергетики в разных странах мира демонстрирует, что все большую актуальность (и политическую значимость)

приобретает оценка **неэкономических выгод**, ожидаемых от создания Smart Grid.

В качестве наиболее значимых выгод данной категории можно выделить:

1) Снижение экологической нагрузки, включая сокращение выбросов загрязняющих веществ, парниковых газов, уровней электромагнитного излучения, отчуждаемых площадей.

2) Инновационный импульс для экономики за счет массового спроса на научно-исследовательские, опытно-конструкторские работы в энергомашиностроении, электротехнической промышленности, информационных и коммуникационных технологиях, без которых невозможно будет достичь качественно нового уровня в автоматизации, наблюдаемости и управляемости электроэнергетики.

3) Повышение энергетической безопасности за счет повышения надежности энергоснабжения потребителей за счет автоматизации управления сетями, развития источников распределенной генерации и аккумулирования электроэнергии, микросетей, создающих возможности для оперативного перехода потребителей к автономному энергоснабжению в случае системных аварий.

4) Повышение производительности и безопасности труда за счет внедрения автоматизированных систем удаленного контроля и управления, технических устройств с пониженными показателями аварийности, увеличенным эксплуатационным ресурсом.

Неэкономические выгоды определяются изменениями функциональности структурных подсистем электроэнергетики. Практически все неэкономические выгоды могут быть оценены количественно, однако их последующая корректная стоимостная оценка далеко не всегда возможна, либо существующие в настоящее время подходы дают чрезвычайно широкий диапазон неопределенности. Поэтому в рамках технико-экономического обоснования интеллектуальной энергосистемы целесообразно в качестве основных рассматривать прямые экономические выгоды, используя экспертные оценки неэкономических выгод как дополняющие (либо ограничивающие) условия.

В заключение необходимо отметить, что предложенная систематизация выгод от реализации ИЭС позволяет установить четкую связь между функциональными изменениями, технологическими и экономическими выгодами таким образом, что при изменении набора технологических компонентов интеллектуальной энергосистемы определенным образом изменяются конечные экономические выгоды. Это позволяет производить оценку экономических выгод для разных вариантов развития ИЭС.

Список литературы

1. Веселов Ф. В., Федосова А. В. Развитие Smart Grid в России — какого эффекта ждать от интеллекта // Энергорынок, №7, 2011
2. Baer, W.S., Fulton. B., Mahnovski, S. (2004) Estimating the Benefits of the GridWise Initiative. Phase I Report. http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/technical_reports/2005/RAND_TR160.pdf
3. Electricity Networks Strategy Group (2009). A Smart Grid Vision. http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20100919181607/http://www.ensg.gov.uk/assets/ensg_smart_grid_wg_smart_grid_vision_final_issue_1.pdf
4. EPRI (2010) Methodological Approach for Estimating the Benefits and Costs of Smart Grid Demonstration Projects. http://www.smartgridnews.com/artman/uploads/1/1020342EstimateBCSmartGridDemo2010_1_.pdf
5. EPRI (2011) 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.
6. NETL (2010) Understanding the Benefits of the Smart Grid. http://www.netl.doe.gov/smartgrid/referenceshelf/whitepapers/06.18.2010_Understanding%20Smart%20Grid%20Benefits.pdf
7. Transpower New Zealand Ltd. (2010) Grid Upgrade Plan 2009 Installment 4.

SMART POWER SYSTEM BENEFITS CLASSIFICATION FOR THE RUSSIAN UES

Alina Fedosova

The Higher School of Economics, Moscow

The article is devoted to smart power system benefits classification. Existing approaches to smart grid benefits classification are considered, their problems are identified. The article proposes new classification principle for smart power system benefits.

Keywords: *Smart Power System, benefits classification.*

Об авторах:

ФЕДОСОВА Алина Васильевна – аспирантка кафедры энергетических и сырьевых рынков факультета мировой экономики и мировой политики НИУ-ВШЭ, инженер-исследователь ИНЭИ РАН, e-mail: fedosova_a@mail.ru