

2.4.3. Электроэнергетика

Научная статья

УДК 621.31

<https://doi.org/10.37493/2307-907X.2026.2.4>



МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЫТОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И АГРЕГАТОРОВ СПРОСА В ПРОГРАММАХ DEMAND RESPONSE

Беслан Гумарович Шидов^{1*}, Арсен Гумарович Шидов², Дмитрий Александрович Костюков³,
Дмитрий Алексеевич Турченко⁴, Индира Хасанбиевна Мурзаканова⁵

¹⁻⁵ Северо-Кавказский федеральный университет (д. 1, ул. Пушкина, Ставрополь, 355017, Российская Федерация)

¹ bgshidov@ncfu.ru; <https://orcid.org/0009-0005-4675-2536>

² shidovarsen@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-8777-4680>

³ d-kostjukov@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0007-2183-5217>

⁴ turchenko_20@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0002-6141-9094>

⁵ murzakanovai@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0003-1524-5596>

* Автор, ответственный за переписку

Аннотация. Введение. Развитие интеллектуальных систем учета электроэнергии и концепции smart grid актуализирует задачу расширения участников программ Demand Response. **Цель.** Разработка комплексного механизма взаимодействия бытовых потребителей и агрегаторов спроса в рамках участия в программах Demand Response и количественная оценка эффекта от внедрения. **Материалы и методы.** В рамках исследования проведен анализ нормативно-правовой базы Российской Федерации и разработана модель взаимодействия субъектов оптового рынка и бытовых потребителей в механизме Demand Response. Предложена архитектура программного комплекса и прототип интерфейса мобильного приложения с необходимым его функционалом. **Результаты и обсуждение.** Выполнена количественная оценка потенциального эффекта внедрения предложенной концепции. При участии 300 тыс. потребителей совокупное снижение оценивается в 300 МВт, годовой экономический эффект составит 2,34 млрд руб., экономия для потребителей – 2400–3600 руб. в год на домохозяйство, экологический эффект – 10,8–16,2 тыс. т CO₂ при участии в 200 DR-событиях. Конкурентным преимуществом является отсутствие необходимости установки дополнительного оборудования на стороне потребителей при использовании приборов учета со встроенной функцией дезагрегации. **Заключение.** Предложенный механизм демонстрирует значительный потенциал для энергосистемы России. Ключевое отличие заключается в использовании интеллектуальных приборов учета без дополнительного оборудования на стороне потребителя, что обеспечивает масштабируемость и экономическую эффективность. Реализация данного подхода при вовлечении 300 тыс. потребителей обеспечит снижение пиковой нагрузки на 300 МВт, годовой экономический эффект 2,34 млрд руб. и сокращение выбросов CO₂ на 10,8–16,2 тыс. т в год.

Ключевые слова: цифровизация, управление спросом на электроэнергию, механизм, бытовые потребители, неинтрузивный мониторинг нагрузки, геймификация, интеллектуальные приборы учета

Для цитирования: Механизм взаимодействия бытовых потребителей и агрегаторов спроса в программах Demand Response / Б. Г. Шидов [и др.] // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2026. № 2 (113). С. 37–50. <https://doi.org/10.37493/2307-907X.2026.2.4>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 10.02.2026;

одобрена после рецензирования 16.03.2026;

принята к публикации 23.03.2026.

Research article

MECHANISM OF INTEGRATION BETWEEN HOUSEHOLD CONSUMERS AND DEMAND AGGREGATORS IN DEMAND RESPONSE PROGRAMS

Beslan G. Shidov^{1*}, Arsen G. Shidov², Dmitry A. Kostyukov³, Dmitry A. Turchenko⁴,
Indira Kh. Murzakanova⁵

¹⁻⁵ North-Caucasus Federal University (1, Pushkin str., Stavropol, 355017, Russian Federation)

¹ bgshidov@ncfu.ru; <https://orcid.org/0009-0005-4675-2536>

² shidovarsen@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-8777-4680>

³ d-kostjukov@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0007-2183-5217>

⁴ turchenko_20@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0002-6141-9094>

⁵ murzakanovai@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0003-1524-5596>

* Corresponding author

Abstract. Introduction. The development of smart metering systems and the smart grid concept has made it necessary to expand the number of participants in Demand Response programs. **Goal.** To develop a comprehensive mechanism for interaction between household consumers and demand aggregators in the framework of participation in Demand Response programs, and to quantify the effect of implementation. **Materials and methods.** As part of the study, the regulatory framework of the Russian Federation was analyzed, and a model of interaction between retail market entities in the mechanism was developed. The architecture of the software complex and a prototype of the mobile application interface with its necessary functionality were proposed. **Results and discussion.** A quantitative assessment of the potential effect of implementing the proposed concept has been carried out. With the participation of 300 thousand consumers, the aggregate reduction is estimated at 300 MW, the annual economic effect will amount to 2,34 billion rubles, the savings for consumers will be 2400–3600 rubles per year per household, and the environmental effect will be 10,8–16,2 thousand tons of CO₂ given participation in 200 DR events. The competitive

advantage is that there is no need to install additional equipment on the consumers' side when using metering devices with a built-in disaggregation function. **Conclusion.** The proposed mechanism demonstrates significant potential for Russia's energy system. The key difference lies in the use of smart metering devices without additional equipment on the consumer's side, which ensures scalability and cost-effectiveness. Implementing this approach with the involvement of 300 thousand consumers will result in a reduction of peak load by 300 MW, an annual economic effect of 2,34 billion rubles, and a reduction in CO₂ emissions by 10,8-16,2 thousand tons per year.

Keywords: digitalization, electricity demand management, mechanism, household consumers, non-intrusive load monitoring, gamification, and smart metering devices

For citation: Shidov BG, Shidov AG, Kostyukov DA, Ustaev RM, Turchenko DA., Murzakanova IK Mechanism of interaction between household consumers and demand aggregators in demand response programs. Newsletter of North-Caucasus Federal University. 2026;2(113):37-50. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-907X.2026.2.4>

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interests.

The article was submitted 10.02.2026;

approved after reviewing 16.03.2026;

accepted for publication 23.03.2026.

Введение / Introduction. В условиях растущего спроса на электроэнергию и необходимости оптимизации ее потребления с учетом волатильности нагрузки, внедрение цифровых технологий становится критически важной задачей. Активное развитие интеллектуальных систем учета потребления электроэнергии и концепции «умные сети» (smart grid) в электроэнергетике Российской Федерации привело к возникновению механизма управления спросом на электроэнергию, который предполагает повышение эластичности спроса путем целенаправленного воздействия на оборудование потребителей.

Под управлением спроса на электроэнергию (англ. Demand Response) понимают механизм согласованного снижения энергопотребления со стороны потребителя при определенных экономических сигналах инфраструктурных организаций с последующим получением выручки, соответствующей объему сниженной нагрузки [1].

Традиционно управление спросом осуществляется на уровне крупных промышленных потребителей, однако с увеличением доли бытовых потребителей в структуре потребления электроэнергии, необходимость их активного вовлечения в эти процессы стала очевидной [2].

Правовое регулирование механизма управления спросом в Российской Федерации основывается на комплексе федеральных законов и подзаконных актов. Базовым нормативным документом является Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике», в который Федеральным законом от 02.11.2023 № 516-ФЗ внесены изменения, определяющие правовой статус агрегаторов управления изменением режима потребления электрической энергии [3]. Закон устанавливает, что агрегаторы управления спросом получают статус полноправных субъектов оптового рынка электрической энергии и мощности (ОРЭМ), а Правительство РФ наделяется компетенцией по установлению порядка организации и проведения отбора исполнителей услуг по управлению изменением режима потребления. Федеральный закон от 27.12.2018 № 522-ФЗ создает нормативную основу для развития интеллектуальных систем учета электроэнергии, что является необходимым условием функционирования механизма DR [4]. Согласно данному закону, с 1 июля 2020 г. гарантирующий поставщик и сетевая организация обязаны за счет собственных средств приобретать, устанавливать и вводить в эксплуатацию приборы учета, обеспечивающие возможность их присоединения к интеллектуальным системам учета.

Постановление Правительства РФ от 20.03.2019 № 287 регулирует вопросы функционирования агрегаторов спроса в Единой энергетической системе России, определяя порядок организации пилотных проектов и механизм ценозависимого снижения потребления [5]. Постановление Правительства РФ от 19.06.2020 № 890 устанавливает минимальный функционал интеллектуальных приборов учета электроэнергии (ИПУЭ), включающий двунаправленный учет мощности, многотарифность, наличие цифрового интерфейса связи, функцию дистанционного управления нагрузкой и регистрацию показателей качества электроэнергии по ГОСТ 32144-2013 [6]. Нормативно-правовая база Российской Федерации создает необходимые предпосылки для внедрения механизма Demand Response (DR) с участием бытовых потребителей, однако требует дальнейшего развития в части регламентации взаимодействия агрегаторов с бытовыми потребителями.

В механизме Demand Response могут участвовать только те потребители, у которых установлены ИПУЭ, соответствующие требованиям 522-ФЗ. Согласно исследованиям аналитического агентства Onside, число умных приборов учета ресурсов на конец 2024 г. выросло на 21 % и достигло 13 млн ед., при этом 83 % установленных умных приборов учета являются приборами учета электроэнергии [7]. Согласно Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 г., доля ИПУЭ от общего количества приборов учета электроэнергии к 2050 г. составит 95 % [8]. Это свиде-

тествует о значительном росте потенциальных участников программ Demand Response. К тому же, согласно аналитике Национального исследовательского университета Высшей школы экономики (НИУ ВШЭ), доля потребления электроэнергии в бытовом секторе в 2023 г. составила 15,7 % (184 млрд кВт·ч) от общего потребления электроэнергии в стране [9], что показывает большой потенциал снижения нагрузки в пиковые часы.

Актуальность концепции вовлечения бытовых потребителей заключается в дополнении традиционных программ управления спросом и сглаживании суточного графика потребления электрической энергии, что позволяет повысить эффективность работы Единой энергетической системы и рынков электроэнергии [10]. Несмотря на большой объем потребления электроэнергии, сосредоточенный на стороне бытовых потребителей, они лишены возможности принимать участие в событиях Demand Response по причине отсутствия необходимого механизма. Действующая модель показала свою эффективность работы со средними и крупными потребителями, но мало приспособлена для работы с малыми потребителями по причине того, что система подтверждения обязательств по снижению потребления является чрезмерно сложной ввиду отсутствия интуитивно понятного интерфейса [11]. Для мотивирования бытовых потребителей необходимо создание нового сервиса, способного обеспечить простой формат взаимодействия между агрегаторами спроса и бытовыми потребителями. При этом значительный технический эффект для энергосистемы будет достигаться за счет вовлечения большого количества участников [12].

Зарубежный опыт свидетельствует о высоком потенциале вовлечения бытовых потребителей в программы DR. В работе [13] систематизированы лучшие практики реализации программ управления спросом коммунальными компаниями США, включая использование мобильных приложений и автоматизированных систем управления нагрузкой. В статье [14] авторы провели обзор методов неинтрузивного мониторинга нагрузки (NILM) в контексте управления энергопотреблением, отметив, что технология NILM является ключевым инструментом для обеспечения осведомленности потребителей о структуре своего энергопотребления. В [15] авторы выполнили обзор современных методов глубокого обучения для NILM в жилом секторе, продемонстрировав достижение точности дезагрегации F1-score 0,85–0,95 для основных типов бытовых приборов. Помимо США, исследования по влиянию технологии дезагрегации на изменение поведения потребителей также были проведены в Словакии, где средний уровень снижения пиковой нагрузки составил 3–5 % [17]. В российском научном пространстве имеется также ряд публикаций, анализирующих эффекты внедрения и перспективы расширения неинтрузивного мониторинга нагрузки в отечественных условиях [18].

Целью настоящей работы является разработка комплексного механизма вовлечения бытовых потребителей в механизм Demand Response, включающий модель взаимодействия субъектов рынков электроэнергии, архитектуру программного комплекса на основе технологии NILM с элементами геймификации, необходимый функционал интерфейса мобильного приложения и количественную оценку потенциального эффекта внедрения.

Материалы и методы исследований / Materials and methods of research. В рамках настоящей работы предложена модель взаимодействия субъектов рынков электроэнергии в механизме Demand Response, детализирующая роли, функции и правовые взаимоотношения между всеми участниками. Модель включает следующих субъектов: Акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы» (АО «СО ЕЭС»), АО «Администратор торговой системы» (АО «АТС»), агрегатор управления изменением режима потребления, гарантирующий поставщик, электросетевая компания и бытовые потребители. Модель взаимодействия субъектов представлена на рисунке 1.

АО «СО ЕЭС» выполняет ключевую роль в обеспечении надежности и безопасности Единой энергетической системы и является координатором механизма на оптовом рынке. Его функции включают в себя прогнозирование балансов производства и потребления электрической энергии на различные временные горизонты, определение потребности в услугах по управлению изменением режима потребления, организацию и проведение конкурсных отборов агрегаторов, формирование и передачу команд на изменение режима потребления за 24 часа до события DR с актуализацией за 1 час, а также контроль исполнения обязательств агрегаторов на основе данных коммерческого учета [3, 5]. АО «АТС» обеспечивает организации торговли электрической энергией и мощностью, осуществляет финансовые расчеты между участниками, определяет цены на рынке на сутки вперед (РСВ) с учетом предложений агрегаторов и распределяет расходы на оплату услуг по управлению спросом между субъектами [3].

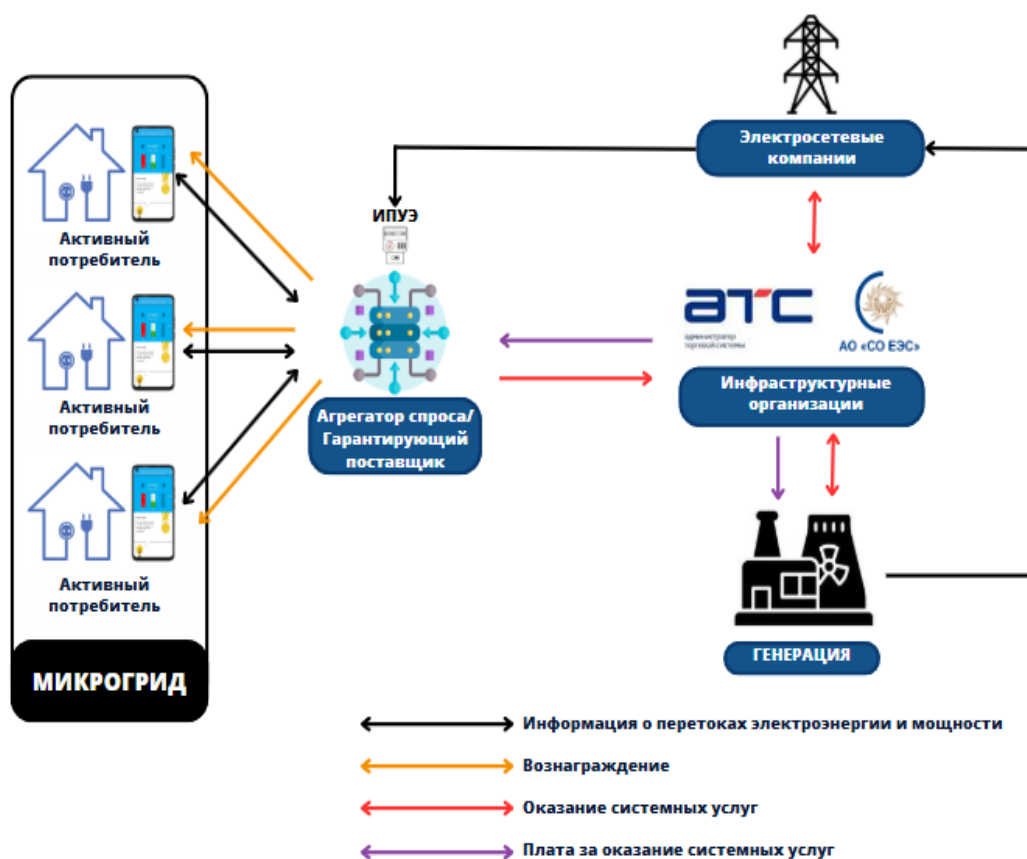


Рис. 1. Модель взаимодействия / Fig. 1. The concept of interaction
*Источник: составлено авторами / Source: compiled by the authors

Агрегатор спроса является центральным звеном взаимодействия между инфраструктурными организациями оптового рынка и бытовыми потребителями, конвертируя способность потребителей изменять потребление в товар, который можно продать на рынках электроэнергии. Согласно Постановлению Правительства № 287, агрегатор выполняет функции поиска потребителей, оценки имеющихся у них возможностей разгрузки, разработки оптимальных алгоритмов участия, оснащения потребителей необходимыми средствами автоматизации и организации взаимодействия с АО «СО ЕЭС» [5]. В рамках предлагаемой концепции агрегатор дополнительно осуществляет разработку и внедрение мобильного приложения для взаимодействия с потребителями, формирование агрегированных объектов путем объединения множества малых потребителей в виртуальную электростанцию (Virtual Power Plant) достаточной мощности для участия на оптовом рынке, сбор данных телеметрии в режиме реального времени, расчет фактического объема снижения потребления по методике Customer Baseline Load (CBL) [19] и распределение вознаграждений между участвующими потребителями. Деятельность агрегатора подлежит лицензированию в соответствии со ст. 29.3 ФЗ № 35-ФЗ [3].

Гарантирующий поставщик обеспечивает продажу электрической энергии потребителям на розничном рынке и может выступать в качестве агрегатора спроса для своих клиентов. Его функции в механизме DR включают установку и эксплуатацию ИПУЭ в соответствии с требованиями [4], предоставление доступа к минимальному набору функций интеллектуальных систем учета согласно [6] и обеспечение информационного обмена данными между ИПУЭ потребителей и системами агрегатора. Электросетевые компании обеспечивают передачу электроэнергии по распределительным сетям и получают косвенный эффект от функционирования механизма DR в виде снижения пиковых нагрузок, уменьшения потерь электроэнергии и уменьшения инвестиций в развитие электросетевой инфраструктуры [3].

В предложенной модели бытовые потребители являются конечным звеном механизма Demand Response и активными участниками управления энергосистемой. Их участие носит добровольный характер и предполагает заключение договора с агрегатором, предоставление согласия на обработку персональных данных в соответствии с Федеральным законом № 152-ФЗ «О персональных данных»,

установку и использование мобильного приложения, а также снижение потребления электроэнергии в периоды DR-событий в соответствии с рекомендациями приложения. Взаимодействие между субъектами осуществляется на основе системы договоров: договора между АО «СО ЕЭС» и агрегаторам спроса на оказание услуг по изменению режима энергопотребления по результатам конкурсного отбора, договора между АО «АТС» и агрегатором на финансовые расчеты, договора между агрегатором и бытовым потребителем на оказание услуг по управлению энергопотреблением, а также договора на получение доступа к данным интеллектуальных систем учета [3, 5]. Коммерческая модель предусматривает, что агрегатор получает оплату от АО «АТС» за готовность к разгрузке и фактическое снижение потребления, из которой выплачивает вознаграждение потребителям (50–70 % от выручки), покрывает операционные расходы (20–30 %) и получает прибыль (10–20 %).

Предполагается, что коммуникация потребителей и агрегаторов как один из возможных вариантов взаимодействия может осуществляться через программный комплекс, обладающий функциями оповещения потребителей, дезагрегации нагрузки и генерации персонализированных отчетов. В основе дезагрегации нагрузки лежит метод NILM (Non-Intrusive Load Monitoring – неинтрузивный мониторинг нагрузки), разработанный Джорджем Хартом для мониторинга электрической цепи, содержащий несколько независимых приборов, путем анализа сигналов силы тока и напряжения в одной точке без необходимости доступа к отдельным приборам [18]. Технология NILM набирает большую популярность в области научных исследований, в частности в механизме Demand Response [21]. Точность дезагрегации нагрузки ежегодно растет, современные алгоритмы на основе глубокого обучения (CNN, LSTM, Transformer) достигают F1-score 0,85–0,95 в зависимости от типа электрических приборов [15]. Например, в статье [22] авторы представили конструкцию измерительной системы для определения энергопотребления кондиционера и холодильника без установки дополнительных устройств. Результаты исследования показали точность 90,71 % и 89,95 % соответственно. Схема разложения агрегированного графика нагрузки представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Схема разложения суммарного графика нагрузки / Fig. 2. Decomposition of the total load graph

*Источник: составлено авторами / Source: compiled by the authors

Программный комплекс рассматривается как платформенное решение с мобильным приложением для домохозяйства и серверной частью, включающей микросервисы управления событиями, аналитики и расчетов. Клиентский уровень включает мобильное приложение для iOS и Android, разработанное с использованием кроссплатформенного фреймворка. Прикладной уровень должен состоять из микросервисов аутентификации, обработки DR-событий, дезагрегации нагрузки на основе алгоритмов машинного обучения, геймификации, расчета вознаграждений и формирования отчетов. Уровень данных предусматривает использование реляционной базы данных для структурированных данных, временной базы данных для хранения временных рядов телеметрии.

Для обеспечения функционирования системы рассматриваются два варианта интеграции с приборами учета. Первый вариант предполагает использование ИПУЭ со встроенной функцией дезагрегации, которые должны обеспечивать передачу данных с периодичностью 1 с, измерение активной и реактивной мощности, напряжения, тока, поддержку протоколов IEC 62025 и IEC 61850 [6, 23]. В России разработку подобных приборов ведут, в частности, концерн «Энергомера» и Санкт-Петербургский государственный университет совместно с ООО «Лартех», представившие первый в мире ИИ-счетчик с функцией идентификации электроприборов, особенно криптоферм [24]. Второй вариант предусматривает установку внешних NILM-датчиков – компактных устройств с трансформаторами тока с той же частотой дискретизации, с локальной обработкой данных на микропроцессоре и передачей дезагрегированных данных в облачную систему по Wi-fi или Ethernet [14, 15]. На террито-

рии Российской Федерации единственным решением является продукт компании «Zatrat.net», реализующий технологию NILM на практике. Продукт позиционируется как AI-система интеллектуальной аналитики потребления. Аппаратная часть представляет собой компактный модуль, который устанавливается в главный электрощит объекта. Точность определения отдельных приборов составляет от 80 до 95 %. Система осуществляет мониторинг в режиме реального времени с помощью алгоритмов искусственного интеллекта. В продукте используется локальная LLM-модель для генерации объяснений и инфографики [16].

Алгоритм функционирования включает восемь последовательных этапов. На первом этапе пользователь загружает мобильное приложение и проходит регистрацию, заключает договор с агрегатором в электронной форме, предоставляет согласие на обработку персональных данных в соответствии с [20] и привязывает интеллектуальный прибор учета путем ввода серийного номера или сканирования QR-кода. На втором этапе ИПУЭ или NILM-датчик осуществляет непрерывный мониторинг электрических параметров, данные передаются в облачную систему, а микросервис деагрегации применяет алгоритмы машинного обучения для разделения суммарной нагрузки на график потребления отдельных электроприборов: освещение, холодильник, стиральная машина, кондиционер, электрическая плита, водонагреватель и др.

Варианты архитектуры программного комплекса представлены на рисунке 3.

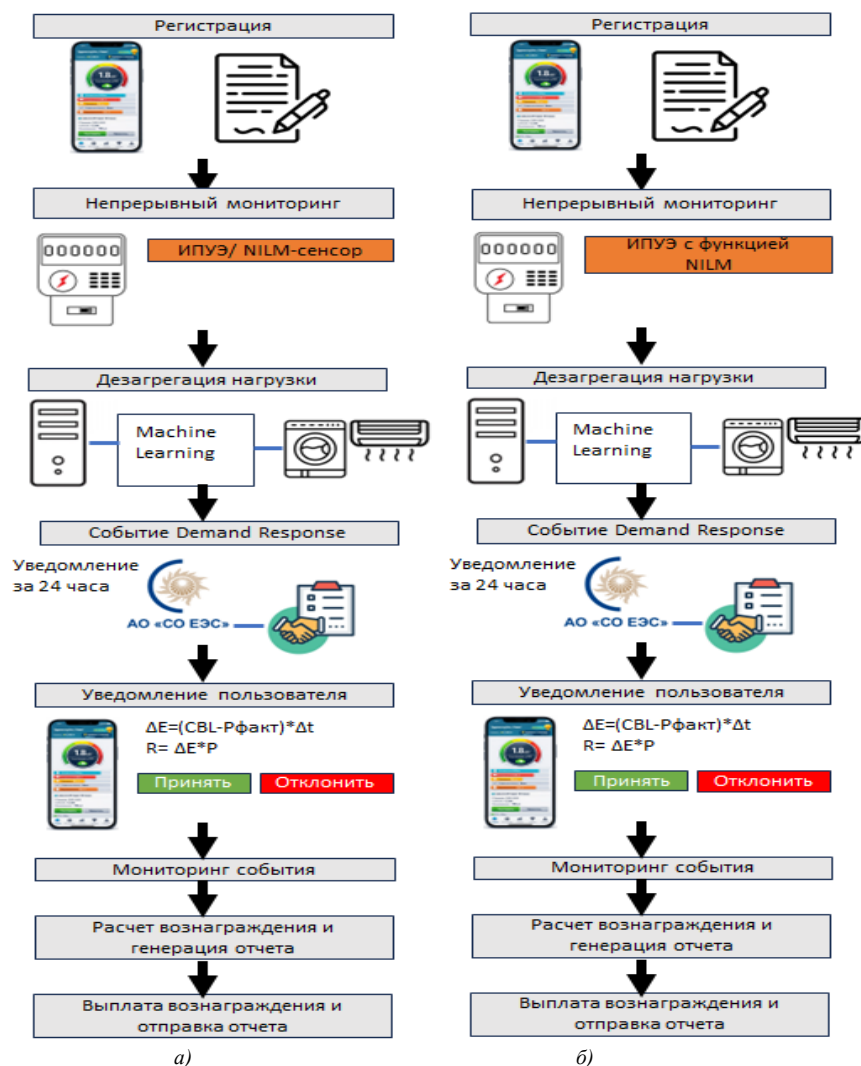


Рис. 3. Варианты архитектуры программного комплекса (а – использование ИПУЭ со встроенной функцией деагрегации нагрузки; б – установка внешних NILM-датчиков) / Fig. 3. Options for the software package structure (a – using an IPM with a built-in load disaggregation function; b – installing external NILM sensors)

*Источник: составлено авторами / Source: compiled by the authors

На третьем этапе на основе исторических данных потребления за предшествующие 10–30 дней рассчитывается прогнозный профиль потребления методом базовой нагрузки (Customer Baseline Load, CBL). На четвертом этапе АО «СО ЕЭС» направляет агрегатору команду на снижение потребления за 24 часа до события с актуализацией за 1 час, система рассчитывает требуемый объем снижения для каждого потребителя и формирует персонализированные рекомендации по отключению или ограничению работы электроприборов. На пятом этапе потребители получают предварительное push-уведомление с информацией о времени начала, продолжительности события, целевом уровне снижения и прогнозируемом вознаграждении. На шестом этапе в период DR-события мобильного приложения отображает в режиме реального времени текущее потребление, целевой уровень, прогресс выполнения и дезагрегированные данные по приборам с выделением отключенных, а система мониторинга агрегатора собирает данные телеметрии от всех участвующих потребителей и передает их АО «СО ЕЭС» [10].

На седьмом этапе после завершения DR-события вычисляется фактический объем снижения потребления как разница между CBL и фактическим потреблением:

$$\Delta E = (CBL - P_{\text{факт}}) \cdot \Delta t, \#$$

где ΔE – сниженный объем электроэнергии, кВт·ч; CBL – базовая нагрузка (базовая нагрузка, кВт; $P_{\text{факт}}$ – фактическое потребление, кВт; Δt – продолжительность события (ч).

Вознаграждение рассчитывается по формуле

$$R = \Delta E \cdot P, \#$$

где R – вознаграждение (руб.); P – цена за кВт·ч снижения, определяемая агрегатором.

Потребитель получает детализированный отчет с информацией о фактическом объеме снижения, начисленном вознаграждении, рейтинге среди участников и заработанных баллах. На восьмом этапе накопленное вознаграждение выплачивает ежемесячно как скидка на оплату электроэнергии.

Для обеспечения точной идентификации электроприборов используются современные алгоритмы машинного обучения, которые можно разделить на три категории. Event-based методы обнаруживают события включения и отключения приборов на основе анализа скачков потребляемой мощности с последующей классификацией алгоритма k-NN, SVM или Random Forest. Данные методы характеризуются низкими вычислительными требованиями и возможностью работы на edge-устройствах [14]. Non-event based методы на основе глубокого обучения (Sequence-to-Point CNN, Sequence-to-Sequence LSTM, архитектуры U-Net и BERT4NILM) обеспечивают более высокую точность F1-score 0,85–0,95, MAE 15–30 Вт, однако требуют значительных вычислительных ресурсов и больших объемов обучающих данных из публичных датасетов REDD, UK-DALE, REFIT [15]. Гибридные методы комбинируют оба подхода с использованием трансферного обучения для адаптации моделей к индивидуальным особенностям потребления конкретного домохозяйства [25]. Функционирование системы требует соблюдения требований информационной безопасности, включая шифрование данных при передаче и хранении, двухфакторную аутентификацию, авторизацию и использование средств защиты информации в соответствии с ГОСТ Р 71331-2024 [23].

Результаты исследований и их обсуждение / Research results and their discussion. В результате исследования разработана схема взаимодействия субъектов, предложены два варианта функционирования программного комплекса, а также представлен интерфейс программного комплекса, который должен обладать представленным ниже функционалом. Интерфейс разработан таким образом, чтобы обеспечить интуитивно понятный формат взаимодействия и повысить мотивацию пользователей к активному участию в программах DR. При первом запуске приложения пользователь проходит обязательный процесс регистрации, заключение договора с агрегатором с использованием простой электронной подписи, предоставление согласия на обработку персональных данных в соответствии с [20], настройку push-уведомлений и прохождение интерактивной демонстрации основных функций приложения. Прототип интерфейса программного комплекса представлен на рисунке 4.

Главный экран приложения (Dashboard) является основной точкой взаимодействия пользователя с системой. Верхняя панель содержит приветствие пользователя, индикатор баланса вознаграждений и уровня в системе геймификации. В центральной части экрана располагается виджет текущего потребления в реальном времени в виде круговой диаграммы с цветовой индикацией (зеленый – низкое потребление, желтый – среднее, красный – высокое) и сравнением с базовой нагрузкой для теку-

щего времени суток. Ниже расположен график дезагрегированной нагрузки в виде горизонтальной гистограммы, отображающей текущее потребление по каждому идентифицированному электроприбору с иконками для визуального представления и возможностью получения детальной информации при нажатии. Карточка ближайшего DR-события отображается за 24 часа до события с информацией о дате, времени, рекомендуемом объеме снижения и прогнозируемом вознаграждении, предоставляя кнопки «Участвовать» и «Пропустить». Нижняя навигационная панель обеспечивает переход между вкладками: «Главная», «DR-события», «Отчеты», «Рейтинг» и «Профиль».



Рис. 4. Интерфейс программного комплекса /
Fig. 4 The interface of the software package
*Источник: составлено авторами /
Source: compiled by the authors

Экран DR-события содержит информационный блок с названием события, датой и временем, целевым уровнем снижения для пользователя прогнозируемым вознаграждением и причиной события. Визуализация прогресса реализована в виде круговой диаграммы с отображением процента выполнения цели и числовыми индикаторами текущего, целевого потребления и фактического снижения в кВт, обновляющийся с частотой 1–10 с. Рекомендации по отключению приборов представлены в виде списка с указанием потенциального вклада каждого прибора в снижение потребления. В период DR-события экран трансформируется в режим активного мониторинга с крупным индикатором прогресса, списком работающих и отключенных приборов с текущей мощностью, а также контекстными подсказками, мотивирующими пользователя к достижению цели.

Экран отчетов предоставляет детальную аналитику потребления электроэнергии и участия в DR-событиях через систему вкладок. Вкладка «Потребление» содержит линейный график суммарного потребления и столбчатую диаграмму дезагрегированного потребления по приборам с таблицей детализации за выбранный период (день, неделя, месяц, год), а также сравнение с предыдущим периодом. Вкладка «DR-события» отображает историю участия с указанием даты, длительности, фактического снижения и полученного вознаграждения, а также статистику успешно выполненных и пропущенных событий. Вкладка «Вознаграждения» показывает текущий баланс, историю зачислений и прогноз вознаграждения на следующий месяц. Вкладка «Экология» визуализирует экологический эффект от участия в программе DR: сокращение выбросов CO₂ и эквивалент посаженных деревьев. Персонализированные рекомендации формируются на основе анализа паттернов потребления

с выявлением неэффективных режимов работы приборов и советами по энергосбережению [14, 17].

Геймификация является ключевым элементом мотивации пользователей к активному участию в программах DR, что подтверждается зарубежным опытом [11, 16]. Система уровней включает 10 градаций от «Новичок» до «Эксперт по энергосбережению» с начислением очков опыта за участие в DR-событиях достижение целевого снижения и выполнение заданий. Система достижений предусматривает набор значков на различные активности: «Первое событие», «Мастер экономии» (достижение цели в 10 событиях подряд), «Экологический герой» (сокращение 100 кг CO₂), «Социальный лидер» (привлечение 5 друзей). Рейтинги пользователей реализованы на трех уровнях: глобальный, региональный и среди друзей. Пользователи высоких уровней получают множество вознаграждений и эксклюзивные привилегии.

Конкурентным преимуществом программного комплекса является то, что для его функционирования не требуется установки дополнительных устройств на стороне бытовых потребителей, за исключением NILM-датчиков при отсутствии встроенной функции дезагрегации в ИПУЭ, в отличие от зарубежных аналогов. Платформа OhmConnect (США, Калифорния) функционирует на дерегулированном рынке электроэнергии CAISO с высоким уровнем проникновения умных датчиков – более

70 %, используя интеграцию с умными устройствами и геймификацию на основе лиг и турниров с еженедельными призовыми фондами [13]. В 2019 г. при участии 150 тыс. клиентов удалось снизить нагрузку более чем на 150 МВт [30]. Американская компания Bidgely специализируется на AI-driven аналитике энергопотребления и работает по модели B2B, продавая платформу коммунальным компаниям. Пилотный проект, проведенный в Мельбурне, с использованием мобильного приложения Homebeat показал значительные результаты. Снижение пиковой нагрузки составило более 650 МВт, что эквивалентно 30 % снижению нагрузки [26, 27]. Предлагаемое авторами решение отличается адаптацией к российскому регулируемому розничному рынку, акцентом на встроенную дезагрегацию в ИПУЭ, учетом социокультурных особенностей российских потребителей и интеграцией в национальную инфраструктуру интеллектуальных систем учета. Сравнительный анализ рассмотренных решений представлен в таблице.

Таблица / Table

**Сравнительный анализ рассмотренных решений /
Comparative analysis of the considered solutions**

Критерий	Ohm Connect (США, Калифорния)	Homebeat (Австралия, Мельбурн)	Предлагаемое решение
Технология	Интеграция с умными устройствами	Мобильная игра	NILM в ИПУЭ, геймификация
Масштаб	150 тыс. участников	640 тыс. потребителей	Прогнозируемое количество: 300 тыс. участников
Совокупный технический эффект	150 МВт	650 МВт	Прогноз: 300 МВт
Средний эффект	В среднем более 1000 Вт	В среднем более 1000 Вт	Прогноз: 1000 Вт
Наличие доп. оборудования	Требуются умные розетки / термостаты	Требуется мониторинг потребления в виде модема	Не требуется (при ИПУЭ с NILM)
Геймификация	Лиги, турниры, призовые	Достижения, рейтинги, баллы	Уровни, достижения, рейтинги
Регуляторная среда	Дерегулированный рынок CAISO	Национальный рынок электроэнергии (NEM)	Регулируемый рынок
Конкурентное преимущество	Развитая инфраструктура дома	Высокая вовлеченность через игру	Встроенная NILM в ИПУЭ, адаптация к законодательству РФ

* Источник: составлено автором / Source: compiled by the authors

Количественная оценка потенциального технического эффекта выполняется на основе сценариев, задающих число участников и среднюю величину разгрузки на домохозяйство. Согласно подсчетам ВШЭ, среднее домохозяйство в России потребляет около 206 кВт·ч (0,3 кВт) в месяц [29]. Совокупное снижение пиковой мощности определяется произведением числа участников на среднюю разгрузку в период пика. Официальные источники, где приведена информация о средней пиковой мощности потребления на домохозяйство, отсутствуют. Согласно документам [31, 32] на одно домохозяйство выделяется 5–15 кВт в зависимости от типа жилья, вида плиты (газовая или электрическая). Предполагая, что средняя мощность потребления в пиковые часы находится в пределах 8–9 кВт, прогнозируемое снижение нагрузки равно 1 кВт. В реалистичном сценарии при 300 тыс. участниках и 1 кВт разгрузки на одно домохозяйство совокупный эффект составит порядка 300 МВт. Важно понимать, что технический эффект линейно зависит от числа участников и средней разгрузки на одно домохозяйство, поэтому приоритетами внедрения становятся механики вовлечения и удержания, удобство участия и качество персональных рекомендаций.

Согласно экспертно-аналитическому докладу EnergyNet, снижение пиковой нагрузки энергосистемы на 50 МВт обеспечивает годовой экономический эффект в 390 млн руб. [12]. Итоговый годовой экономический эффект оценивается в 2,34 млрд руб. на рынке на сутки вперед (PSV). НП «Совет рынка» оценил совокупный экономический эффект от действующего механизма управления спросом в 1 млрд руб. за 2025 г., что подтверждает экономическую обоснованность развития данного направления [28]. Для бытовых потребителей участие в программах DR может обеспечить вознаграждение 200–300 руб./месяц при активном участии в 8–12 DR-событиях, а также снижение расходов на электроэнергию на 5–10 % за счет оптимизации потребления и смещения нагрузки на непиковые часы. При сред-

ней стоимости электроэнергии для населения 5 руб. / кВт·ч и среднем потреблении 200 кВт·ч / месяц, суммарный экономический эффект для одного домохозяйства составит 2400–3600 руб. / год. Важно отметить, что экономический эффект для потребителя зависит от типа жилья, региона проживания и уровня участия в событии. Согласно отчетам компании АО «СО ЕЭС», экологический эффект от снижения потребления электроэнергии на 1 МВт·ч составляет около 0,09 т CO₂. При поддержании сниженной пиковой нагрузки 300 МВт на 2–3 часа выбросы парниковых газов уменьшатся на 54–81 т CO₂ за одно событие. При 200 DR-событиях в год суммарное сокращение составит около 10,8–16,2 тыс. т CO₂. Предложенный механизм создает основу для интеграции с системами управления умным домом, развития рынка энергосервисных контрактов для населения и создания платформы для торговли распределенной генерацией и системами хранения энергии [2].

Научная новизна предлагаемого механизма заключается в следующих аспектах. Во-первых, разработана комплексная модель взаимодействия субъектов розничного рынка электроэнергии в механизме DR с детализацией правовых и коммерческих взаимоотношений, адаптированная к особенностям российского законодательства, в отличие от зарубежных моделей, функционирующих в условиях либерализованных рынков. Во-вторых, предложена интегрированная архитектура программного комплекса, объединяющая технологии NILM, геймификации и автоматизированного управления электроприборами. В-третьих, предложена методика оценки потенциального эффекта от внедрения DR с учетом структуры потребления. В-четвертых, выполнена адаптация технологии NILM для условий российского бытового сектора с учетом специфики электроприборов, сезонности потребления и необходимости создания национального датасета электрических сигнатур российских приборов [15, 18].

Заключение / Conclusion. В рамках проведенного исследования предложен комплексный механизм вовлечения бытовых потребителей в механизм Demand Response на оптовом рынке электроэнергии и мощности Российской Федерации. Проведен анализ нормативно-правовой базы РФ, включающей Федеральные законы № 35-ФЗ и № 522-ФЗ, Постановления Правительства № 287 и № 890, подтверждающие наличие необходимых правовых условий для функционирования агрегаторов спроса с участием бытовых потребителей, оснащенных ИПУЭ. Разработана концептуальная модель взаимодействия субъектов механизма с описанием правовых и коммерческих взаимоотношений между ними.

Предложен один из возможных вариантов системы на основе клиент-серверной архитектуры с микросервисным подходом, которая осуществляет процесс дезагрегации нагрузки методом NILM с использованием алгоритмов машинного обучения, расчет базовой нагрузки по методике CBL и автоматизированный расчет вознаграждений. Детально описан интерфейс мобильного приложения с экранами регистрации, мониторинга потребления в реальном времени, DR-события, отчетов и геймификации, включающей систему уровней, достижений, рейтингов и челленджей. Конкурентным преимуществом является отсутствие необходимости дополнительных устройств на стороне бытовых потребителей и высокая совместимость с отечественными интеллектуальными приборами учета.

Количественная оценка показала, что при вовлечении 300 тыс. бытовых потребителей совокупное снижение пиковой нагрузки составит 300 МВт, годовой экономический эффект – 2,34 млрд руб., экономия потребителей – 2400–3600 руб. в год на домохозяйство, экологический эффект – 10,8–16,2 тыс. т CO₂ в год. Перспективы дальнейших исследований включают пилотное внедрение системы в отдельных регионах РФ, разработку договорных форм между агрегаторами и бытовыми потребителями, исследование поведенческих аспектов участия, оптимизацию стратегий агрегирования спроса и интеграцию механизма DR с системами распределенной генерации и накопления энергии для создания виртуальных электростанций.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мировая практика управления спросом на электроэнергию / И. Н. Нехороших, Т. В. Добринова, А. Ю. Анисимов, А. В. Жагловская // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. № 3. С. 280–287. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2019-3-280-287>.
2. Гительман Л. Д., Кожевников М. В., Ратников Б. Е. Управление спросом на электроэнергию: адаптация зарубежного опыта в России // Эффективное антикризисное управление. 2013. № 1(76). С. 84–89.
3. Об электроэнергетике: Федеральный закон от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ (с изм. от 02.11.2023 № 516-ФЗ). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/ (дата обращения: 07.02.2026).
4. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учёта электрической энергии (мощности) в Российской Федерации: Федеральный закон от 27 декабря 2018 г. № 522-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_314661/ (дата обращения: 07.02.2026).

5. О некоторых вопросах функционирования агрегаторов управления спросом на электрическую энергию в Единой энергетической системе России: Постановление Правительства РФ от 20 марта 2019 г. № 287. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_320818/ (дата обращения: 07.02.2026).
6. О порядке предоставления доступа к минимальному набору функций интеллектуальных систем учёта электрической энергии (мощности): Постановление Правительства РФ от 19 июня 2020 г. № 890. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_355027/ (дата обращения: 07.02.2026).
7. Число умных счётчиков в России выросло за год на 21 % // Ведомости. 28.01.2025. URL: <https://www.vedomosti.ru/esg/reports/news/2025/01/29/1089008> (дата обращения: 07.02.2026).
8. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2050 года: утв. распоряжением Правительства РФ от 12 апр. 2025 г. № 908-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/LWYfSENa10uBrrBoyLQqAAOj5eJYIA60.pdf> (дата обращения: 07.02.2026). 100 с.
9. АО «Синтез Групп». НИУ ВШЭ: население увеличивает потребление электроэнергии быстрее, чем бизнес // Коммерсантъ. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6790024> (дата обращения: 07.02.2026).
10. Официальный сайт АО «Системный оператор Единой энергетической системы». URL: <https://www.so-ups.ru/> (дата обращения: 07.02.2026).
11. Ишкова Е. Поведенческое управление спросом // Энергетический рынок. 2018. № 4. С. 40–49.
12. Управление спросом в электроэнергетике России: открывающиеся возможности: экспертно-аналитический доклад / В. Сидорович, Б. Бокарев, И. Чаусов [и др.]; под ред. Ф. Опадчего, Д. Холкина; АО «СО ЕЭС», Инфраструктурный центр EnergyNet. 2019. 100 с. URL: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/markets/dr/publication/EnergyNet_2019.pdf (дата обращения: 07.02.2026).
13. Hopkins A. S., Whited M. Best Practices in Utility Demand Response Programs // Synapse Energy Economics. 2020. 68 p.
14. Gopinath R., Kumar M., Joshua C. P. C., Srinivas K. Energy management using non-intrusive load monitoring techniques – State-of-the-art and future research directions // Sustainable Cities and Society. 2020. Vol. 62. P. 102411. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102411>.
15. Piccialli V., Sudoso A.M. A review of current methods and challenges of advanced deep learning-based non-intrusive load monitoring (NILM) in residential context // Energy and Buildings. 2024. Vol. 306. P. 113913. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.113913>.
16. AI-система интеллектуальной аналитики потребления. URL: <https://zatrat.net/> (дата обращения: 07.02.2026).
17. Fejér M., Sánka M., Šefraný J. Disaggregation technology as a facilitator of desired behavioral change: Case of energy efficiency in Slovakia // Management & Marketing. 2022. Vol. 17. № 3. P. 304–322. <https://doi.org/10.2478/mmcks-2022-0017>.
18. Кузьмин П. С., Ратников Б. Е., Гительман Л. Д. Неинтрузивный мониторинг нагрузки: эффекты внедрения и перспективы распространения // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2019. Т. 10. № 4. С. 306–319. <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2019-4-306-319>.
19. Sharifi R., Fathi S.H., Vahidinasab V. Consumer Base Load Models for the Residential Sector in an Intelligent Grid Environment // Energy Reports. 2016. Vol. 2. P. 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2016.04.003>.
20. О персональных данных: Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/ (дата обращения: 07.02.2026).
21. Non-intrusive load shed verification / Bergman D. C. [et. al.] // IEEE Pervasive Computing. 2011. Vol. 10. No. 1. P. 49–57.
22. Biansoongnern S., Plangklang B. Non-Intrusive Appliances Load Monitoring (NILM) for Energy Conservation in Household with Low Sampling Rate // Procedia Computer Science. 2016. Vol. 86. P. 172–175. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.05.049>.
23. ГОСТ Р 71331-2024 «Интеллектуальные системы учёта электрической энергии (мощности). Общие технические требования». М.: Стандартинформ, 2024.
24. СПбГУ представил первый в мире ИИ-счётчик для борьбы с нелегальным майнингом. URL: <https://spbu.ru/news-events/novosti/> (дата обращения: 07.02.2026).
25. Sun Y., Wang Y., Huang Z. et al. Toward intelligent demand-side energy management via substation-level flexible load disaggregation // Applied Energy. 2024. Vol. 371. P. 123667. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123667>.
26. Bidgely Case Study – United Energy ActionDR – Q2 2016 Approved. June 2016. URL: <https://www.bidgely.com/wp-content/uploads/2016/02/Case-Study-ActionDR-United-Energy.pdf> (дата обращения: 07.02.2026).
27. Walton R. Gamification for the grid: Inside Bidgely's Australian demand response pilot // Utility Dive. 18 May 2016. URL: <https://www.utilitydive.com/news/gamification-for-the-grid-inside-bidgelys-australian-demand-response-pilo/419230/> (дата обращения: 07.02.2026).
28. Совет рынка оценил экономический эффект от механизма управления спросом // Коммерсантъ. 30.10.2025. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8162534> (дата обращения: 07.02.2026).
29. Дифференциация тарифов КС ВШЭ: презентационные материалы. URL: <https://opis-cdn.tinkoffjournal.ru/mercury.pdf> (дата обращения: 07.02.2026).

30. Demand response failed California 20 years ago; the state's recent outages... // Utility Dive. URL: <https://www.utilitydive.com/news/demand-response-failed-california-20-years-ago-the-states-recent-outages/584878/> (дата обращения: 07.02.2026).
31. Постановление Правительства РФ от 27 декабря 2004 г. № 861 «Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам коммерческого оператора оптового рынка и оказания этих услуг и Правил технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям" (с изменениями и дополнениями) (дата обращения 08.02.2026).
32. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий: Свод правил СП 31-110-2003 URL: <https://normativ.kontur.ru/> (дата обращения 08.02.2026).

REFERENCES

1. Nekhoroshikh IN, Dobrinova TV, Anisimov AY, Zhaglovskaya AV. Global practice of electricity demand management. Mining Informational and Analytical Bulletin. 2019;(3):280-287. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2019-3-280-287>. (In Russ.).
2. Gitelman LD, Kozhevnikov MV, Ratnikov BE. Electricity demand management: adaptation of foreign experience in Russia. Effective Anti-Crisis Management. 2013;1(76):84-89. (In Russ.).
3. On the Electric Power Industry. Federal Law No. 35-FZ of 26 March 2003. (as amended by Federal Law No. 516-FZ of 02.11.2023). Available from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/ [Accessed 07 February 2026]. (In Russ.).
4. On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation in Connection with the Development of Electric Energy (Capacity) Metering Systems in the Russian Federation : Federal Law No. 522-FZ of 27 December 2018. Available from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_314661/ [Accessed 07 February 2026]. (In Russ.).
5. On Amendments to Certain Acts of the Government of the Russian Federation on the Functioning of Demand Response Aggregators in the Unified Energy System of Russia, and on Improving the Price-Dependent Reduction of Electricity Consumption and the Provision of System Reliability Services. Decree of the Government of the Russian Federation No. 287 of 20 March 2019. Available from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_320818/ [Accessed 07 February 2026]. (In Russ.).
6. On the Procedure for Granting Access to the Minimum Set of Functions of Intelligent Electric Energy (Capacity). Metering Systems Decree of the Government of the Russian Federation No. 890 of 19 June 2020. Available from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_355027/ [Accessed 07 February 2026]. (In Russ.).
7. The number of smart meters in Russia increased by 21% year-on-year. Vedomosti. 28.01.2025. Available from: <https://www.vedomosti.ru/esg/reports/news/2025/01/29/1089008> [Accessed 07 February 2026]. (In Russ.).
8. Energy Strategy of the Russian Federation for the period up to 2050: approved by Order of the Government of the Russian Federation No. 908-r of 12 April 2025. Available from: <http://static.government.ru/media/files/LWYfSENa10uBrrBoyLQqAAOj5eJYIA60.pdf> [Accessed 07 February 2026]. (In Russ.).
9. JSC "Sintez Group". HSE: households increase electricity consumption faster than business. Kommersant. Available from: <https://www.kommersant.ru/doc/6790024> [Accessed: 07 February 2026]. (In Russ.).
10. Official website of JSC "System Operator of the Unified Energy System" (SO UES). Available from: <https://www.so-ups.ru/> [Accessed 07 February 2026]. (In Russ.).
11. Ishkova E. Behavioral demand management. Energy Market. 2018;(4):40–49. (In Russ.).
12. Sidorovich V, Bokarev B, Chausov I et al.; ed. by F. Opadchii, D. Kholkin Demand response in the Russian electric power industry: emerging opportunities: expert and analytical report. JSC "SO UES", Energy Net Infrastructure Center; 2019. 100 p. Available from: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/markets/dr/publication/EnergyNet_2019.pdf [Accessed 07 February 2026]. (In Russ.).
13. Hopkins AS, Whited M. Best Practices in Utility Demand Response Programs. Synapse Energy Economics; 2020. 68 p.
14. Gopinath R, Kumar M, Joshua CPC, Srinivas K. Energy management using non-intrusive load monitoring techniques—state-of-the-art and future research directions. Sustainable Cities and Society. 2020;(62):102411. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102411>.
15. Piccialli V, Sudoso AM. A review of current methods and challenges of advanced deep learning-based non-intrusive load monitoring (NILM) in residential context. Energy and Buildings. 2024;(306):113913. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.113913>.
16. AI-based intelligent energy consumption analytics system. Available from: <https://zatrat.net/> [Accessed 07 February 2026]. (In Russ.).
17. Fejér M, Sánka M, Šefraný J. Disaggregation technology as a facilitator of desired behavioral change: case of energy efficiency in Slovakia. Management & Marketing. 2022;17(3):304-322. <https://doi.org/10.2478/mmcks-2022-0017>.

18. Kuzmin PS, Ratnikov BE, Gitelman LD. Non-intrusive load monitoring: implementation effects and prospects for diffusion. Strategic Decisions and Risk Management. 2019;10(4):306-319. <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2019-4-306-319>. (In Russ.).
19. Sharifi R, Fathi SH, Vahidinasab V. Consumer base load models for the residential sector in an intelligent grid environment. Energy Reports. 2016;(2):74-81. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2016.04.003>.
20. On Personal Data. Federal Law No. 152-FZ of 27 July 2006. Available from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/ [Accessed 07 February 2026]. (In Russ.).
21. Bergman DC, Jin D, Juen JP, Tanaka N, Gunter CA, Wright AK. Non-intrusive load shed verification. IEEE Pervasive Computing. 2011;10(1):49-57.
22. Biansoongnern S, Plangklang B. Non-intrusive appliances load monitoring (NILM) for energy conservation in household with low sampling rate. Procedia Computer Science. 2016;(86):172-175. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.05.049>.
23. GOST R 71331-2024. Intelligent electric energy (power) metering systems. General technical requirements. Moscow: Standartinform; 2024. (In Russ.).
24. St Petersburg State University presented the world's first AI meter to combat illegal mining. Available from: <https://spbu.ru/news-events/novosti/> [Accessed 07 February 2026]. (In Russ.).
25. Sun Y, Wang Y, Huang Z, et al. Toward intelligent demand-side energy management via substation-level flexible load disaggregation. Applied Energy. 2024;(371):123667. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123667>.
26. Bidgely Case Study – United Energy ActionDR – Q2 2016 Approved. June 2016. Available from: <https://www.bidgely.com/wp-content/uploads/2016/02/Case-Study-ActionDR-United-Energy.pdf> [Accessed: 07 February 2026].
27. Walton R. Gamification for the grid: inside Bidgely's Australian demand response pilot. Utility Dive. 18 May 2016. Available from: <https://www.utilitydive.com/news/gamification-for-the-grid-inside-bidgelys-australian-demand-response-pilo/419230/> [Accessed 07 February 2026].
28. Market Council estimated the economic effect of the demand response mechanism. Kommersant. 30.10.2025. Available from: <https://www.kommersant.ru/doc/8162534> [Accessed 07 February 2026]. (In Russ.).
29. Differentiation of tariffs (KS, HSE): presentation materials. Available from: <https://opis-cdn.tinkoffjournal.ru/mercury.pdf> [Accessed 07 February 2026]. (In Russ.).
30. Demand response failed California 20 years ago; the state's recent outages. Available from: <https://www.utilitydive.com/news/demand-response-failed-california-20-years-ago-the-states-recent-outages/584878/> [Accessed 07 February 2026].
31. Government Decree of the Russian Federation No. 861 of 27 December 2004 “On the Approval of the Rules for Non Discriminatory Access to Services for the Transmission of Electric Energy and the Provision of These Services, the Rules for Non Discriminatory Access to Services for Operational and Dispatch Control in the Electric Power Industry and the Provision of These Services, the Rules for Non Discriminatory Access to the Services of the Commercial Operator of the Wholesale Market and the Provision of These Services, and the Rules for Technological Connection of Power Receiving Installations of Electricity Consumers, Electric Power Production Facilities, as well as Electric Grid Facilities Owned by Grid Organizations and Other Persons, to Electric Grids” (as amended and supplemented) [Accessed: 08 February 2026]. (In Russ.).
32. Code of Practice SP 31 110 2003 “Design and Erection of Electrical Equipment in Residential and Public Buildings”. Available from: <https://normativ.kontur.ru/> [Accessed 08 February 2026]. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

- Беслан Гумарович Шидов** – магистрант кафедры АЭСиЭ, факультет нефтегазовой инженерии, Северо-Кавказский федеральный университет, Researcher ID: LUA-0241-2024.
- Арсен Гумарович Шидов** – аспирант кафедры АЭСиЭ, факультет нефтегазовой инженерии, Северо-Кавказский федеральный университет, Researcher ID: GQP-6570-2022.
- Дмитрий Александрович Костюков** – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных электроэнергетических систем и электроснабжения, Северо-Кавказский федеральный университет, Scopus ID: 58029421300, Researcher ID: OFN-4011-2025.
- Дмитрий Алексеевич Турченко** – магистрант кафедры АЭСиЭ, факультет нефтегазовой инженерии, Северо-Кавказский федеральный университет, Researcher ID: LUA-0241-2024.
- Индира Хасанбиевна Мурзаканова** – магистрант кафедры менеджмента, институт экономики и управления, СКФУ, Researcher ID: KGK-9117-2024

ВКЛАД АВТОРОВ

Беслан Гумарович Шидов

Проведение исследования – анализ нормативно-правовой базы РФ, разработка комплексного механизма. Утверждение окончательного варианта – принятие ответственности за все аспекты работ, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант

Арсен Гумарович Шидов

Подготовка и редактирование текста – составление черновика рукописи и формирование его окончательного варианта, участие в научном дизайне.

Дмитрий Александрович Костюков

Проведение исследования – разработка комплексного механизма. Утверждение окончательного варианта – принятие ответственности за все аспекты работ, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Дмитрий Алексеевич Турченко

Проведение исследования – анализ современной российской и зарубежной литературы по теме исследования.

Индира Хасанбиевна Мурзаканова

Подготовка и редактирование текста – составление черновика рукописи и формирование его окончательного варианта, участие в научном дизайне.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Beslan G. Shidov – Master student, Department of Automated Electric Power Systems and Power Supply, North-Caucasus Federal University (NCFU), Researcher ID: LUA-0241-2024.

Arsen G. Shidov – Postgraduate student, Department of Automated Electric Power Systems and Power Supply, North-Caucasus Federal University (NCFU), Researcher ID: GQP-6570-2022.

Dmitry A. Kostyukov – Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor, Department of Automated Electric Power Systems and Power Supply, North-Caucasus Federal University (NCFU), Scopus ID: 58029421300, Researcher ID: OFN-4011-2025.

Dmitry A. Turchenko – Master student, Department of Automated Electric Power Systems and Power Supply, North-Caucasus Federal University (NCFU), Researcher ID: LUA-0241-2024.

Indira Kh. Murzakanova – Master student, Department of Management, North-Caucasus Federal University (NCFU), Researcher ID: KGK-9117-2024

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Beslan G. Shidov

Conducting research – analysis of the regulatory framework of the Russian Federation, development of a comprehensive mechanism. Approval of the final version – acceptance of responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article, and its final version.

Arsen G. Shidov

Text preparation and editing – drafting of the manuscript and its final version, contribution to the scientific layout.

Dmitry A. Kostyukov

Conducting research – developing a comprehensive mechanism. Approval of the final version – taking responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article, and its final version.

Dmitry A. Turchenko

The research is an analysis of modern Russian and foreign literature on the research topic.

Indira Kh. Murzakanova

Text preparation and editing – drafting of the manuscript and its final version, contribution to the scientific layout.