



**ЭНЕРГО-РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ ЭФФЕКТ В СИСТЕМАХ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ ОТ АКТУАЛИЗАЦИИ
НОРМАТИВОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

Ю.И. Солуянов^{1,2,3}, А.Р. Ахметшин^{1,2}, В.И. Солуянов³

¹Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

²Ассоциация «Росэлектромонтаж», г. Москва, Россия

³АО «Татэлектромонтаж», г. Казань, Россия

ORCID*:<https://orcid.org/0000-0003-4424-7761>, dr.akhmetshin@ieee.org

Резюме: *ЦЕЛЬ.* Исследование загрузки трансформаторных подстанций 0,4/10кВ, установленных в жилом секторе. Обосновать необходимость актуализации нормативов удельных электрических нагрузок для жилых комплексов. Выполнить расчеты электрической нагрузки жилых комплексов с использованием действующих и актуализированных нормативов с оценкой экономического эффекта. *МЕТОДЫ.* При выполнении поставленной цели были использованы статистические и экономические методы анализа. *РЕЗУЛЬТАТЫ.* В статье описана актуальность темы, представлено обоснование необходимости актуализации нормативных значений удельных электрических нагрузок. Выполнен расчет электрической нагрузки по методике Ассоциации «Росэлектромонтаж» как для многоквартирного жилого дома, так и для жилого комплекса в целом. На примере показан экономический эффект от актуализации нормативных значений для г. Санкт-Петербурга. *ЗАКЛЮЧЕНИЕ.* Значения электрической нагрузки, рассчитанные по методике Ассоциации «Росэлектромонтаж», позволят уменьшить затраты на строительство электрических сетей при возведении жилых комплексов, снизить потери электрической энергии в распределительных электрических сетях 0,4/10кВ, что приведет к удешевлению коммерческой и жилой недвижимости. Республиканские нормативы градостроительного проектирования, в части заявленной мощности, основанной на методике Ассоциации «Росэлектромонтаж», успешно применяются на практике и значительно снизили затраты для строительных компаний Республики Татарстан по выполнению электроснабжения жилых комплексов.

Ключевые слова: удельные расчетные электрические нагрузки, электроснабжение, запертая электрическая мощность, резервная электрическая мощность, проектирование жилых комплексов.

Для цитирования: Солуянов Ю.И., Ахметшин А.Р., Солуянов В.И. Энерго-ресурсосберегающий эффект в системах электроснабжения жилых комплексов от актуализации нормативов электрических нагрузок // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. Т. 23. № 1. С. 156-166. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-1-156-166.

**ENERGY-RESOURCE-SAVING EFFECT IN THE ELECTRIC SUPPLY
SYSTEMS OF RESIDENTIAL COMPLEXES FROM UPDATING THE ELECTRIC
LOAD REGULATIONS**

YuI. Soluyanov^{1,2,3}, AR. Akhmetshin^{1,2}, VI. Soluyanov³

¹Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

²Association «Roselectromontazh», Moscow, Russia

³JSC «Tatelektromontazh», Kazan, Russia

ORCID*:<https://orcid.org/0000-0003-4424-7761>, dr.akhmetshin@ieee.org

Abstract: *THE PURPOSE.* Study of the load of 0.4 / 10kV transformer substations installed in the residential sector. Justify the need to update the norms of specific electrical loads for residential complexes. Calculate the electrical load of residential complexes using the current

and updated standards with an assessment of the economic effect. **METHODS.** When fulfilling this goal, statistical and economic methods of analysis were used. **RESULTS.** The article describes the relevance of the topic, provides a rationale for the need to update the standard values of specific electrical loads. The calculation of the electrical load was carried out according to the methodology of the Association «Roselectromontazh» both for an apartment building and for the residential complex as a whole. The example shows the economic effect of updating the standard values for the city of St. Petersburg. **CONCLUSION.** The values of electrical load, calculated according to the methodology of the Roselectromontazh Association, will reduce the cost of building electrical networks during the construction of residential complexes, reduce electrical energy losses in distribution electrical networks of 0.4/10 kV, which will lead to a reduction in the cost of commercial and residential real estate. Approved in 2019 The republican standards of urban planning, in terms of the declared capacity based on the methodology of the Association «Roselectromontazh» are successfully applied in practice and have significantly reduced the costs for construction companies of the Republic of Tatarstan for the implementation of power supply of residential complexes.

Keywords: specific design electrical loads, power supply, locked electrical power, standby electrical power, design of residential complexes.

For citation: Soluyanov YuI, Akhmetshin AR., Soluyanov VI. Energy-resource-saving effect in the electric supply systems of residential complexes from updating the electric load regulations. *Power engineering: research, equipment, technology.* 2021;23(1):156-166. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-1-156-166.

Введение и литературный обзор

Для проектирования электрических сетей жилых и общественных зданий используют нормативный документ^{1,2}[1,2,4]. Значения, представленные в документе¹ в части удельных электрических нагрузок, потеряли свою актуальность, так как были рассчитаны в прошлом веке, подразумевая, что электропотребление вырастет на 20-50%. Этого не случилось. Действительно электропотребление населения за последние годы значительно поменялось, так как количество бытовых приборов увеличилось, однако они стали более энергоэффективными, и в результате наблюдается снижение электропотребления.

Построенные в жилом секторе электрические сети, опираясь на нормативные документы, имеют большой запас по сечению и мощности. По данным сетевых компаний существует проблема «запертой мощности», которая заключается в том, что в трансформаторных подстанциях (ТП) вся мощность выбрана, однако по факту загрузка в максимальном режиме в редких случаях превышает 50% [3,5,7]. Малая загрузка силовых трансформаторов (СТ) свидетельствует о повышенных потерях в них [6,7].

Предпосылкой к началу исследований в этом направлении стали многочисленные обращения строительных компаний разных регионов страны о незагруженности электрических сетей, так как фактические и расчетные загрузки отличаются в разы. Поскольку Ассоциация «Росэлектромонтаж» (далее Ассоциация) занимается экспертной деятельностью в области электромонтажного производства, а также разработкой, утверждением и распространением отраслевых нормативно-технических документов, то, начиная с 2016г., совместно с АО «Сетевая компания» и при поддержке президента Республики Татарстан (РТ) Минниханова Рустама Нургалиевича выполнила научно-исследовательскую работу по обновлению расчетных удельных электрических нагрузок. Тем самым впервые в Российской Федерации была приведена корректировка нормативов «для конкретного применения с учетом местных условий» для РТ. После вступления в силу новых нормативов электрических нагрузок застройщики активно начали ими пользоваться для сокращения затрат при строительстве электрических сетей для электроснабжения жилых комплексов.

Появление нормативных документов было связано с программой жилищного строительства. Начиная с 1960 года, ежегодно увеличивалось количество введенного кв.м. жилья. И уже в 1988 г. ввод жилья в СССР составил порядка 125 млн. кв.м [8]. Основой для расчета сетей электроснабжения зданий является расчетная мощность зданий и сооружений. Эти нормы всегда были взаимосвязаны между собой и позволяли

¹ СП256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа».

² РД 34.20.185-94 «Инструкция по проектированию городских электрических сетей».

вести параллельно подсчет электрических нагрузок объектов застройки (наружные сети электроснабжения) и разработку проектов внутреннего электроснабжения зданий. В таблице 1 представлена история развития нормативных документов.

Таблица 1

История развития нормативных документов

Нормативный документ	Срок действия	Нормативный документ	Срок действия
СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа»	02.03.2017 – н.в.	РД 34.20.185-94 «Инструкция по проектированию городских электрических сетей»	01.01.1995 – н.в.
СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий»	01.01.2004-02.03.2017	ВСН 97-83 «Инструкция по проектированию городских, поселковых электрических сетей»	01.07.1983-01.01.1995
ВСН 59-88 «Госкомархитектуры Электрооборудование жилых и общественных зданий. Нормы проектирования»	01.07.1989-01.01.2004		01.11.1975-01.07.1983
СН 543-82 «Инструкция по проектированию электрооборудования жилых и общественных зданий массового строительства»	01.07.1982-01.07.1989	ВСН 97-75 «Указания по проектированию городских электрических сетей»	01.10.1961-01.11.1975
ВСН 19-74 «Инструкция по проектированию электрооборудования общественных зданий массового строительства»	01.04.1975-01.07.1982		
СН 544-82 «Инструкция по проектированию электрооборудования жилых зданий».	01.07.1982-01.07.1989	СН 167-61 «Указания по проектированию городских электрических сетей»	
СН 297-64 «Указания по проектированию электрооборудования жилых зданий»	01.07.1965-01.07.1982		

Из табл. 1 видно, что периодичность пересмотра нормативных документов составляла 8-10 лет. В них всегда присутствовал резерв на некоторое повышение электропотребления в перспективе 5-10 лет. В современных условиях, когда электрические приборы с каждым годом становятся более энергоэффективными, актуализацию нормативных документов в части расчетных удельных электрических нагрузок необходимо проводить с периодичностью в 5 лет, эта необходимость вызвана снижением затрат при строительстве и эксплуатации электрических сетей [9, 10]. Чем меньше разница между расчетной и фактической нагрузкой, тем больший экономический эффект будет получен. Достоверность полученных значений предлагается обосновать 5 летним мониторингом электрической нагрузки с последующей статистической обработкой. Мониторинг предлагается осуществлять с помощью интеллектуальных систем учета электроэнергии. Благодаря принятому закону³, основной переход на интеллектуальные счетчики должен завершиться к 2023 году.

Своевременная актуализация действующих нормативных документов позволит значительно снизить затраты на строительство электрических сетей, так как планируется: увеличение объема жилищного строительства до 120 млн кв. м в год⁴; создание 8,6 тыс. групп дошкольного образования⁴; создание 230 тыс. новых мест в общеобразовательных организациях⁴.

В пользу мониторинга с последующей актуализацией значений удельных электрических нагрузок потребителей с 5 летней периодичностью приводятся также следующие доводы:

– постоянно улучшается класс энергопотребления бытовой техники до А++ (разница в электропотреблении между классом G и А++ составляет 75%);

³ Федеральный закон от 27.12.2018 N 522-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учета электрической энергии (мощности) в Российской Федерации»

⁴ Указ Президента России от 7 мая 2018 года №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»

– с 2023 года показатели удельного расхода электроэнергии в многоквартирных домах должны быть улучшены на 40%, а с 2028 года на 50%⁵, классы энергетической эффективности многоквартирных жилых домов представлены в таблице 2⁶;

– внедрение энергосервисных договоров, предусматривающих осуществление полного комплекса работ по внедрению энергосберегающих решений специализированной энергосервисной компанией, это позволит сократить потребление электрической энергии в бюджетных учреждениях от 40 до 60%.

Таблица 2

Классы энергетической эффективности		
№ п/п	Наименование класса	Величина отклонения значения фактического удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового уровня, %
A++	Высочайший	- 60 включительно и менее
A+	Высочайший	от - 50 включительно до - 60
A	Очень высокий	от - 40 включительно до - 50
B	Высокий	от - 30 включительно до - 40
C	Повышенный	от - 15 включительно до - 30
D	Нормальный	от 0 включительно до - 15

Помимо мониторинга анализ параметров, передаваемых от интеллектуальных счетчиков электроэнергии, установленных у потребителей 0,4-10 кВ, позволит:

– своевременно актуализировать коэффициенты спроса и одновременности и несовпадения максимумов [11,12];

– снижение потерь электроэнергии в линиях электропередач и силовых трансформаторах, за счет выявления участков с завышенными потерями электроэнергии [13,14];

– определение источника, ухудшающего качество электроэнергии [15,16];

– определение мест для установки устройств компенсации реактивной мощности [17] и т.д.

Материалы и методы

Построенные кабельные сети и трансформаторные подстанции 0,4/10 кВ по факту оказываются недогруженными [18]. Ассоциация провела исследования загрузки ТП 0,4/10кВ нескольких городов Российской Федерации, рис.1.

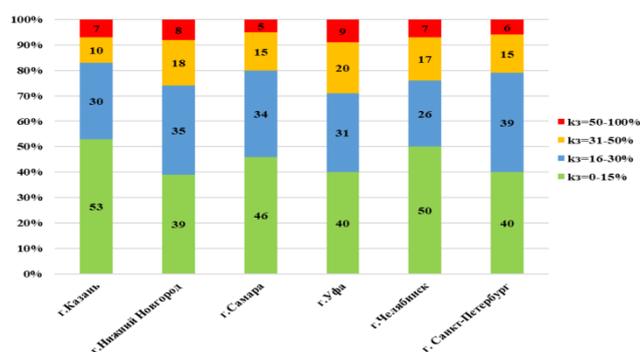


Рис. 1. Количество трансформаторных подстанций 0,4/10 кВ и их коэффициент загрузки
Fig.1. The number of 0.4/10 kV transformer substations and their load factor

Мощность силовых трансформаторов выбирается с учетом 70% суммарной максимальной загрузки в номинальном режиме. По результатам исследований определено, что порядка 75% ТП работают с максимальной загрузкой в течение года

⁵ Приказа Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 17.11.2017 г. № 1550/пр «Об утверждении Требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений»

⁶ Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 06.06.2016 N 399/пр «Об утверждении правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов»

менее 30%, что приводит к увеличению потерь и неэффективному использованию инвестиций [2-6].

С 2012 г. по 2016 г. в стране ежегодный темп прироста конечного потребления электроэнергии 0,3%. Однако введенные в те же годы мощности сетевой инфраструктуры способны покрыть нагрузку потребителей на 86 ГВт. Фактическая неиспользуемая мощность (“запертая”) при этом составила 73,1-75,68 ГВт [19].

Для решения сложившейся ситуации в жилом строительстве РТ Ассоциация по заказу АО «Сетевая компания» выполнила работу, результатом которой стало внесение изменений в 2019 г. в Постановление Кабинета Министров РТ⁷ в части заявленной мощности жилых зданий. В результате застройщики РТ снизили стоимость и сроки строительства электрических сетей для электроснабжения жилых зданий. На ежегодном Татарстанском международном форуме по энергоресурсоэффективности и экологии в 2020г. выполненная работа получила Гран-при в номинации: «Энерго-эффективные технологии и оборудование» - оборудование и технологии, позволяющие при их внедрении снизить эксплуатационные затраты использования топливно-энергетических ресурсов и материалов и (или) уменьшить вредное влияние на окружающую среду в течение жизненного цикла».

В Казанском государственном энергетическом университете 11 февраля 2020 г. состоялось выездное заседание Комитета Государственного Совета РТ по жилищной политике и инфраструктурному развитию на тему: «О мерах по повышению энергоэффективности в сфере ЖКХ. Проблемы и пути совершенствования законодательства, в том числе в части предоставления населению коммунальной услуги по горячему водоснабжению», на котором было рекомендовано Кабинету Министров РТ: «Рассмотреть вопрос внесения изменений в постановление⁵ в части дополнения следующим разделом «Расчет заявленной мощности на технологическое присоединение энергопринимающих устройств общественных зданиях - детские сады, общеобразовательные школы»».

На сегодняшний день подготовлен проект изменений для актуализации электрических нагрузок дошкольных общеобразовательных и среднеобразовательных учреждений. Совокупный ожидаемый экономический эффект для РТ составит более 1 млрд. руб. в год при сохранении объемов строительства.

Экономический эффект от актуализации нормативных значений удельных электрических нагрузок могут получить все регионы страны. Структура потребления электрической энергии, состав жилого фонда в различных регионах страны и годовой душевой расход электроэнергии в быту значительно отличаются, что свидетельствует о необходимости разработки нормативных значений удельных электрических нагрузок с учетом региональных особенностей.

В качестве примера был рассмотрен один из жилых комплексов г. Санкт-Петербурга, со следующими характеристиками: 223 тыс. кв.м. квартир, два детских сада на 440 мест; среднеобразовательная школа на 1375 мест. Замеры максимальной зафиксированной мощности ТП 0,4/10кВ представлены на рис. 2.

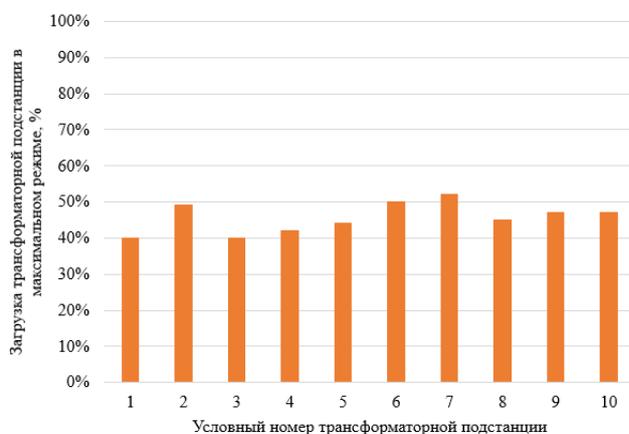


Рис. 2. Максимальная зафиксированная мощность трансформаторных подстанций 0,4/10кВ, установленных в жилом комплексе.

Fig.2. Maximum fixed capacity of 0.4/10 kV transformer substations installed in a residential

⁷ Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 27.12.2013 № 1071 «Об утверждении республиканских нормативов градостроительного проектирования Республики Татарстан»

complex

Рис. 2 демонстрирует малую загрузку ТП даже в часы максимума, которые в жилом секторе длятся 1-2 часа в сутки, что подтверждается типовыми профилями нагрузок многоквартирных домов (МКД), представленными на рис. 3., свидетельствуя об актуальности решаемой проблемы.



Рис. 3 Типовой профиль нагрузки МКД (1- МКД-105кв.; 2 - МКД - 80кв.; 3 - МКД - 248кв.).
 Fig.3. Typical MK load profile (1-MK-105 sq. m.; 2-MKD-80 sq. m.; 3-MK-248 sq. m.)

Сравним расчет электрической нагрузки по методике Ассоциации и полученные технологические условия для двух 12 эт. МКД с электрическими плитами, рис. 4.



а



б

Рис. 4. Многоквартирный дом (а – на 1200 кв., б – 2800 кв.)
 Fig.4. Apartment building (a-1200 sq. m., b-2800 sq. m.)

Результаты расчетов:

– МКД с количеством кв.: 1200 шт.

С использованием методики ассоциации: $P_{ЗМ} = P_{ЗМ.уд} \cdot n_{ЗМ} = 0,81 \cdot 1200 = 972 \text{ кВт}$

Полученные технические условия (ТУ) на 1900кВт

Экономия составит 928кВт

– МКД с количеством кв.: 2 800 шт.

С использованием методики ассоциации: $P_{ЗМ} = P_{ЗМ.уд} \cdot n_{ЗМ} = 0,81 \cdot 2800 = 2\,268 \text{ кВт}$

Полученные ТУ на 4 648кВт

Экономия составит 2 380кВт

Как показывают расчеты, заявленную мощность можно снизить практически в 2 раза, если выполнить актуализацию нормативных значений в части удельных электрических нагрузок.

Результаты

Для определения экономического эффекта от актуализации электрических нагрузок для жилого комплекса г. Санкт-Петербурга был выполнен расчет, результаты которого представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты расчетов			
Наименование	По проекту, выполненному на основании свода правил ¹	По методике Ассоциации	Разница
1. Мощность и стоимость технологического присоединения (ТП)	12 000кВт 10 742 400руб.	6 352 кВт 5 686 310руб.	5 648кВт 5 056 089 руб.
1.1. Мощность и стоимость ТП (жилье)	9 067,12кВт 8 116 885руб.	4 933,41 кВт 4 416 388руб.	4 133,71кВт 3 700 497 руб.
2. Количество и мощность силовых трансформаторов	7хТП, 14хТМ-1600 (22 400кВт) 143 150 000руб.	7хТП, 14хТМ-1000 (14 000кВт) 101 500 000руб.	8 400кВт 41 650 000руб.
3. Кабельные линии (КЛ) 0,4 кВ (сечение и протяженность)	4х185мм ² -12512м 4х240мм ² -46475м 92 775 663руб.	4х185мм ² -8523м 4х240мм ² -31601м 63 102 982руб.	4х185мм ² - 3989м 4х240мм ² - 14874м 29 672 681руб.
3.1. КЛ 10 кВ	Без изменений		
Экономический эффект			76 378 770руб. 223 316 м.кв. жилья

Экономический эффект от актуализации нормативных значений в части электрических нагрузок для рассматриваемого жилого комплекса составит ориентировочно 76 378 770 руб., рис. 5, в том числе за счет:

1. Снижения мощности технологического присоединения – 5648 кВт (5 056 089 руб.)
2. Снижение мощности силовых трансформаторов – 14 000кВт (41 650 000руб.)
3. Уменьшение длины КЛ за счет уменьшения расчетной нагрузки – 18 863 м (29 672 681руб.)

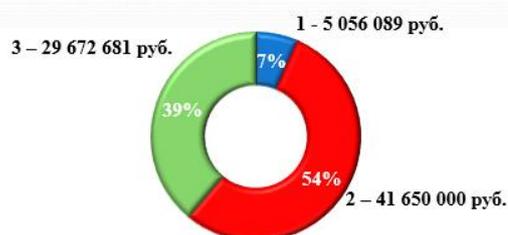


Рис. 5. Экономический эффект от актуализации нормативных значений.

Fig.5. The economic effect of updating the standard values.

Обсуждение

В соответствии с прогнозом социально-экономического развития г. Санкт-Петербурга на период до 2035 года, утвержденным постановлением⁸, среднегодовой объем

⁸ Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 14.02.2017 N 90 (ред. от 20.01.2020) «О прогнозе социально-экономического развития Санкт-Петербурга на период до 2035 года»

ввода жилых домов в период 2020-2024 гг. составит 3 080 тыс.кв.м. На рис. 6 приведен прогноз ввода в эксплуатацию жилья по районам г. Санкт-Петербурга в период 2020-2024 гг. и соответствующий прирост потребления электрической мощности для обеспечения электроснабжения вводимого объема жилья.

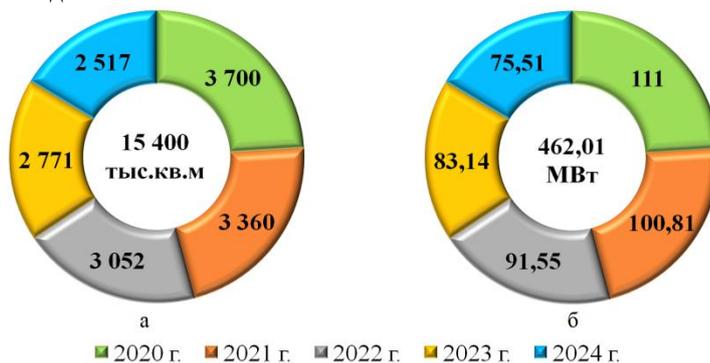


Рис. 6. Прогноз ввода в эксплуатацию жилых домов (а) и потребности в электрической мощности (б) г. Санкт-Петербурга на период 2020-2024 гг.

Fig 6. Forecast of commissioning of residential buildings (a) and demand for electric power (b) in St. Petersburg for the period 2020-2024.

После актуализации нормативных значений удельной электрической нагрузки в г. Санкт-Петербурге возможно снизить потребность в электрической мощности для строительства жилья на 185-231 МВт.

Из отчета ПАО «Ленэнерго» показатель степени загрузки трансформаторной подстанции за 2019 г. составил 24,6%, за 2018 г. - 26,0%. Потери электроэнергии в электрических сетях г. Санкт-Петербурга в 2019г. составили 2 652 млн. кВт*ч (7 183 млн. руб.). Ориентировочное снижение потерь электроэнергии в силовых трансформаторах за счет увеличения загрузки не догруженных может составить 15% (1,1 млрд. руб.) от общего количества потерь электроэнергии.

Выводы

1. Утвержденные в РТ новые нормативные значения удельной электрической нагрузки жилых зданий применяются на практике, и застройщики снизили стоимость и сроки строительства электрических сетей для электроснабжения жилых зданий.

2. Ежегодный ожидаемый экономический эффект при сохранении существующих темпов строительства для г. Санкт-Петербурга от внедрения актуализированных значений удельной расчетной электрической нагрузки составит более 2 млрд. руб. в год с учетом уменьшения потерь электроэнергии.

3. Должен осуществляться мониторинг электрических нагрузок по регионам (группам регионов) и по климатическим зонам с целью своевременной корректировки нормативных значений удельных электрических нагрузок, которая должна проводиться как минимум каждые 5 лет. Этот период позволит своевременно реагировать на разницу между расчетной и фактической электрическими нагрузками потребителей.

4. Для осуществления мониторинга электрической нагрузки создаются все условия, в том числе возможность дистанционного снятия показаний с интеллектуальных электрических счетчиков.

Литература

1. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов. Москва: ИД «ФОРУМ» ИНФРА-М. 2017. 416 с.

2. Надтока И.И., Павлов А.В. Повышение точности расчета электрических нагрузок многоквартирных домов с электроплитами // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2015. №2. С. 45-48.

3. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., и др. Актуализация расчетных электрических нагрузок с последующим практическим применением на примере Республики Татарстан, Промышленная энергетика. 2021. №2. С.32-40.

4. Надтока И.И., Павлов А.В. Расчеты электрических нагрузок жилой части многоквартирных домов с электрическими плитами, основанные на средних нагрузках квартир // Известия вузов. Электромеханика. 2014. №3. С. 36-39.

5. Солюянов Ю.И., Федотов А.И., Солюянов Д.Ю., и др. Актуализация электрических нагрузок многоквартирных жилых домов, Вестник Чувашского университета, 2020. №1. С. 5-15.

6. Надтока И.И., Павлов А.В., Новиков С.И. Проблемы расчета электрических нагрузок коммунально-бытовых потребителей микрорайонов мегаполисов // Известия вузов. Электромеханика. 2013. №1. С. 136-139.

7. Солюянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., и др. Энергосберегающие решения в распределительных электрических сетях на основе анализа их фактических нагрузок, Электроэнергия. Передача и распределение. 2020. № 5 (62). С. 68-73.

8. Массовое домостроение в России: история, критика, перспективы Издание осуществлено по заказу Комитета по архитектуре и градостроительству Москвы (Москомархитектура) Отпечатано в типографии «АВТ Групп» Москва, 2016 248 с.

9. Soluyanov Y.I., Fedotov A.I., Soluyanov D.Y., et al. Experimental research of electrical loads in residential and public buildings. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. V. 860.

10. Soluyanov Y.I., Fedotov A.I., Akhmetshin A.R., Khalturin V.A., Monitoring and updating of specific electric loads of residential and public buildings, Journal of Physics: Conference Series, 2020.V. 1683.

11. Albert A., Rajagopal R. Smart meter driven segmentation: what your consumption says about you // IEEE Trans. Power Syst. 2013.V. 28, iss. 4, 2013, INSPEC Accession Number: 13849579.pp. 4019-4030.

12. Ledva G.S., Mathieu J.L., Separating Feeder Demand into Components Using Substation, Feeder, and Smart Meter Measurements // IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 11, iss. 4, 2020, Accession Number: 19710011, pp.3280-3290 INSPEC

13. Amir-Hamed Mohsenian-Rad, Vincent W. S. Wong, Juri Jatskevich, Robert Schober, Alberto Leon-Garcia, Autonomous demand-side management based on game-theoretic energy consumption scheduling for the future smart grid // IEEE Transactions on Smart Grid. 2013.V. 1, № 3, INSPEC Accession Number: 11655620, pp. 320-331.

14. Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Мероприятия по увеличению пропускной способности линий электропередач в распределительных сетях 10 кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2011. № 5-6. С. 79-85.

15. Paula Carroll, Tadhg Murphy, Michale Hanley, Daniel Dempsey, John Dunne, Household Classification Using Smart Meter Data // Journal of official statistics vol. 2018. V. 34 N.1. pp. 1-25.

16. Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Абдрахманов Р.С. Обеспечение нормативного уровня напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кв с помощью вольтодобавочных трансформаторов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2011. № 9-10. С. 40-45.

17. Зарипова С.Н., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Глубокая компенсация реактивной мощности в распределительных электрических сетях напряжением 0,4-10кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2014. № 1-2. С. 60-66.

18. Антонов Н. В., Евдокимов М. Ю., Чичеров Е. А. Проблемы в оценке региональной дифференциации потребления электроэнергии в бытовом секторе России // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2019. № 4. С. 53–71.

19. Soluyanov Y.I., Fedotov A.I., Ahmetshin A.R., Calculation of electrical loads of residential and public buildings based on actual data, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019. V. 643.

Авторы публикации

Солюянов Юрий Иванович – д-р техн. наук, почетный профессор Казанского государственного энергетического университета, президент Ассоциации «Росэлектромонтаж», председатель совета директоров АО «Татэлектромонтаж».

Ахметшин Азат Ринатович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Энергетическое машиностроение», Казанский государственный энергетический университет, ведущий специалист Ассоциации «Росэлектромонтаж».

Солуянов Владимир Иванович – главный инженер КМУ-2, АО «Татэлектромонтаж».

References

1. Opoleva GN. *Power supply for industrial enterprises and cities*. Moscow: Publishing House FORUM INFRA-M, 2017. 416 p.
2. Nadtoka II, Pavlov AV. Increasing the accuracy of calculating the electrical loads of apartment buildings with electric stoves. *Izvestiya vuzov. North Caucasian region. Technical science*. 2015;2:45-48.
3. Soluyanov YuI, Fedotov AI, Akhmetshin A.R., et al. *Industrial power engineering*. 2021;2:32-40. doi: 10.34831 / EP.2021.15.61.005.
4. Nadtoka II, Pavlov AV. Calculations of electrical loads in the residential part of apartment buildings with electric stoves based on the average loads of apartments. *Izvestiya vuzov. Electromechanics*. 2014;3:36-39.
5. Soluyanov YuI, Fedotov AI, Soluyanov D.Yu, et al. Actualization of electrical loads in apartment buildings. *Bulletin of the Chuvash University*. 2020;1:5-15.
6. Nadtoka I.I., Pavlov AV, Novikov SI. Problems of calculating electrical loads of municipal consumers in micro-districts of megapolises. *Izvestiya vuzov. Electromechanics*. 2013;1:136-139.
7. Soluyanov YI, Fedotov AI, Akhmetshin AR, et al. Energy-saving solutions in distribution electrical networks based on the analysis of their actual loads, *Electricity. Transmission and distribution*, 2020;5(62):68-73.
8. *Mass housing construction in Russia: history, criticism, prospects*. The publication was commissioned by the Committee for Architecture and Urban Planning of Moscow (Moskomarkhitektura) Printed in the printing house «AVT Group» Moscow, 2016 248 p.
9. Soluyanov YI, Fedotov AI, Soluyanov DY, et al. *Experimental research of electrical loads in residential and public buildings*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020;860. doi: 10.1088 / 1757-899X / 860/1/012026.
10. Soluyanov YI, Fedotov AI, Akhmetshin AR, et al. Monitoring and updating of specific electric loads of residential and public buildings. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020;168. doi: 10.1088 / 1742-6596 / 1683/5/052032.
11. Albert A, Rajagopal R. Smart meter driven segmentation: what your consumption says about you. *IEEE Trans. Power Syst*. 2013;28(4). INSPEC Accession Number: 13849579. 2013;28(44019-4030). doi: 10.1109 / TPWRS.2013.2266122.
12. Ledva GS, Mathieu JL. *Separating Feeder Demand into Components Using Substation, Feeder, and Smart Meter Measurements*. *IEEE Transactions on Smart Grid*. 2020;11:4. Accession Number: 19710011, pp.3280-3290 INSPEC. doi: 10.1109 / TSG.2020.2967220.
13. Amir-Hamed Mohsenian-Rad, Vincent WS Wong, Juri Jatskevich. Autonomous demand-side management based on game-theoretic energy consumption scheduling for the future smart grid. *IEEE Transactions on Smart Grid*. 2020;1(3). INSPEC Accession Number: 11655620. 2020;1(3):320-331, doi: 10.1109 / TSG.2010.2089069.
14. Fedotov AI, Akhmetshin AR. Measures to increase the capacity of power lines in distribution networks of 10 Kv. *News of higher educational institutions. Energy problems*. 2011;5-6:79-85.
15. Paula Carroll, Tadhg Murphy, Michale Hanley. Household Classification Using Smart Meter Data. *Journal of official statistics*.2018;34(1):1-25. doi: 10.1515 / jos-2018-0001.
16. Fedotov AI, Akhmetshin AR, Abdrakhmanov RS. Ensuring the standard voltage level in distribution networks of 0.4-10 kV using booster transformers. *Izvestiya vysshikh educational institutions. Energy problems*. 2011;9-10:40-45.
17. Zaripova SN, Chernova NV, Akhmetshin AR. Deep compensation of reactive power in distribution electrical networks with a voltage of 0.4-10 kV. *News of higher educational institutions. Energy problems*. 2014;1-2:60-66.
18. Antonov NV, Evdokimov MYu, Chicherov EA. Problems in assessing regional differentiation of electricity consumption in the household sector of Russia. *Bulletin of the Moscow State Regional University. Series: Natural Sciences*. 2019;4:53–71. doi: 10.18384 / 2310-7189-2019-4-53-71.

19. Soluyanov YI, Fedotov AI, Ahmetshin AR. *Calculation of electrical loads of residential and public buildings based on actual data*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019;643, doi: 10.1088 / 1757-899X / 643/1/012051.

Authors of the publication

Yuri I. Soluyanov – Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia.

Azat R. Akhmetshin – Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia.

Vladimir I. Soluyanov – JSC «Tatelektromontazh», Kazan, Russia.

Получено

04 февраля 2021г.

Отредактировано

11 февраля 2021г.

Принято

19 февраля 2021г.