

Интеллектуальные системы учета электроэнергии: эмпирический анализ факторов восприятия технологии

П.С. Кузьмин¹

¹ АО «Синтез Групп»

АННОТАЦИЯ

Внедрение систем интеллектуального учета электроэнергии – одна из ключевых составляющих цифрового перехода в электроэнергетике. Интеллектуальные системы учета снабжены модулями сбора, обработки, хранения, отправки и получения данных, а их внедрение порождает широкий спектр эффектов для компаний электроэнергетики, потребителей электроэнергии, а также органов власти и регуляторов отрасли. Функционал систем интеллектуального учета может быть существенно расширен при применении счетчиков неинтрузивного мониторинга нагрузки.

Целью настоящей работы является разработка перечня факторов, оказывающих как положительное, так и отрицательное воздействие на восприятие технологий интеллектуальных систем учета и среди компаний электроэнергетики, и среди конечных потребителей – участников розничных рынков электроэнергии.

На первом этапе исследования на основе моделей Роджерса и Дэвиса был разработан перечень факторов, оказывающих влияние на принятие технологий интеллектуальных систем учета как энергокомпаниями, так и конечными потребителями электроэнергии. На основе глубоких интервью с экспертами проведена верификация факторов и разработка анкет для следующего этапа исследования.

На втором этапе проведено количественное исследование, позволившее определить степень влияния факторов на принятие технологии интеллектуального учета пользователями.

В завершение работы представлены рекомендации, призванные ускорить распространение систем интеллектуального учета электроэнергии и быстрее достичь положительных эффектов от их внедрения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

интеллектуальные системы учета, энергетический комплекс, цифровизация, неинтрузивный мониторинг нагрузки.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Кузьмин П.С. (2021). Интеллектуальные системы учета электроэнергии: эмпирический анализ факторов восприятия технологии // Стратегические решения и риск-менеджмент. Т. 12. № 1. С. 8–23. DOI: 10.17747/2618-947X-2021-1-8-23.

Smart metering systems: An empirical analysis of technology perception factors

P.S. Kuzmin¹

¹ Sintez Grupp CJSC

ABSTRACT

The use of smart metering systems for electricity is one of the key components of the digital transition in the power industry. Smart metering systems are equipped with modules for collecting, processing, storing, sending and receiving data, and their implementation generates a wide range of effects for electricity companies, electricity consumers, as well as authorities and industry regulators. The functionality of smart metering systems can be significantly expanded when using non-intrusive load monitoring meters.

The purpose of this work is to develop a list of factors that have both a positive and a negative impact on the perception of intelligent metering systems technologies both among power companies and end consumers - participants in retail electricity markets.

At the first stage of the study, based on the models of E. Rogers and F. Davis, a list of factors influencing the adoption of smart metering technologies by both energy companies and end consumers of electricity was developed. Based on in-depth interviews with experts, the factors were verified and questionnaires were developed for the next stage of the study.

At the second stage, a quantitative study was carried out, which made it possible to determine the degree of influence of factors on the adoption of smart metering technology by users.

At the end of the work, recommendations were developed to accelerate the distribution of smart metering systems and quickly achieve positive effects from their implementation.

KEYWORDS:

smart metering systems, energy complex, digitalization, non-intrusive load monitoring.

FOR CITATION:

Kuzmin P.S. (2021). Smart metering systems: An empirical analysis of technology perception factors. *Strategic Decisions and Risk Management*, 12(1), 8-23. DOI: 10.17747/2618-947X-2021-1-8-23.

1. ВВЕДЕНИЕ

Четвертая промышленная революция, характеризующаяся взаимодействием цифровой, физической и биологической областей [Шваб, 2016], кардинально преобразует облик электроэнергетической отрасли как во всем мире, так и в России. Внедрение технологических инноваций помимо повышения результативности и эффективности деятельности компаний приводит к существенному изменению технико-экономических парадигм, рыночной среды, а также бизнес- и организационных моделей компаний [Freeman et al., 1982; Technical change..., 1987].

Исследователями показано, что одними из основных технологий цифрового перехода в электроэнергетической отрасли являются технологии интеллектуальных систем учета электроэнергии (ИСУ) [Трачук, 2010; Smart grids..., 2013]. Такие системы основываются на счетчиках электроэнергии, снабженных модулями сбора, обработки, хранения, отправки и получения данных.

В отличие от традиционных счетчиков электроэнергии системы интеллектуального учета обладают более широким спектром функций:

- мониторинг объема потребления в режиме реального времени;
- возможность агрегации данных различных счетчиков в единую базу данных;
- хранение статистических данных по электрическим характеристикам;
- получение информации по перетокам электроэнергии и достоверное определение уровня технологических и коммерческих потерь в электросетях;
- выявление безучетного энергопотребления и фактов воздействия на счетчики;
- формирование энергосберегающих стратегий и оценка их реализации;
- дистанционное ограничение энергопотребления.

Однако, несмотря на текущий обширный функционал интеллектуальных систем учета, еще большими возможностями обладают ИСУ, построенные на основе технологии неинтрузивного мониторинга нагрузки (Non-Intrusive Load Monitoring, NILM). NILM – это метод анализа данных об общей электрической нагрузке, полученных путем измерения силы тока и напряжения в одной точке, с последующим разделением общей нагрузки на нагрузки отдельных устройств [Кузьмин, 2019].

Исследователи отмечают, что технология неинтрузивного мониторинга нагрузки может сыграть ключевую роль в цифровом переходе в электроэнергетике [Zoha et al., 2012]. Она способна не только улучшить текущую операционную деятельность компаний электроэнергетики, но и лечь в основу формирования новых отношений между субъектами энергорынков [Bergman et al., 2011; Lin, Wang, 2016; Zhuang et al., 2018].

ИСУ, основанные на неинтрузивном мониторинге нагрузки, обладают двумя ключевыми отличиями, обуславливающими специфику их применения:

- неинтрузивность – счетчик такой ИСУ измеряет ток и напряжение в одном месте распределительной электросети здания и не требует прямого встраивания в сеть, при этом обеспечивая точность измерения,

не уступающую традиционным счетчикам (в том числе оснащенным Wi-Fi и GSM-модулями);

- дезагрегация данных – в настоящий момент, если необходимо выделить профили энергопотребления для каждого устройства, расположенного в помещении, на входе в каждое устройство устанавливается счетчик прямого включения. Счетчик NILM, используя облачные технологии и специальные методы машинного обучения, разбивает интегральные данные о потреблении энергии, собранные в одной точке сети, на профили потребления каждого устройства. Так как затраты на установку счетчиков прямого включения прямо пропорциональны их количеству, использование сенсоров NILM способствует существенной экономии [Naghbi, Deilami, 2014]. Данный эффект еще сильнее ощущается при оснащении счетчиками крупной коммерческой недвижимости, а также на производствах, использующих большое количество оборудования.

Основываясь на своих технологических особенностях, ИСУ, использующие счетчики неинтрузивного мониторинга нагрузки, способны найти применение во множестве направлений:

- дезагрегация суммарного энергопотребления и визуализация. При помощи сенсоров NILM потребители способны выделять энергопотребление каждого прибора. Результат дезагрегации в виде интерактивной инфографики отображается в мобильном приложении или в пользовательской онлайн-платформе. Количество полезных данных может быть значительно увеличено путем установки нескольких сенсоров (например, можно разделить энергопотребление между этажами в многоэтажном здании или собрать информацию по загруженности производственного оборудования в различных помещениях крупного предприятия);
- выявление ненормативных режимов работы устройств и превентивный мониторинг поломок. Так как сенсоры в режиме реального времени собирают данные, система запоминает паттерны поведения приборов. При помощи методов нейросетевого анализа система распознает изменения в режиме работы устройства и оперативно направляет пользователю уведомление о выявленном нарушении;
- разделение счета на покупку электроэнергии. При помощи функции поприборного разделения энергопотребления можно соответствующим образом разделить счет об оплате. При дифференцированной стоимости электроэнергии по зонам суток можно сформировать отчет о затратах на работу прибора в заданный промежуток времени. Таким образом, открывается возможность оптимизировать режим работы устройств, выработать график оптимального энергопотребления и снизить расходы на покупку электроэнергии;
- встраиваемость в сторонние решения. Поприборное разделение нагрузки – одна из важнейших технологических особенностей NILM. Это решение может быть встроено и в традиционные приборы учета прямого включения;

- отправка оповещений и уведомлений. С использованием мобильного приложения или пользовательской онлайн-платформы система NILM способна направлять пользователю уведомления о нарушении режимов работы устройств или при превышении заданных пользователем отметок (например, если время работы плиты превысит установленное или при превышении заданной планки энергопотребления).

Ряд исследователей делают вывод, что влияние цифровой трансформации электроэнергетики, и в том числе влияние внедрения интеллектуальных систем учета, будет наиболее сильным для конечных потребителей электроэнергии [Трачук, 2010; Цифровой переход., 2017; Хохлов и др., 2018], притом наиболее значительные изменения будут претерпевать конечные потребители на розничном рынке. Внедрение интеллектуальных систем учета электроэнергии (в том числе на основе технологии NILM) порождает широкий спектр эффектов как для конечных потребителей, так и для компаний электроэнергетической отрасли [Трачук, 2010; Кузьмин, 2019]. Сопоставление эффектов, создаваемых ИСУ с участниками рынка электроэнергии и мощности, представлены в табл. 1.

Теме внедрения систем интеллектуального учета посвящено большое количество работ. Однако они представляют собой преимущественно научно-технические публикации, в фокусе внимания которых находятся технологические аспекты создания и внедрения интеллектуальных систем учета электроэнергии, статьи, исследующие положительные эффекты внедрения и возможности коммерциализации данных, собранных при помощи ИСУ [McKenna et al., 2012; Devlin, Hayes, 2018]. Другие исследователи оценивали при-

менимость ИСУ при внедрении управления спросом и моделей активных потребителей [Bergman et al., 2011; Lin, Wang, 2016; Zhuang et al., 2018]. Однако среди научных работ недостает публикаций, исследующих характер восприятия технологий ИСУ потенциальными пользователями, что напрямую влияет на скорость распространения технологий.

Таким образом, задачей настоящей работы является выявление и систематизация факторов, оказывающих как положительное, так и отрицательное воздействие на восприятие технологий интеллектуальных систем учета и среди компаний электроэнергетики, и среди конечных потребителей – участников розничных рынков электроэнергии.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИЗА ПРИНЯТИЯ ИННОВАЦИЙ

Принятие инновационных технологий промышленными компаниями описывается небольшим числом исследований. Наиболее распространены модели факторов принятия инноваций, изложенные в работах [Molla, Licker, 2002; 2005]:

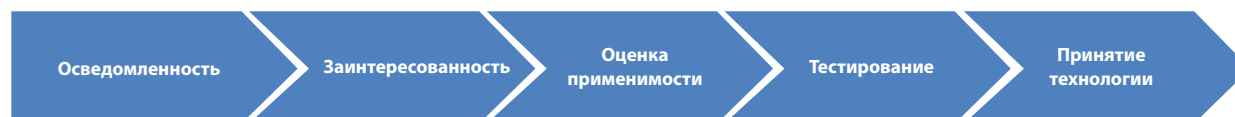
- модель POER – для исследования внутриорганизационных факторов, влияющих на восприятие инноваций. Эта модель призвана оценить факторы внутриорганизационной среды: как сотрудники воспринимают инновационные технологии, имеют ли они тенденцию к их принятию, как оценивают риски и сложности при внедрении;
- модель PEER – для оценки факторов внешней среды, а именно давления других игроков рынка, органов-регуляторов, а также технологических изменений в отрасли.

Таблица 1
Сопоставление эффектов, создаваемых ИСУ с участниками рынка электроэнергии и мощности

Участник рынка электроэнергии и мощности	Эффект от внедрения интеллектуальной системы учета электроэнергии
Домохозяйства	Разделение счета на электроэнергию и выявление энергозатратных приборов Оптимизация профиля потребления при использовании многоступенчатого тарифа на покупку электроэнергии, как следствие – снижение затрат Превентивный контроль поломок и неисправностей Родительский контроль и социальный мониторинг
Производства и крупная коммерческая недвижимость	Разделение счета на электроэнергию и выявление энергозатратных приборов Оптимизация профиля потребления при использовании многоступенчатого тарифа на покупку электроэнергии, как следствие – снижение затрат Превентивный контроль поломок и неисправностей Разделение энергопотребления по помещениям (особенно актуально для девелоперов недвижимости) Контроль за несанкционированным доступом к оборудованию
Управляющие компании и жилищно-коммунальные хозяйства	Повышение энергоэффективности многоквартирных домов и коммерческой недвижимости Выявление незаконного присоединения к электросетям и снижение риска хищения электроэнергии
Электросетевые организации	Превентивный контроль поломок и неисправностей Повышение скорости и точности формирования энергобалансов Повышение эффективности по борьбе с безучетным энергопотреблением Снижение объемов технологических и коммерческих потерь в сетях
Энергосбытовые организации и гарантирующие поставщики	Повышение эффективности деятельности на оптовом и розничном рынках электроэнергии Повышение эффективности участия в проектах по внедрению концепции агрегатора нагрузки
Государственное управление и органы-регуляторы	Возможность анализа больших данных об энергопотреблении Повышение качества и точности принимаемых решений по стратегическому развитию отрасли электроэнергетики

Источник: составлено автором.

Рис. 1. Процесс принятия потребителем инновационной технологии



Источник: [Rogers, 2003].

Со стороны конечных потребителей чаще всего используются следующие методы анализа принятия потребителями инновационных технологий:

- процессный подход. Направлен на анализ процесса принятия новшества – самостоятельного процесса, показывающего, как отдельный человек через несколько стадий вырабатывает отношение к новшеству, принимая или отвергая его;
- факторный подход. Основан на выявлении и анализе факторов, оказывающих положительное или отрицательное влияние на восприятие инновационной технологии потребителем.

Процессный подход рассматривает принятие инновации как череду последовательных этапов, сменяющих друг друга. Одними из наиболее популярных моделей для описания принятия инновации являются модель диффузии инноваций Эверетта Роджерса [Rogers, 2003] и модель технологического принятия Фрэнка Дэвиса [Davis, 1989].

Диффузия инноваций описывается Роджерсом как сочетание ключевых составляющих: инновация, человек, время, каналы связи и социальная система, а также череда стадий принятия инновационной технологии: осведомленность (awareness), заинтересованность (interest), оценка применимости (evaluation), тестирование (trial), принятие технологии (adoption) (рис. 1).

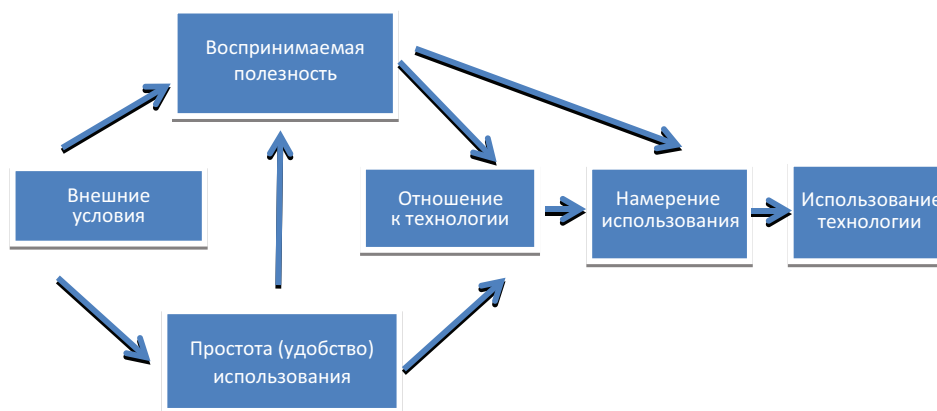
Вначале потребитель получает первичную информацию о технологии, затем, исходя из этой информации, формирует свое отношение к ней. Если инновация заинтересует потребителя, он оценивает ее применимость и в случае принятия положительного решения переходит к стадии тестирования инновации, определяя для себя ее преимущества и недостатки. Финальным этапом выступает стадия принятия. В случае положительной оценки технологии человек принимает решение о ее дальнейшем использовании, а при отрицательной – отказывается от принятия.

Важным положением в модели Роджерса является сегментация потенциальных потребителей по признаку индивидуальной предрасположенности к принятию инновационных технологий:

- 1) инноваторы (innovators, 2,5%): риск-ориентированные, склонны принимать инновации в первых рядах, способны воспринимать сложные технические знания, обладают достаточными финансовыми ресурсами для компенсации рисков;
- 2) ранние последователи (early adopters, 13,5%): составляют основной массив «лидеров мнений», именно на них ориентируются относительно поздние последователи;
- 3) раннее большинство (early majority, 34%): представители этого сегмента могут проявлять некоторую неуверенность до момента принятия инновации, в процессе принятия инновации предпочитают следовать за ранними последователями;
- 4) позднее большинство (late majority, 34%): скептически настроенная группа потребителей, принятие ими инновации происходит или под возрастающим социальным давлением, или при экономической необходимости;
- 5) опоздавшие (laggards, 16%): потребители консервативной ориентации, принимают инновацию только тогда, когда она полностью интегрирована в окружение, могут и вовсе отказаться от принятия.

Модель технологического принятия Дэвиса (рис. 2) была создана с целью описания факторов восприятия работниками предприятия компьютерной техники на рабочем месте и основывалась на предположении, что использование конкретной технологической инновации зависит от отношения, сформированного к ней человеком, а также возможности и намерения ее использовать. В дальнейшем модель успешно использовалась для исследования инновационной деятельности компаний [Ребязина и др., 2011], а также распространения распределенной генерации [Трачук, Линдер, 2018].

Рис. 2. Модель технологического принятия Дэвиса



Источник: [Davis, 1989].

Таблица 2
Общие и специфические характеристики,
влияющие на принятие инноваций

Положительное воздействие на принятие инновации	Отрицательное воздействие на принятие инновации
Общие характеристики	
Совместимость	Сложность использования
Возможность тестирования	
Принятие новшества	
Сравнительное преимущество	
Специфические характеристики	
Скорость	Осознание риска использования технологии
Надежность	
Удовольствие от использования	
Контроль за использованием	

Источник: составлено автором.

Факторный подход основывается на анализе факторов, оказывающих наибольшую степень влияния на решение потребителя о принятии инноваций.

Роджерсом и Дэвисом были выделены две группы факторов, влияющих на восприятие технологии: общие и специфические. Общие характеристики инноваций были выявлены Роджерсом и включают в себя совместимость, возможность тестирования, сравнительное преимущество, воспринимаемость новшества. Дэвисом были сформулированы специфические характеристики инноваций: скорость, надежность, удовольствие от использования, контроль процесса использования, воспринятые риски использования.

В табл. 2 представлены общие и специфические характеристики, влияющие на принятие инноваций.

Таблица 4
Факторы, влияющие на принятие технологий ИСУ
компаниями электроэнергетики

Факторы восприятия	Исследование
<i>Общие характеристики</i>	
Возможность тестирования	[Zhuang et al., 2018; Parrish et al., 2020]
Сравнительное преимущество	[Bergman et al., 2011; Zhuang et al., 2018; Parrish et al., 2020]
Сложность	[Zhuang et al., 2018; Parrish et al., 2020]
<i>Специфические характеристики</i>	
Инновационная активность	[Bray et al., 2018; Zhuang et al., 2018; Parrish et al., 2020]
Надежность	[Zhuang et al., 2018; Parrish et al., 2020]
Риск использования	[Bergman et al., 2011; Bray et al., 2018; Parrish et al., 2020]

Источник: составлено автором.

Таблица 3
Факторы, влияющие на принятие технологии
интеллектуального учета

Факторы восприятия	Исследование
<i>Внутриорганизационные факторы</i>	
Техническая выполнимость	[Bergman et al., 2011; Zhuang et al., 2018; Parrish et al., 2020]
Воспринятые преимущества	[Bergman et al., 2011; Zhuang et al., 2018; Parrish et al., 2020]
Воспринятые риски	[Bergman et al., 2011; Bray et al., 2018; Zhuang et al., 2018; Parrish et al., 2020]
<i>Факторы внешней среды</i>	
Влияние органов-регуляторов	[Bray et al., 2018; Zhuang et al., 2018; Parrish et al., 2020]
Давление рыночной среды	[Zhuang et al., 2018; Parrish et al., 2020]
Технологические изменения в отрасли	[Bergman et al., 2011; Bray et al., 2018; Zhuang et al., 2018; Parrish et al., 2020]

Источник: составлено автором.

Принятие технологии интеллектуальных систем учета электроэнергии. Для дальнейшего исследования необходимо обозначить факторы, влияющие на принятие технологии ИСУ внутри компаний электроэнергетической отрасли.

В табл. 3 собраны внутриорганизационные факторы и факторы внешней среды, которые были обозначены в соответствующих исследованиях.

Принятие технологий интеллектуальных систем учета. С целью определения общих и специфических характеристик, влияющих на восприятие технологий интеллектуального учета среди конечных потребителей, из исследований [Bergman et al., 2011; Bray et al., 2018; Zhuang et al., 2018; Parrish et al., 2020] были выделены наиболее значимые факторы (табл. 4).

В результате анализа моделей принятия инновационных технологий со стороны промышленных компаний и со стороны конечных потребителей был выделен ряд наиболее значимых факторов, формирующих решение пользователя о принятии технологии.

После выявления факторов принятия технологий ИСУ необходимо перейти к формированию выборки и проведению исследования с целью получения количественной оценки характера и степени влияния факторов.

3. КАЧЕСТВЕННЫЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования ранее обозначенных факторов принятия технологий ИСУ был проведен качественный этап анализа с целью верификации факторов, влияющих на принятие технологий интеллектуального учета, и детальной разработки анкеты для последующего количественного анализа.

Качественный этап состоит из глубинных полуструктурированных интервью с одиннадцатью представителями электроэнергетических компаний, а также компаний – потребителей электроэнергии на розничных рынках.

В качестве объекта проведения интервью были выбраны сотрудники электроэнергетических компаний, таких как энергосбытовые, электросетевые и генерирующие, компании коммерческой инфраструктуры оптового рынка электроэнергии и мощности. Сторону потребителей составили представители крупных строительных компаний, собственники коммерческой недвижимости, розничной торговли, а также российское предприятие, занимающееся исследованиями, разработкой и производством в области государственных знаков.

Каждый из респондентов занимает руководящую должность уровня заместителя директора департамента и выше и:

- имеет научный интерес в области цифровых технологий в сфере электроэнергетики;
- имеет представление или знает примеры использования систем интеллектуального учета;
- потенциально заинтересован в проведении тестирования систем интеллектуального учета;
- имеет непосредственное отношение к сфере инновационного развития в электроэнергетике.

Таблица 5
Факторы, влияющие на принятие технологий ИСУ компаниями электроэнергетики

Факторы восприятия	Пояснение
<i>Внутриорганизационные факторы</i>	
Техническая выполнимость	Техническая возможность установить ИСУ на стороне потребителя и наладить сбор информации с них
Воспринятые преимущества	Возможность анализа данных по энергопотреблению, коммерциализация данных, рост эффективности и точности прогнозирования энергопотребления, выявление бездоговорного потребления
Воспринятые риски	Риски утечки данных, а также риск роста нагрузки по раскрытию информации в органы-регуляторы
Ожидаемые затраты	Стоимость установки и дальнейшего обслуживания системы, а также потенциальные источники финансирования
<i>Факторы внешней среды</i>	
Влияние органов-регуляторов	Сопоставимость установки ИСУ с реализацией государственных программ, возможность использования тарифных источников для покрытия затрат на установку
Давление рыночной среды	Рост популярности систем интеллектуального учета среди потребителей, распространение аналогичных систем среди компаний-конкурентов
Технологические изменения в отрасли	Внедрение интеллектуальной системы учета является требованием технологического прогресса

Источник: составлено автором.

Также автору удалось провести интервью основателя компании, производящей и поставляющей системы неинтрузивного мониторинга нагрузки на территории Европейского союза.

По результатам анализа интервью были подтверждены и актуализированы факторы, влияющие на принятие технологий интеллектуальных систем учета электроэнергии как среди энергокомпаний (табл. 5), так и среди конечных потребителей на розничных рынках (табл. 6).

Следующим этапом является расчет непараметрических коэффициентов корреляции Спирмена (ρ_s) для ранжированных данных для подтверждения связей между элементами моделей. Связи компонентов модели признаются значимыми в случае превышения коэффициентом корреляции порогового значения 0,50.

В ходе корреляционного анализа было получено, что принятие технологий интеллектуальных систем учета компаниями электроэнергетики связано с технической выполнимостью ($\rho_s = 0,76$), воспринятыми рисками ($\rho_s = 0,57$), воспринятыми преимуществами ($\rho_s = 0,80$), ожидаемыми затратами ($\rho_s = 0,61$), влиянием органов-регуляторов ($\rho_s = 0,53$), давлением рыночной среды ($\rho_s = 0,81$), технологическими изменениями в отрасли ($\rho_s = 0,52$).

Результаты анализа интервью, проведенных с представителями компаний электроэнергетической отрасли, подтверждают выбранные факторы внутриорганизационной среды и внешней среды, а также их взаимосвязь и служат дополнительным обоснованием анкеты, разработанной для количественной оценки факторов, влияющих на принятие технологий ИСУ.

Корреляционный анализ общих и специфических факторов для конечных потребителей электроэнергии на роз-

Таблица 6
Факторы, влияющие на принятие технологий ИСУ конечными потребителями

Факторы восприятия	Пояснение
<i>Общие характеристики</i>	
Возможность тестирования	Возможность бесплатного или льготного тестирования системы
Сравнительное преимущество	Снижение доли затрат на электроэнергию, выявление фактов бездоговорного потребления, контроль работы устройств
Сложность	Легкость освоения системы, удобство работы с клиентской частью
<i>Специфические характеристики</i>	
Инновационная активность	Освоение передовой технологии в первых рядах
Надежность	Надежность работы системы, наличие постпродажного обслуживания и технической поддержки
Риск использования	Риски утечки данных, риск негативного влияния на работу производственного оборудования

Источник: составлено автором.

нических рынках выявил связь принятия решения об использовании с возможностью тестирования ($\rho_s = 0,54$), сравнительным преимуществом ($\rho_s = 0,68$), сложностью освоения ($\rho_s = 0,52$), инновационной активностью ($\rho_s = 0,62$), надежностью ($\rho_s = 0,60$), риском использования ($\rho_s = 0,64$).

Результаты анализа интервью, проведенных с представителями компаний – конечных потребителей электроэнергии, подтверждают выбранные общие и специфические факторы, а также их взаимосвязь и служат дополнительным обоснованием анкеты, разработанной для количественной оценки факторов, влияющих на принятие технологий интеллектуальных систем учета.

4. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ

После обоснования факторов принятия технологий интеллектуальных систем учета электроэнергии были составлены анкеты и проведено анкетирование представителей компаний электроэнергетики и конечных потребителей электроэнергии (162 респондента, табл. 7) для дальнейшего построения модели регрессионного анализа, призванной определить степень влияния выявленных факторов на принятие решение о внедрении ИСУ.

Для измерения выявленных факторов были сформулированы утверждения анкеты, респондентам было предложено выбрать степень согласия с ними. Для измерения степени согласия была использована семибалльная шкала Лайкерта, где 1 – «совершенно не согласен», 4 – «не знаю, согласен или не согласен», 7 – «полностью согласен». Вопросы анкет приведены в табл. 8, 9.

Для измерения фактора «Техническая выполнимость» была использована шкала с двумя вопросами, призванными оценить, как возможность компании организовать сбор данных с потребителей влияет на принятие решения. Для оценки фактора «Воспринятые риски» использовалась шкала с четырьмя вопросами, оценивающими риски утечки данных и их последствия, а также риск повышения количества

раскрываемой информации по требованию органов-регуляторов. Фактор «Воспринятые преимущества» был измерен при помощи пяти вопросов, описывающих ряд улучшений текущей деятельности компании, а также новые источники дохода. Фактор «Ожидаемые затраты» измерялся четырьмя вопросами, описывающими затраты на установку ИСУ, а также источники покрытия затрат. Для измерения фактора «Влияние органов-регуляторов» были использованы два вопроса, которые описывали соответствие установки ИСУ с государственными программами и возможность включения затрат в тарифные источники. Давление рынка оценивалось при помощи четырех вопросов, сфокусированных на заинтересованности в технологиях систем интеллектуального учета электроэнергии со стороны конечных потребителей, а также конкурентов. Фактор «Технологические изменения в отрасли» был измерен двумя вопросами, характеризующими необходимость внедрения технологий ИСУ, если это станет требованием времени или разовьются технологии со схожим функционалом.

Аналогично были сформированы вопросы для исследования общих и специфических факторов, влияющих на принятие технологий ИСУ со стороны конечных потребителей на розничных рынках электроэнергии. Возможность тестирования измерялась двумя вопросами, оценивающими отношение респондентов к возможности протестировать ИСУ бесплатно или при предоставлении льготного периода. Сравнительное преимущество измерялось как оценка того, насколько существенны положительные эффекты внедрения ИСУ для конечных потребителей. Сложность освоения измерялась при помощи двух вопросов, оценивающих, насколько готовы респонденты к освоению новой технологии. Фактор «Инновационная активность» измерялся в соответствии с вопросами относительно важности для респондента быть инноватором. Фактор «Надежность» был измерен в соответствии с оценкой респондентов в потребности в постпродажном обслуживании и технической поддержке. Для оценки фактора «Воспринятые риски» использовалась шкала с четырьмя вопросами, оценивающими риски утечки данных и их последствия, а также риск негативного влияния ИСУ на работу производственного оборудования.

В начале проведения количественного анализа были рассчитаны коэффициенты надежности (альфа Кронбаха) для всех факторов, исследуемых на основе шкал из нескольких вопросов. Полученные коэффициенты удовлетворяют требованию к минимальному уровню надежности для полевых исследований – 0,65. Далее был выполнен факторный анализ методом главных компонент и ортогонального вращения, максимизирующего вариацию (варимакс) для четырех групп вопросов, описывающих четыре аспекта внутриорганизационных факторов, и трех групп вопросов, описывающих три аспекта внешних факторов.

Факторный анализ на основе метода главных компонент с ортогональным вращением, максимизирующим вариацию, выявил наличие четырех внутриорганизационных характеристик и трех факторов внешней среды, которые описывали суммарно 87,2% вариации в вопросах. Значения полученных факторов использовались для формирования итогового набора факторов, которые влияют на принятие технологий интеллектуальных систем учета электроэнергетическими

Таблица 7

Структура выборки по направлениям деятельности компаний

Характеристика организации	Доля компаний (%)
<i>Энергокомпании</i>	
Электросетевая компания	13,0
Энергосбытовая компания	20,4
Субъект коммерческой инфраструктуры оптового рынка	0,6
Генерирующая компания	5,6
<i>Потребители электроэнергии</i>	
Инвестиционно-строительная компания	1,9
Розничная торговля	29,0
Собственник коммерческой недвижимости	24,1
Управляющая компания ЖКХ	5,6

Источник: составлено автором.

Таблица 8
Индикаторы измерения факторов принятия технологий ИСУ компаниями электроэнергетики

Фактор	Обозначение	Измерение	Альфа Кронбаха
Внутриорганизационные характеристики			
Техническая выполнимость	A1	Наша компания установит ИСУ, если существует техническая возможность собирать данные со всех счетчиков, установленных на стороне потребителя электроэнергии	0,83
	A2	Наша компания установит ИСУ, даже если не у всех потребителей существует физическая возможность установить счетчик	
Воспринятые риски	R1	Наша компания установит ИСУ, если данные, обрабатываемые и передаваемые системой, имеют необходимую степень защиты	0,76
	R2	Наша компания установит ИСУ, если система будет не более опасна, чем существующие счетчики	
	R3	Наша компания установит ИСУ, если риски утечки данных, собранных системой, не будут высокими	
	R4	Наша компания установит ИСУ, даже если регулирующие органы обяжут раскрывать информацию, собранную при помощи системы	
Воспринятые преимущества	P1	Наша компания установит ИСУ, если она позволит более эффективно работать с бездоговорным энергопотреблением	0,77
	P2	Наша компания установит ИСУ, если собранные данные повысят эффективность прогнозирования энергопотребления	
	P3	Наша компания установит ИСУ, если она будет способствовать реализации программ по управлению спросом	
	P4	Наша компания установит ИСУ, если она позволит реализовать и (или) улучшить новые виды деятельности (в том числе энергоконсалтинг и энергоаудит)	
	P5	Наша компания установит ИСУ, если будет возможность коммерциализировать собранные данные	
Ожидаемые затраты	C1	Наша компания установит ИСУ, если стоимость системы будет сопоставима с существующими счетчиками	0,69
	C2	Наша компания установит ИСУ, даже если стоимость системы будет выше стоимости существующих счетчиков	
	C3	Наша компания установит ИСУ, если установка системы будет оплачиваться за счет потребителя	
	C4	Наша компания установит ИСУ, даже если оплата будет производиться за счет собственных, а не тарифных источников финансирования	
Внешние факторы			
Влияние органов-регуляторов	G1	Наша компания установит ИСУ, если это будет способствовать реализации государственных программ в области интеллектуального учета и (или) управления спросом	0,76
	G2	Наша компания установит ИСУ, если в рамках реализации государственных программ установка сенсора будет финансироваться за счет тарифных источников	
Давление рыночной среды	M1	Наша компания установит ИСУ, если существенно возрастет спрос на системы интеллектуального учета со стороны населения	0,72
	M2	Наша компания установит ИСУ, если существенно возрастет спрос на системы интеллектуального учета со стороны бизнеса и крупных потребителей	
	M3	Наша компания установит ИСУ, если большинство компаний-конкурентов тоже внедрят систему	
	M4	Наша компания установит ИСУ, если это будет являться конкурентным преимуществом и позволит увеличить число клиентов	
Технологические изменения в отрасли	T1	Наша компания установит ИСУ, если вследствие технологического прогресса это станет требованием времени	0,66
	T1	Наша компания установит ИСУ, если не появится альтернативная технология со схожим функционалом	

Источник: составлено автором.

компаниями и которые затем были включены в модель регрессионного анализа.

Полученные по окончании выполнения факторного анализа результаты применялись для определения степени влияния факторов на принятие технологий интеллектуальных систем учета среди энергокомпаний:

$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot A_i + \beta_2 \cdot R_i + \beta_3 \cdot P_i + \beta_4 \cdot C_i + \beta_5 \cdot G_i + \beta_6 \cdot M_i + \beta_7 \cdot T_i + \varepsilon_i$, (1)
где Y_i – показатель принятия технологии интеллектуальных систем учета (бинарная переменная, где 1 – технология интеллектуальных систем учета электроэнергетики

принята для использования компаниями; 0 – не принята); A_i – возможность технической выполнимости для использования ИСУ; R_i – воспринятые компаниями риски, связанные с использованием ИСУ; P_i – воспринятые компанией преимущества использования ИСУ; C_i – ожидаемые затраты на установку ИСУ; G_i – давление со стороны органов-регуляторов, влияющее на установку ИСУ; M_i – давление рынка, влияющее на принятие технологий интеллектуальных систем учета; T_i – технологические изменения в отрасли, способствующие принятию технологий интел-

Таблица 9
Индикаторы измерения факторов принятия технологий ИСУ конечными потребителями

Фактор	Обозначение	Измерение	Альфа Кронбаха
Общие характеристики			
Возможность тестирования	TA1	Наша компания установит счетчик ИСУ, если будет предоставлена возможность протестировать его бесплатно	0,85
	TA2	Наша компания установит счетчик ИСУ, если на определенный период времени будет предоставлен льготный период	
Сравнительное преимущество	CP1	Наша компания установит счетчик ИСУ, если обладает высокой долей затрат на электроэнергию	0,71
	CP2	Наша компания установит счетчик ИСУ, если у нас установлено оборудование с высоким потенциалом маневренности	
	CP3	Наша компания установит счетчик ИСУ, если наш производственный процесс обладает высоким потенциалом гибкости	
	CP4	Наша компания установит счетчик ИСУ, если он позволит эффективно выявлять факт незаконного подключения к сетям	
	CP5	Наша компания установит счетчик ИСУ, если он позволит существенно снизить затраты на электроэнергию	
	CP6	Наша компания установит счетчик ИСУ, если он позволит осуществлять контроль работы оборудования (в том числе превентивный контроль и контроль несанкционированного использования)	
Сложность	DF1	Наша компания установит счетчик ИСУ, если его установка в существующую сеть не вызовет существенной сложности	0,87
	DF2	Наша компания установит счетчик ИСУ, если процесс работы с пользовательским приложением (сайтом) будет легко осваиваемый	
Специфические характеристики			
Инновационная активность	SF1	Наша компания установит счетчик ИСУ, так как предпочитает внедрять передовые технологии в первых рядах	0,74
	SF2	Наша компания установит счетчик ИСУ, если большинство компаний-конкурентов будет иметь опыт использования счетчиков ИСУ к настоящему моменту	
Надежность	SC1	Наша компания установит счетчик ИСУ, если будет предоставлена дальнейшая техническая поддержка сенсора и пользовательского приложения (сайта)	0,69
	SC2	Наша компания установит счетчик ИСУ, если будет уверена, что центр обработки данных системы ИСУ выполняет те действия, которые необходимы	
Риск использования	RS1	Наша компания установит счетчик ИСУ, если данные, обрабатываемые системой ИСУ, имеют необходимую степень защиты	0,83
	RS2	Наша компания установит ИСУ, если счетчики ИСУ будут не более опасны, чем существующие счетчики	
	RS3	Наша компания установит ИСУ, если риски утечки данных, собранных счетчиками, не будут высокими	
	RS4	Наша компания установит ИСУ, если будет уверена, что сенсор не способен негативно повлиять на работу производственного оборудования	

Источник: составлено автором.

Таблица 10
Принятие технологий ИСУ компаниями электроэнергетики:
влияние внутриорганизационных факторов и факторов внешней среды

Независимые показатели	Нестандартизированные коэффициенты	Стандартизированные коэффициенты
Константа (β_0)	0,187 (0,017)	
<i>Внутриорганизационные характеристики</i>		
Техническая выполнимость A_i	0,359*** (0,022)	0,365***
Воспринятые риски R_i	0,471*** (0,106)	0,476*
Воспринятые преимущества P_i	0,402** (0,093)	0,408***
Ожидаемые затраты C_i	0,261** (0,074)	0,265***
<i>Факторы внешней среды</i>		
Влияние органов-регуляторов G_i	0,538** (0,065)	0,539
Давление рыночной среды M_i	0,423*** (0,061)	0,419***
Технологические изменения в отрасли T_i	0,258** (0,064)	0,262***
Скорректированный R^2	0,692	
Количество наблюдений	162	

Примечание. * – $p < 0,10$; ** – $p < 0,05$; *** – $p < 0,01$. В скобках даны стандартные ошибки.

Источник: составлено автором.

лектуальных систем учета электроэнергии; ε_i – случайная ошибка.

Исследование общих и специфических факторов, влияющих на принятие технологий интеллектуальных систем учета электроэнергии конечными потребителями на розничных рынках электроэнергии, было проведено при помощи восемнадцати вопросов.

В целом три общих и три специфических фактора объясняли 81,3% вариации в ответах на вопросы респондентами, что соответствует рекомендациям об объяснении 70% вариации в структурных моделях.

Исследование общих и специфических факторов принятия технологий интеллектуальных систем учета конечными потребителями электроэнергии было проведено по следующей модели:

$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot TA_i + \beta_2 \cdot CP_i + \beta_3 \cdot DF_i + \beta_4 \cdot SF_i + \beta_5 \cdot SC_i + \beta_6 \cdot RS_i + \varepsilon_i$, (2)
где Y_i – показатель принятия технологий интеллектуальных систем учета (бинарная переменная, где 1 – технология интеллектуального учета принята для использования компанией; 0 – не принята); TA_i – возможность тестирования ИСУ; CP_i – сравнительное преимущество, связанное с использованием ИСУ; DF_i – сложность освоения использования ИСУ; SF_i – инновационная активность потребителей, влияющая на принятие решения об установке ИСУ; SC_i – надежность использования ИСУ; RS_i – риски использования, влияющие на принятие технологий интеллектуальных систем учета; ε_i – случайная ошибка.

С использованием метода максимального правдоподобия были получены стандартизированные и нестандартизированные коэффициенты регрессии, которые в дальнейшем были использованы для определения степени влияния факторов на принятие технологий интеллектуальных систем учета.

Регрессионный анализ позволил выявить степень влияния различных факторов на принятие технологий интел-

лектуальных систем учета компаниями электроэнергетической отрасли (внутриорганизационных характеристик компании и факторов влияния внешней среды), а также степень влияния общих и специфических факторов (табл. 10–11). Оценка влияния этих независимых переменных на принятие ИСУ была проведена с использованием метода максимального правдоподобия.

Интерпретация полученных данных позволяет ответить на первый исследовательский вопрос: «Какие факторы влияют на принятие технологий интеллектуальных систем учета электроэнергии, какова степень их влияния?»

В табл. 10 представлены результаты регрессионного анализа влияния внутриорганизационных факторов и факторов внешней среды на процесс принятия технологий интеллектуальных систем учета. Все характеристики оказывают положительный эффект на принятие технологии, однако степень их влияния различна, что обусловлено спецификой составленной анкеты. Полученные коэффициенты регрессии могут быть использованы для сравнения степени значимости факторов, влияющих на принятие ИСУ электроэнергетическими компаниями.

Таким образом, при принятии решения о внедрении ИСУ наиболее сильное влияние оказывает давление органов-регуляторов ($\beta = 0,538$), а также низкий уровень риска использования технологии ($\beta = 0,471$). Следовательно, соответствие внедрения ИСУ государственным программам в сфере электроэнергетики, как и возможность компаний финансировать установку системы из тарифных источников, является существенным фактором при принятии решения. Не менее значим фактор, связанный с риском утечки данных: ИСУ должна быть не более опасна, чем существующие приборы учета, а риски утечки не должны приводить к серьезным последствиям. Также для компаний важны давление рынка ($\beta = 0,423$) и воспринятые преимущества ($\beta = 0,402$). Уме-

Таблица 11
Принятие технологий ИСУ конечными потребителями: влияние общих и специфических факторов

Независимые показатели	Нестандартизированные коэффициенты	Стандартизированные коэффициенты
Константа (β_0)	0,199 (0,027)	
<i>Общие характеристики</i>		
Возможность тестирования TA_i	0,291*** (0,123)	0,295***
Сравнительное преимущество CP_i	0,417*** (0,024)	0,411*
Сложность DF_i	0,295** (0,096)	0,300***
<i>Специфические характеристики</i>		
Инновационная активность SF_i	0,096** (0,045)	0,099
Надежность SF_i	0,347*** (0,037)	0,346***
Риск использования RS_i	0,318** (0,076)	0,323***
Скорректированный R^2	0,651	
Количество наблюдений	162	

Примечание. * – $p < 0,10$; ** – $p < 0,05$; *** – $p < 0,01$. В скобках даны стандартные ошибки.
Источник: составлено автором.

ренное влияние оказывает фактор, связанный с технической выполнимостью ($\beta = 0,359$), что может свидетельствовать о том, что компания готова внедрить ИСУ, даже если не со всех счетчиков будет возможно собирать данные. Относительно малое влияние оказывают факторы, связанные с ожидаемыми затратами ($\beta = 0,261$) и технологическими изменениями в отрасли ($\beta = 0,258$).

В табл. 11 представлены результаты регрессионного анализа влияния общих и специфических факторов на процесс принятия технологий интеллектуальных систем учета со стороны конечного потребителя электроэнергии на розничных рынках. Все характеристики оказывают положительный эффект на принятие технологии, однако степень их влияния различна, что обусловлено спецификой составленной анкеты. Аналогично анализу результатов для электроэнергетических компаний полученные коэффициенты регрессии использованы для интерпретации степени воздействия факторов, влияющих на принятие ИСУ потребителями на розничных рынках.

На конечных потребителей при принятии решения о внедрении ИСУ наиболее сильное влияние оказывают воспринятые сравнительные преимущества ($\beta = 0,417$), а также низкий уровень риска использования технологии ($\beta = 0,318$) и ее надежность ($\beta = 0,347$). Это может быть обусловлено желанием потребителей максимально эффективно использовать свое оборудование и обезопасить себя от коммерческих потерь. В то же время потребители хотят быть уверенными, что устанавливаемая система интеллектуального учета электроэнергии не способна негативно повлиять на режимы работы производственного оборудования, а сама система будет обеспечена высоким уровнем технического сопровождения. Не менее значим фактор, связанный с риском утечки данных: ИСУ должна быть не более опасна, чем существующие приборы учета, а риски утечки не должны приводить к серьезным последствиям. Возможность льготно протестировать систему и ознакомиться с ее преимуществами оказывает умерен-

ное воздействие ($\beta = 0,291$), как и сложность освоения ($\beta = 0,295$). Потребители готовы начать пользоваться системой, если ее освоение не будет связано с существенными трудностями, а интерфейс системы будет понятен. Низкой степенью влияния обладает фактор, связанный с инновационной деятельностью компании ($\beta = 0,096$). Анализируя глубинные интервью, низкую степень влияния этого фактора можно объяснить тем, что инновационная деятельность мало интересует компании в отрыве от достижения каких-либо сравнительных преимуществ.

5. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВНЕДРЕНИЮ

Количественный этап исследования показал степень влияния различных факторов принятия технологий интеллектуальных систем учета электроэнергии в разрезе электроэнергетических компаний и компаний – потребителей электроэнергии на розничных рынках. Эмпирически было показано, что при принятии интеллектуального учета компаниями электроэнергетики наиболее сильное влияние оказывают давление органов-регуляторов и уровень риска использования. Для потребителей решающими оказались факторы, связанные с преимуществами от внедрения ИСУ при низких рисках использования и высоком уровне надежности. Большинство респондентов выделили именно эти аспекты как наиболее важные.

В завершение работы будет представлен перечень мер, способствующих ускорению внедрения технологий интеллектуальных систем учета электроэнергии, а также ряд решений, направленных на дальнейшее развитие инновационных энергетических практик.

Рекомендации для поставщиков электроэнергии

Наиболее существенные эффекты от внедрения технологий интеллектуальных систем учета электроэнергии будут наблюдаться при широком охвате конечных потреби-

телей электроэнергетики. Исходя из этого, на первых этапах внедрения имеет смысл централизованно устанавливать счетчики, чтобы предоставить первым потребителям возможность тестирования и наглядного изучения преимуществ технологии. В качестве мер по централизованному внедрению можно предложить:

- централизованное обновление парка систем учета электроэнергии. Энергетические компании могут проводить замену традиционных счетчиков на счетчики ИСУ (например, при замене средств учета, выработавших свой срок службы) и предоставлять льготный период тестирования потребителям;
- взаимодействие с инвестиционно-строительными компаниями. ИСУ могут быть внедрены на этапе строительства объекта недвижимости, например коммерческого здания или современного жилого комплекса. Преимуществом такого способа является то, что затраты на установку счетчиков будут учтены на этапе разработки проекта.

Помимо возможностей тестирования и понимания сравнительного преимущества для пользователей (и для энергокомпаний) одним из наиболее значимых факторов является степень защищенности данных. Для обеспечения должного уровня безопасности рекомендуется реализовать систему обработки на территории Российской Федерации и по возможности избегать трансграничной передачи данных, а также использовать технологии защищенной передачи. Существенным подспорьем будет являться наличие развитой IT-инфраструктуры во владении энергетической компании.

Анализ факторов, влияющих на принятие технологий ИСУ потребителями, показал, что пользователям важна надежность их работы и высокий уровень технической поддержки. Таким образом, энергокомпаниям необходимо уделить внимание проработке взаимодействия с клиентами как в плане надежности и интуитивной понятности пользовательского приложения и онлайн-платформы, так и в контексте персональной технологической поддержки.

Рекомендации для агрегаторов спроса

Субъекты электроэнергетики, в том числе гарантирующие поставщики и независимые энергосбытовые компании или потребители электроэнергии, заключившие договор оказания услуг по изменению нагрузки с потребителями розничного рынка электрической энергии, могут пройти конкурсный отбор, проводимый АО «СО ЕЭС» и получить статус агрегатора спроса.

Рынок услуг по управлению спросом является довольно обещающим и, по оценкам Национальной технологической инициативы EnergyNet, в долгосрочной перспективе может составить от 50 до 70 млрд руб., что делает особенно значимым получение лидерских позиций на нем.

Для успешного завоевания лидерских позиций на рынке необходимо выполнение следующих шагов:

- рациональный выбор целевых клиентов, а именно выявление при помощи аналитических данных, собираемых ИСУ, потребителей электроэнергии с высоким потенциалом к управлению спросом. Это могут быть промышленные предприятия, работающие в несколько смен, коммерческая недви-

жимость с большим количеством климатической и осветительной техники, потребители, имеющие «за счетчиком» объекты распределенной генерации или системы накопления электроэнергии, крупные дата-центры и т.п.;

- вовлечение клиентов в управление спросом. Обычно внедрение управления спросом сопряжено с высоким уровнем транзакционных издержек и капитальных затрат на организацию информационного обмена, однако ИСУ с применением счетчиков неинтрузивного мониторинга нагрузки успешно решает данную проблему. Грамотная реализация онлайн-платформы (или мобильного приложения) может сыграть решающую роль в формировании положительного пользовательского опыта. Легкость в освоении алгоритма действий, представление объема энергопотребления, стоимости электроэнергии и величины эффектов от управления спросом в виде интерактивной инфографики, а также наглядная демонстрация выгоды от участия в программе управления спросом будут формировать положительное отношение пользователя. Для того чтобы участие пользователя в управлении спросом не стало разовым событием, необходимо уделить внимание демонстрации выгоды на некотором промежутке времени;
- обратная связь и участие в формировании нормативно-правовой базы. Концепция управления спросом, как и более сложные концепции активных потребителей, в настоящее время находится на стадии пилотного проекта. Для корректного формирования нормативно-правовой базы, обеспечивающей развитие агрегаторов спроса, а также совершенствования регуляторных и рыночных механизмов необходима обратная связь от участников управления спросом. Своевременная обратная связь и активное участие в формировании модели рынка агрегаторов спроса будут способствовать росту эффективности данного рынка и повышению доходности его участников.

Рекомендации для органов власти и регуляторов

Как отмечалось ранее, органы власти и регуляторы оказывают критическое влияние на правила и регламенты функционирования оптового и розничного рынков электроэнергии и мощности.

Развитие технологий интеллектуальных систем учета электроэнергии может иметь ряд положительных эффектов в разрезе органов власти:

- анализ больших данных. Он может существенно повысить качество и точность разработки программ перспективного развития и стратегических документов, повысить точность прогнозирования объемов и цен на электрическую энергию и мощность;
- положительные системные эффекты. Одной из ключевых функций технологий ИСУ является побуждение пользователя к модулированию нагрузки и ценозависимому управлению спросом. При массовом распространении управления спросом будут достигнуты существенные эффекты на уровне ЕЭС. Снижение пикового спроса на мощность приведет к снижению цены мощности в результате отказа от содержания

пиковой генерации, а также вынужденной генерации по электроэнергии. В среднесрочной перспективе по мере распространения управления спросом снизится потребность в инвестициях на строительство и модернизацию генерации. На рынке на сутки вперед снизится стоимость электроэнергии в часы пик в результате отсутствия необходимости использовать малоэффективные генерирующие мощности. И наконец, более равномерная загрузка электросетевых активов снизит потребность в инвестициях на строительство новых, а анализ данных об энергопотреблении позволит перераспределить имеющуюся мощность между потребителями и уменьшить объемы невостробованных резервов сетевых мощностей.

В итоге перечисленные меры приведут к установлению более справедливой и экономически обоснованной цены на электрическую энергию и мощность для конечных потребителей.

Одними из ключевых факторов, влияющих на принятие технологий интеллектуальных систем учета электроэнергии компаниями электроэнергетики, является давление органов-регуляторов и возможность включить внедрение ИСУ в тарифные источники. Исходя из этого, учет затрат на внедрение технологий ИСУ электроэнергии в необходимую валовую выручку организации способен послужить мощным стимулом к внедрению.

В то же время, несмотря на качественный рост объема аналитических данных, собираемых при помощи ИСУ, нельзя допустить резкого роста нагрузки на энергокомпанию в рамках раскрытия информации, так как это может стать серьезным фактором, снижающим мотивацию к внедрению.

Таким образом, слаженная работа субъектов различных рынков, органов-регуляторов, введение практики своевременного обновления нормативно-правовой базы в сфере электроэнергетики и технического регулирования, актуализация правил и регламентов рыночной системы электроэнергетики России способны ускорить распространение систем интеллектуального учета электроэнергии и, как следствие, достижение положительных эффектов от их внедрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин П.С. (2019). Неинтрузивный мониторинг нагрузки: эффекты внедрения и перспективы распространения // Стратегические решения и риск-менеджмент. Т. 10. № 4. С. 306-319. DOI: <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2019-4-306-319>.
2. Ребязина В.А., Куц С.П., Красников А.В., Смирнова М.М. (2011). Инновационная деятельность российских компаний: результаты эмпирического исследования // Российский журнал менеджмента. 2011. Т. 9. № 3. С. 29-54.
3. Трачук А.В., Линдер Н.В. (2018). Технологии четвертой промышленной революции: исследование технологического принятия промышленными компаниями с помощью метода нелинейных главных компонент (NLPCA) // Управленческие науки в современном мире. Т. 1. № 1. С. 4-14.
4. Трачук А. (2010). Риски роста концентрации на рынке электроэнергии // ЭнергоРынок. № 3. С. 28-32.
5. Хохлов А., Мельников Ю., Веселов Ф., Холкин Д., Дацко К. (2018). Распределенная энергетика в России: потенциал развития // Сколково. URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf.
6. Цифровой переход в электроэнергетике (2017) // Центр стратегических разработок. URL: <https://www.csr.ru/issledovaniya/tsifrovoj-perehod-velektroenergetike-rossii/>.
7. Шваб К. (2016). Четвертая промышленная революция / Пер. с нем. М.: Эксмо, 2016.
8. Bergman D.C., Jin D., Juen J.P., Tanaka N., Gunter C.A., Wright A.K. (2011). Non-intrusive load shed verification // IEEE Pervasive Comput. 2011. Vol. 10. No. 1. P. 49-57.
9. Bray R., Woodman B., Connor P. (2018). Policy and regulatory barriers to local energy markets in Great Britain. University of Exeter. URL: http://geography.exeter.ac.uk/media/universityofexeter/schoolofgeography/images/researchgroups/epg/09.05.18_Policy_and_Regulatory_Barriers_to_LEMs_in_GB_BRAY_.pdf.
10. Davis F.D. (1989). Perceived use fullness, perceived ease of use and user acceptance of information technology // MIS Quarterly. Vol. 13. No. 3. P. 319-340.
11. Devlin M., Hayes B. (2018). Non-intrusive load monitoring using electricity smart meter data: A deep learning approach // researchgate.net. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29463.42402>.
12. Freeman C., Clark J., Soete L. (1982). Unemployment and technical innovation: A study of long waves and economic development. London: Frances Printer.
13. Lin C., Wang Z. (2016). A new DSM energy-pricing model based on load monitoring system. Proceedings of the 2nd International conference on artificial intelligence. Management Science and Electronic Commerce, AIMSEC. P. 3650-3653.
14. McKenna E., Richardson I., Thomson M. (2012). Smart meter data: Balancing consumer privacy concerns with legitimate applications // Energy Policy. 2012. Vol. 41. P. 807-814.
15. Molla A., Licker P.S. (2002). PERM: A model of e-commerce adoption in developing countries // Issues and trends of information technology management in contemporary organizations / M. Khosrowpour (ed.). Seattle: Idea Group Publishing. P. 527-530.
16. Molla A., Licker P.S. (2005). Perceived e-readiness factors in e-commerce adoption: An empirical investigation in a developing country // International Journal of Electronic Commerce. Vol. 10. No. 1. P. 83-110.2.
17. Naghibi B., Deilami S. (2014) Non-intrusive load monitoring and supplementary techniques for home energy management. Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC). DOI: <https://doi.org/10.1109/aupec.2014.6966647>.
18. Parrish B., Heptonstall P., Gross R., Sovacool B. (2020). A systematic review of motivations, enablers and barriers for consumer engagement with residential demand response // Energy Policy. Vol. 138. P. 172-175. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111221>.

19. Rogers E. (2003). Diffusion of innovations / 5th ed. New York: Free Press.
20. Smart grids and renewables. A guide for effective deployment (2013) // International Renewable Energy Agency. URL: https://www.irena.org/documentdownloads/publications/smart_grids.pdf.
21. Technical change and full employment (1987) / C. Freeman, L. Soete (eds.). Oxford: Basic Blackwell.
22. Zhuang M., Shahidehpour M., Zuyi L. (2018). An overview of non-intrusive load monitoring: approaches, business applications, and challenges. 2018 International conference on power system technology. P. 4291–4299. DOI: <https://doi.org/10.1109/POWERCON.2018.8601534>.
23. Zoha A., Gluhak A., Imran M., Rajasegarar S. (2012). Nonintrusive load monitoring approaches for disaggregated energy sensing: A survey // Sensors. 2012. Vol. 12. P. 16838–16866.

REFERENCES

1. Kuzmin P.S. (2019). Neintruzivnyy monitoring nagruzki: efekty vnedreniya i perspektivy rasprostraneniya [Non-intrusive load monitoring: Implementation effects and distribution prospects]. *Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment [Strategic Decision and Risk Management]*. 10(4), 306-319. DOI: <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2019-4-306-319>.
2. Rebyazina V.A., Kushch S.P., Krasnikov A.V., Smirnova M.M. (2011). Innovatsionnaya deyatel'nost' rossiyskikh kompaniy: rezul'taty empiricheskogo issledovaniya [Innovative activity of the Russian companies: Results of empirical research]. *Rossiyskiy zhurnal menedzhmenta [Russian Management Journal]*, 9(3), 29-54.
3. Trachuk A.V., Linder N.V. (2018). Tekhnologii chetvertoy promyshlennoy revolyutsii: issledovanie tekhnologicheskogo prinyatiya promyshlennymi kompaniyami s pomochsh'yu metoda nelineynykh glavnykh komponent (NLPKA) [Technologies of the fourth industrial revolution: Research of technological adoption by industrial companies using NLPKA]. *Upravlencheskie nauki v sovremennom mire [Managerial Sciences in the Modern World]*, 1(1), 4-14.

4. Trachuk A. (2010). Riski rosta kontsentratsii na rynke elektroenergii [Risks of growth of concentration in the electric power market]. *EnergoRynok*, 3, 28-32.
5. Khokhlov A., Melnikov Yu., Veselov F., Holkin D., Dacko K. (2018). *Raspredelennaya energetika v Rossii: potentsial razvitiya [Distributed energy in Russia: development potential]*. Skolkovo. URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf.
6. *Tsifrovoy perekhod v elektroenergetike [Digital Transition in Electric power industry]* (2017). Tsentr strategicheskikh razrabotok. URL: <https://www.csr.ru/issledovaniya/tsifrovoy-perekhod-velektroenergetike-rossii/>.
7. Schwab K. (2016). *Chetvertaya promyshlennaya revolyutsiya [Die Vierte Industrielle Revolution]*. Moscow, Eksmo.
8. Bergman D.C., Jin D., Juen J.P., Tanaka N., Gunter C.A., Wright A.K. (2011). Non-intrusive load shed verification. *IEEE Pervasive Comput*, 10(1), 49-57.
9. Bray R., Woodman B., Connor P. (2018). *Policy and Regulatory Barriers to Local Energy Markets in Great Britain*. University of Exeter. URL: http://geography.exeter.ac.uk/media/universityofexeter/schoolofgeography/images/researchgroups/epg/09.05.18_Policy_and_Regulatory_Barriers_to_LEMs_in_GB_BRAY_.pdf
10. Davis F.D. (1989). Perceived use fullness, perceived ease of use and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340.
11. Devlin M., Hayes B. (2018). *Non-intrusive load monitoring using electricity smart meter data: A deep learning approach*. researchgate.net. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29463.42402>.
12. Freeman C., Clark J., Soete L. (1982). *Unemployment and technical innovation: A study of long waves and economic development*. London, Frances Printer.

13. Lin C., Wang Z. (2016). A new DSM energy-pricing model based on load monitoring system. Proceedings of the 2nd International Conference on Artificial Intelligence. *Management Science and Electronic Commerce, AIMSEC*, 3650-3653.
14. McKenna E., Richardson I., Thomson M. (2012). Smart meter data: Balancing consumer privacy concerns with legitimate applications. *Energy Policy*, 41, 807-814.
15. Molla A., Licker P.S. (2002). PERM: A model of e-commerce adoption in developing countries. In: Khosrowpour M. (ed.). *Issues and trends of information technology management in contemporary organizations*. Seattle, Idea Group Publishing, 527-530.
16. Molla A., Licker P.S. (2005). Perceived e-readiness factors in e-commerce adoption: An empirical investigation in a developing country. *International Journal of Electronic Commerce*, 10(1), 83-110.2.
17. Naghibi B., Deilami S. (2014). Non-intrusive load monitoring and supplementary techniques for home energy management. *Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC)*. DOI: <https://doi.org/10.1109/aupec.2014.6966647>.
18. Parrish B., Heptonstall P., Gross R., Sovacool B. (2020). A systematic review of motivations, enablers and barriers for consumer engagement with residential demand response. *Energy Policy*, 138, 172-175. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111221>.
19. Rogers E. (2003). *Diffusion of innovations*. 5th ed. New York, Free Press.
20. Smart grids and renewables. A guide for effective deployment (2013). *International Renewable Energy Agency*. URL: https://www.irena.org/documentdownloads/publications/smart_grids.pdf.
21. Freeman C., Soete L. (eds.). *Technical change and full employment* (1987). Oxford, Basic Blackwell.
22. Zhuang M., Shahidehpour M., Zuyi L. (2018). An overview of non-intrusive load monitoring: Approaches, business applications, and challenges. *2018 International Conference on Power System Technology*, 4291-4299. DOI: <https://doi.org/10.1109/POWERCON.2018.8601534>.
23. Zoha A., Gluhak A., Imran M., Rajasegarar S. (2012). Nonintrusive load monitoring approaches for disaggregated energy sensing: A survey. *Sensors*, 12, 16838-16866.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Павел Сергеевич Кузьмин

Специалист управления экономического планирования и договорных отношений АО «Синтез Групп».

Область научных интересов: стратегия и управление развитием компаний, формирование стратегии развития компаний.

E-mail: kuzminps.fa@yandex.ru

ABOUT THE AUTHOR

Pavel S. Kuzmin

Specialist of the department of economic planning and contract relations, Sintez Grupp CJSC.

Research interests: strategy and management of company development, formation of a company development strategy.

E@mail: kuzminps.fa@yandex.ru