



## АНАЛИЗ ФАКТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПОМЕЩЕНИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ВСТРОЕННЫХ В ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ

Ю.И. Солуянов<sup>1,2,3</sup>, А.И. Федотов<sup>1,2</sup>, А.Р. Ахметшин<sup>1,2</sup>, В.И. Солуянов<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

<sup>2</sup>Ассоциация «Росэлектромонтаж», г. Москва, Россия

<sup>3</sup>АО «Татэлектромонтаж», г. Казань, Россия

ORCID<sup>4</sup>: <https://orcid.org/0000-0003-4424-7761>, [dr.akhmetshin@ieee.org](mailto:dr.akhmetshin@ieee.org)

ORCID<sup>5</sup>: <https://orcid.org/0000-0002-0004-7509>, [vs@tatem.ru](mailto:vs@tatem.ru)

**Резюме.** ЦЕЛЬ. С помощью данных от интеллектуальных приборов учета электроэнергии проведен анализ профилей электрических нагрузок коммерческих организаций, входящих в состав многоквартирных домов. Выполнено сравнение полученных результатов с их действующими нормативными значениями. Рассмотрены новые значения удельных электрических нагрузок для помещений общественного назначения: аптек, продовольственных и промтоварных магазинов, предприятий общественного питания, офисных помещений. МЕТОДЫ. Получасовые профили нагрузки получены от интеллектуальных приборов учета электроэнергии, установленных непосредственно у исследуемых объектов, передача данных выполнялась автоматизированной системой учета электроэнергии. Интервалы наблюдения составляли несколько десятков дней. Для обработки экспериментально полученных данных применены статистические методы анализа электрических нагрузок. РЕЗУЛЬТАТЫ. В статье описана актуальность темы, представлены профили электрических нагрузок помещений общественного назначения с выделением характерных признаков в отдельности по каждой группе потребителей электроэнергии. Рассмотрены новые удельные расчетные электрические нагрузки, в том числе произведен анализ по сопоставлению с существующими нормативами. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Расчетные значения электрической мощности с целью обеспечения технологического присоединения для помещений общественного назначения, включающих в себя социально-культурные объекты, необходимо актуализировать, так как на сегодняшний день существует значительная разница между фактической и рассчитанной по нормативным документам электрическими нагрузками. Актуализация удельных расчетных электрических нагрузок помещений общественного назначения позволит уменьшить запертую мощность, подходящую на данные объекты, одновременно сократить стоимость технологического присоединения, тем самым повысить рейтинг инвестиционного климата региона.

**Ключевые слова:** интеллектуальные приборы учета; удельные расчетные электрические нагрузки; электрические нагрузки помещений общественного назначения; запертая электрическая мощность; проектирование жилых комплексов.

**Для цитирования:** Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Солуянов В.И. Анализ фактических электрических нагрузок помещений общественного назначения, встроенных в жилые здания. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. Т. 23. № 6. С. 137-147. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-6-137-147.

## ANALYSIS OF ACTUAL ELECTRIC LOADS PUBLIC PREMISES, BUILT IN RESIDENTIAL BUILDINGS

Yu.I. Soluyanov<sup>1,2,3</sup>, A.I. Fedotov<sup>1,2</sup>, A.R. Akhmetshin<sup>1,2</sup>, V.I. Soluyanov<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

<sup>2</sup>Association «Roselectromontazh», Moscow, Russia

<sup>3</sup>JSC «Tatelectromontazh», Kazan, Russia

ORCID<sup>4</sup>: <https://orcid.org/0000-0003-4424-7761>, [dr.akhmetshin@ieee.org](mailto:dr.akhmetshin@ieee.org)

ORCID<sup>5</sup>: <https://orcid.org/0000-0002-0004-7509>, [vs@tatem.ru](mailto:vs@tatem.ru)

**Abstract:** THE PURPOSE. With the help of data from smart electricity meters, an analysis of the profiles of electrical loads of commercial organizations that are part of apartment

buildings was carried out. The results obtained are compared with their current standard values. New values of specific electrical loads for public premises are considered: pharmacies, grocery and manufactured goods stores, catering establishments, office premises. **METHODS.** Half-hour load profiles were obtained from intelligent electricity metering devices installed directly at the objects under study, data transmission was carried out by an automated electricity metering system. The observation intervals were several tens of days. To process the experimentally obtained data, statistical methods for the analysis of electrical loads were used. **RESULTS.** The article describes the relevance of the topic, presents the profiles of electrical loads of public premises with the highlighting of characteristic features separately for each group of electricity consumers. New specific design electrical loads are considered, including an analysis in comparison with existing standards. **CONCLUSION.** The calculated values of electrical power in order to ensure technological connection for public premises, including social and cultural facilities, must be updated, since today there is a significant difference between the actual and calculated according to regulatory documents electrical loads. Updating the specific design electrical loads of public premises will reduce the locked capacity of these facilities, at the same time reduce the cost of technological connection, thereby increasing the rating of the investment climate in the region.

**Keywords:** smart meters; specific design electrical loads; electrical loads of public premises; locked electrical power; design of residential complexes.

**For citation:** Soluyanov YuI, Fedotov AI, Akhmetshin AR, Soluyanov VI. Analysis of the actual electrical loads of public premises embedded in residential buildings. *Power engineering: research, equipment, technology.* 2021;23(6):137-147. doi: 10.30724 / 1998-9903-2021-23-6-137-147.

### Введение

Важным направлением деятельности в области энерго- и ресурсосбережения является работа по совершенствованию соответствующей нормативной базы, что также соответствует поручению Президента Российской Федерации<sup>1</sup> (РФ). В частности, на сегодняшний день ведётся разработка новых нормативов для удельных электрических нагрузок жилых и общественных зданий на основе значений их реальных нагрузок [1,2]. Она базируется на возможности использования показаний, полученных от интеллектуальных счётчиков электроэнергии [3,4]. Ассоциация «Росэлектромонтаж» (далее Ассоциация) принимает в этой работе непосредственное участие.

Положительный опыт Ассоциации в актуализации нормативных значений удельных электрических нагрузок<sup>2</sup> для Республики Татарстан (РТ) [5,6], г. Москвы и Московской области в целях его распространения на все регионы РФ был поддержан заместителем Председателя Правительства РФ М.Ш. Хуснуллиным, Министром строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ И.Э. Файзуллиным.

Сегодняшние жилые комплексы невозможно представить не только без дошкольных образовательных (ДОУ) и среднеобразовательных учреждений (СОШ), но также без магазинов, аптек, предприятий общественного питания, офисных помещений и т.д. [7,8], которые в большей части располагаются в помещениях общественного назначения, встроенных (встроенно-пристроенных)<sup>3</sup> (ПОН) в многоквартирные жилые дома (МКД) на первых двух этажах. Наличие внутри жилого комплекса ПОН повышает комфортность проживания граждан.

Проведенные исследования Ассоциацией в РТ [1, 2, 5] показали, что необходимо актуализировать существующие нормативные документы<sup>2</sup> для определения расчетной электрической нагрузки ПОН. Устаревшие нормативные документы<sup>2</sup> не отражают действительные электрические нагрузки, так как не учитывают изменения как количественного состава, так и электропотребление современных электроприборов.

За последнее десятилетие электропотребление бытовыми приборами за счет использования новых технологий изменилось в сторону уменьшения [9-11].

С 2023 г. показатели удельного расхода энергии на общедомовые нужды в МКД могут быть снижены на 40%<sup>4</sup>, а с 2028 г. на 50%<sup>4</sup>. Анализ возводимых жилых зданий г. Москвы за период с 2013 г. по 2020 г. показал динамику к увеличению количества

<sup>1</sup> Поручение Президента РФ от 25 мая 2020 г. № Пр-843 «О предложениях по оптимизации нормативных требований»

<sup>2</sup> СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа»

<sup>3</sup> СП 54.13330.2016 «Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003»

<sup>4</sup> Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 17.11.2017 г. № 1550/пр «Об утверждении Требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений».

вводимых жилых домов с классом энергоэффективности<sup>5</sup> А и В, что подразумевает снижение фактической мощности жилых зданий и в будущем [2, 9].

Отсутствие адекватных нормативных документов привело к снижению загрузки трансформаторов, образованию «запертой мощности» и увеличению в них относительных потерь [1, 12-14]. Свой вклад в образование «запертой мощности» вносят и объекты социального, культурного и бытового назначения. Как показывают расчеты [15], электропотребление ПОН может составлять от 10 до 68% общего электропотребления МКД. Доля «запертой мощности» растет одновременно с объектами социального, культурного и бытового назначения, расположенными в ПОН. Данная ситуация не устраивает ни строительных, ни сетевые компании. В связи с этим по заданию АО «Сетевая компания» РТ Ассоциацией была выполнена научно-исследовательская работа в части рассмотрения возможности по актуализации удельных электрических нагрузок ПОН.

Выполнение работы по актуализации удельных электрических нагрузок встроенных в жилые здания ПОН в дополнении к снижению стоимости строительства и потерь электроэнергии также соответствует целям и задачам Государственной программы «Развитие энергетики»<sup>6</sup>, Энергетической стратегии<sup>7</sup>, в том числе повысит качество предоставления государственных услуг (присоединение к электрическим сетям), что приведет к повышению рейтинга инвестиционного климата региона<sup>8</sup>.

#### **Состояние нормативно-правовой базы**

Проблема, связанная с разницей между реальными и расчетными значениями электрической нагрузки, освещалась неоднократно в зарубежной и отечественной литературе [2, 8, 16-19]. Нередко в Ассоциацию поступали предложения по актуализации удельных электрических нагрузок от региональных застройщиков и сетевых организаций.

Объекты социальной, культурной и бытовой сферы в РТ занимают 11,8% в структуре электропотребления РТ<sup>9</sup>. Как правило, большая часть из них располагается в ПОН, встроенных (встроенно-пристроенных) в жилые дома<sup>10</sup>. В современных условиях, когда разрыв между фактическими и расчетными значениями электрической нагрузки увеличивается ввиду того, что нормативные значения<sup>11</sup> устарели, а электрические приборы становятся более энергоэффективными [20-23], актуальной задачей является корректировка нормативных документов в части расчетных удельных электрических нагрузок ПОН, встроенных в жилые здания, с обязательным пересмотром с периодичностью в 6-7 лет для своевременного снижения затрат при строительстве и эксплуатации электрических сетей [1, 2, 5].

Расчет электрических нагрузок общественных зданий допускается выполнять по укрупненным удельным электрическим нагрузкам [7, 9, 16, 24], приведенным в строительном своде правил<sup>11</sup> в таблице 7.14. «Укрупненные удельные электрические нагрузки». Также в строительном своде правил<sup>11</sup> существует возможность пересмотра расчетных данных, приведенных в таблице, которые могут корректироваться для конкретного применения с учетом местных условий. При наличии документированных и утвержденных в установленном порядке экспериментальных данных расчет нагрузок следует рассчитывать по ним.

Решению задачи по актуализации электрических нагрузок ПОН способствует цифровая трансформация в энергетике [25, 26], в частности переход на использование интеллектуальных счетчиков электроэнергии в совокупности с автоматизированной информационно-измерительной системой [27, 28]. Применение интеллектуальных систем учета электроэнергии позволяет выполнять расчеты по прогнозированию электрических нагрузок [11, 18, 23, 29, 30], осуществлять мониторинг качества электроэнергии [31, 32], выявлять неисправности электрооборудования, выявлять хищение электроэнергии [33] и т.д.

В рамках закона<sup>12</sup> введено понятие «интеллектуальной системы учета электрической энергии (мощности)», а также регламентируются правила организации учета электроэнергии на розничных рынках и в целях оказания коммунальных услуг по электроснабжению.

<sup>5</sup> Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 06.06.2016 № 399/пр «Об утверждении правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».

<sup>6</sup> Государственная программа РФ «Развитие энергетики» в редакции от 31.07.2021 г. № 1294.

<sup>7</sup> Энергетическая стратегия РФ на период до 2035 года от 9 июня 2020 г. № 1523 р.

<sup>8</sup> Национальный рейтинг состояния инвестиционного климата в субъектах РФ.

<sup>9</sup> Закона РТ от 06.08.2019 № 62-ЗРТ «О внесении изменения в Закон Республики Татарстан «Об утверждении Стратегии развития топливно-энергетического комплекса Республики Татарстан на период до 2030 года».

<sup>10</sup> СП 54.13330.2016 «Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003».

<sup>11</sup> СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа».

<sup>12</sup> 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»

Внедрение осуществляется в 4 этапа: 1 июля 2020 года – обслуживание и установка приборов учета становятся обязанностью сетевых / сбытовых компаний; 1 января 2021 года – новое строительство многоквартирного дома должно быть оснащено приборами учета, обеспечивающими возможность их включения к интеллектуальным системам учета электроэнергии; 1 января 2022 года – все приборы учета должны соответствовать минимальному функционалу<sup>13</sup>; 1 января 2023 года – потребители электрической энергии могут потребовать выплаты штрафа сетевыми / сбытовыми организациями потребителям, у которых не имеется удаленный доступ к минимальному набору функций интеллектуального учета.

#### Экспериментальные исследования электрических нагрузок ПОН

Анализ электрических нагрузок ПОН выполнен на основе предоставленных АО «Сетевая компания» получасовых профилей электрической нагрузки объектов социального, культурного и бытового назначения городов Казани и Бугульмы. Формирование профилей электрической мощности выполнялось счетчиками электрической энергии марки «Меркурий» и передавалось посредством информационно-измерительной системы «Пирамида», которая представляет собой территориально распределенную, многоуровневую систему. На её нижнем уровне расположены интеллектуальные счетчики электроэнергии, второй уровень занимают устройства сбора и передачи данных, к третьему уровню относятся серверы сбора, укомплектованные устройствами связи. На основе полученных данных в течение 2020 года выполнен сравнительный анализ профилей электрической нагрузки различных организаций, арендующих ПОН, как по характеру изменения, так и по величине максимальной нагрузки. На рисунке 1а представлено несколько профилей удельной электрической нагрузки аптек, снятых 14.09.20 г., на рисунке 1б – максимально зафиксированные удельные значения электрической нагрузки 15 аптек за 2020 г. В режимы нерабочих часов электрические нагрузки снижаются в 2-6 раз, рисунок 1а.

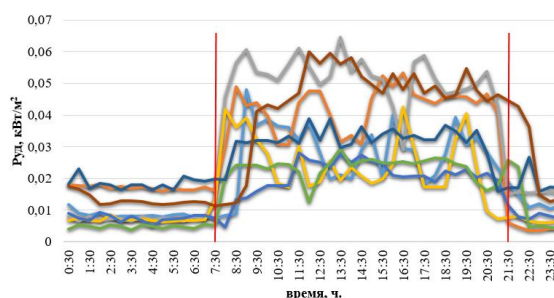


Рис. 1. Электрическая нагрузка аптек г. Казани и г. Бугульмы. а – получасовой профиль электрической нагрузки аптек, снятый 14.09.20 г.

Fig. 1 Electrical load of pharmacies in Kazan and Bugulma. a - half-hour profile of the electrical load of pharmacies taken on 14.09.20.

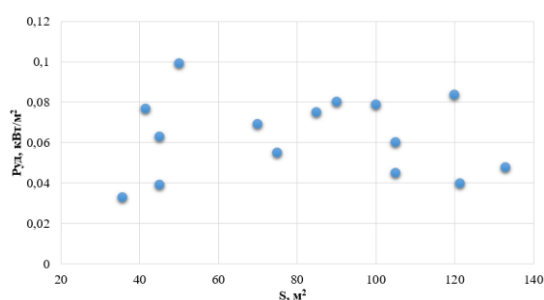


Рис.1.б – максимально зафиксированные значения электрической нагрузки аптек в течение 2020 г.

Fig.1.b - the maximum values of the infected electric charge of pharmacies during 2020.

Рисунок 1б иллюстрирует значительный разброс значений максимальной измеренной удельной нагрузки для небольших помещений, площадь которых не превышает 50 м<sup>2</sup>. Несколько меньший разброс наблюдается для аптек большей площади. Уровень электрической нагрузки разный, что свидетельствует о разнородности

<sup>13</sup> Постановление Правительства Российской Федерации от 19.06.2020 N 890 (ред. от 29.10.2021) «О порядке предоставления доступа к минимальному набору функций интеллектуальных систем учета электрической энергии (мощности)» (вместе с «Правилами предоставления доступа к минимальному набору функций интеллектуальных систем учета электрической энергии (мощности)»).

используемых электроприборов. Важно отметить, что аптеки отсутствуют в нормативных документах, которые составлялись в период времени, когда аптек было на порядок меньше.

Максимальные зафиксированные значения удельной электрической нагрузки для всей выборки не превышают  $0,099 \text{ кВт/м}^2$ , рисунок 16, а для 94% выборки -  $0,082 \text{ кВт/м}^2$ . Для визуальной оценки величины и характеры разброса данных была построена гистограмма частот распределения [34, 35] удельных значений электрической нагрузки аптек, представленная на рисунке 2.

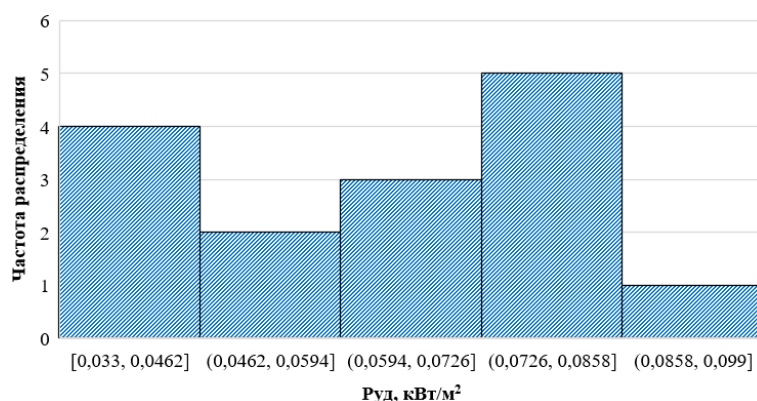


Рис. 2. Гистограмма распределения частот удельных значений электрической нагрузки аптек.

Fig. 2. Histogram of the distribution of frequencies of specific values of the electrical charge of pharmacies.

Результаты, представленные на рисунке 2, указывают на то, что чаще всего наблюдается удельная электрическая нагрузка от  $0,0726$  до  $0,0858 \text{ кВт/м}^2$ . С целью исключения аварийных ситуаций рассматривается возможность принять значения удельной электрической нагрузки по максимально зафиксированному значению –  $0,1 \text{ кВт/м}^2$ .

На рисунке 3а представлены удельные профили электрической нагрузки магазинов, снятые 14.09.20 г., на рисунке 3б - максимально зафиксированные удельные значения электрической нагрузки 33 магазинов (10 - промтоварных и 23 - продовольственных магазинов) за 2020 г.

Представленные получасовые профили электрической нагрузки на рисунке 3а демонстрируют характерный график изменения, связанный с временем работы магазинов. Так как оснащённость электроприборами в магазинах разная, величина профиля электрической нагрузки отличается. Необходимо отметить, что разница между максимальным и минимальным режимами электропотребления не более 2 раз, свидетельствует о постоянно работающих электроприборах.

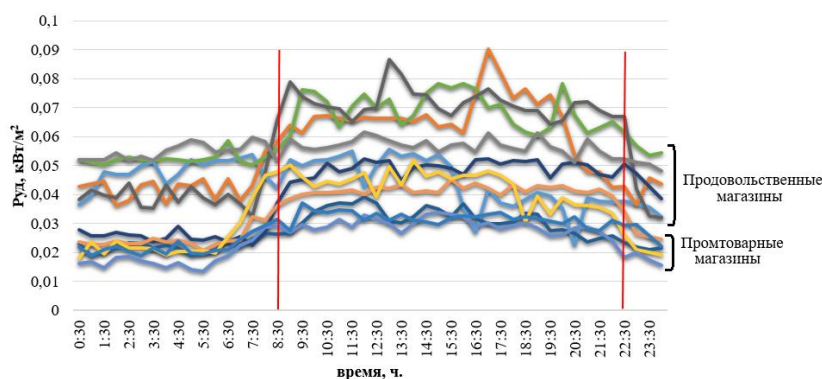


Рис. 3 Электрическая нагрузка магазинов г. Казани и г. Бугульмы. а — получасовой профиль электрической нагрузки магазинов, снятый 14.09.20 г.

Fig 3 Electrical load of shops in Kazan and Bugulma. а - half-hour profile of the electrical load of stores, taken on 14.09.20.

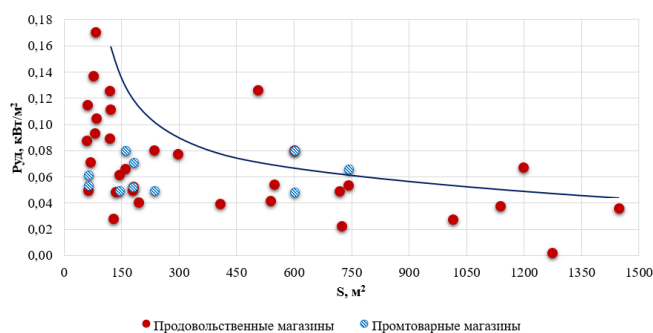


Рис 3 б – максимально зафиксированные значения электрической нагрузки магазинов в течение 2020 г.

Fig 3 b - the maximum recorded values of the electrical load of stores during 2020.

Максимальное удельное значение электрической нагрузки, зафиксированное за весь период наблюдения, составило  $0,17 \text{ кВт/м}^2$ , а для 97% выборки не превышает  $0,14 \text{ кВт/м}^2$ , рисунок 3б. Также наблюдается зависимость удельного значения электрической нагрузки от площади (чем больше площадь, тем меньше удельное значение электрической нагрузки). Гистограмма частоты распределения магазинов представлена на рисунке 4.

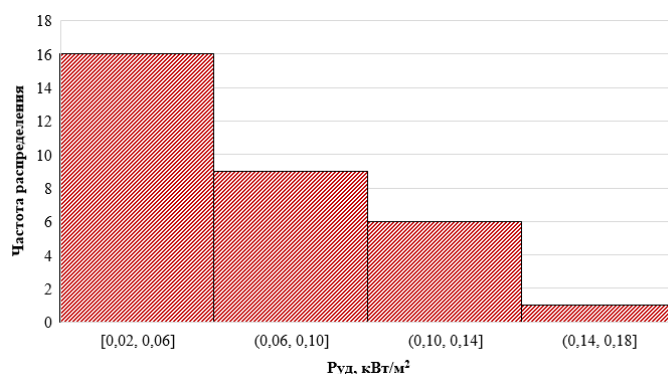


Рис. 4. Гистограмма частоты распределения удельных значений электрической нагрузки магазинов.

Fig. 4. Histogram of the distribution frequency of the specific values of the electrical load of stores.

Наиболее часто наблюдается удельная электрическая нагрузка до  $0,06 \text{ кВт/м}^2$ , рисунок 4. Максимальное значение удельной электрической нагрузки  $0,17 \text{ кВт/м}^2$  считаем выбросом, а в качестве нового нормативного значения удельной электрической нагрузки рассматривается возможность принять  $0,14 \text{ кВт/м}^2$  для продовольственных и  $0,08 \text{ кВт/м}^2$  для промтоварных магазинов.

На рисунке 5а представлено несколько удельных профилей электрической нагрузки предприятий общественного питания, снятых 14.09.20 г., на рисунке 5б - максимально зафиксированные удельные значения электрической нагрузки 14 предприятий общественного питания за 2020 г.

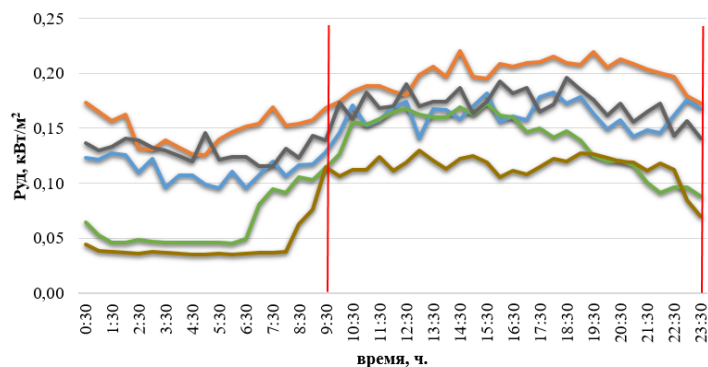
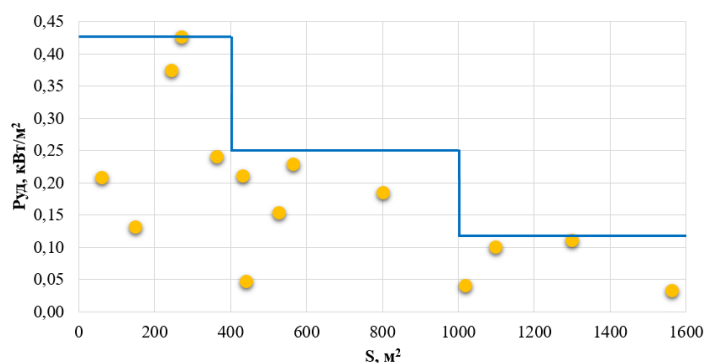


Рис. 5. Электрическая нагрузка предприятий общественного питания г. Казани и г. Бугульмы. а – получасовой профиль электрической нагрузки предприятий общественного питания, снятый 14.09.20 г.

Fig. 5. Electrical load of public catering establishments in Kazan and Bugulma. а - half-hour profile of the electrical load of public catering establishments, taken on 14.09.20.



б – максимально зафиксированные значения электрической нагрузки предприятий общественного питания в течение 2020 г.

*b - the maximum recorded values of the electrical load of public catering establishments during 2020.*

Получасовые профили электрической нагрузки предприятий общественного питания, представленные на рисунке 5а, демонстрируют характерный график изменения, связанного с временем работы предприятия общественного питания. Разница между максимальным и минимальным режимами электропотребления более 2 раз, свидетельствует о том, что электроприборы предприятия общественного питания используют только в часы работы этих организаций.

Максимальное удельное значение электрической нагрузки, зафиксированное за весь период наблюдения, составило 0,43 кВт/м<sup>2</sup>, а для 80% выборки не превышает 0,25 кВт/м<sup>2</sup>, рисунок 5б. Также как и для магазинов (рисунок 3б) наблюдается зависимость удельного значения электрической нагрузки от площади. Гистограмма частоты распределения нагрузки представлена на рисунке 6.

Рассмотрев гистограмму частоты распределения удельных значений электрической нагрузки предприятий общественного питания, рисунок 6, можно сделать вывод, что чаще всего фиксируется удельная электрическая нагрузка до 0,22 кВт/м<sup>2</sup>. Предлагается рассмотреть введение нового нормативного значения удельной электрической нагрузки для предприятий общественного питания до 400 м<sup>2</sup> – 0,43 кВт/м<sup>2</sup>; от 400 до 1000 м<sup>2</sup> – 0,25 кВт/м<sup>2</sup>; свыше 1000 м<sup>2</sup> – 0,11 кВт/м<sup>2</sup>, рисунок 5б.

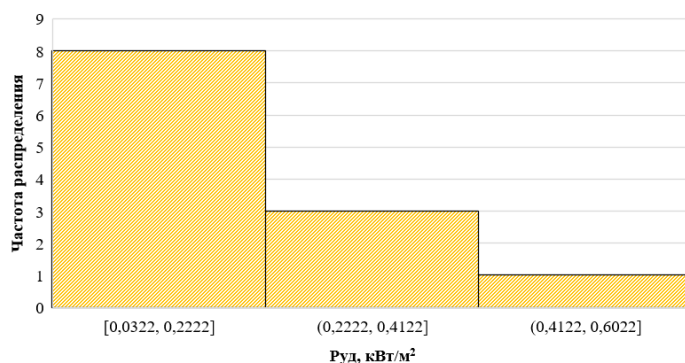


Рис. 6. Гистограмма частоты распределения удельных значений электрической нагрузки предприятий общественного питания.

*Fig. 6. Histogram of the distribution frequency of the specific values of the electrical load of the public catering establishments.*

На рисунке 7 а представлены удельные профили электрической нагрузки офисных помещений, снятые 14.09.20 г., на рисунке 7 б - максимально зафиксированные удельные значения электрической нагрузки 29 офисных помещений за 2020 г.

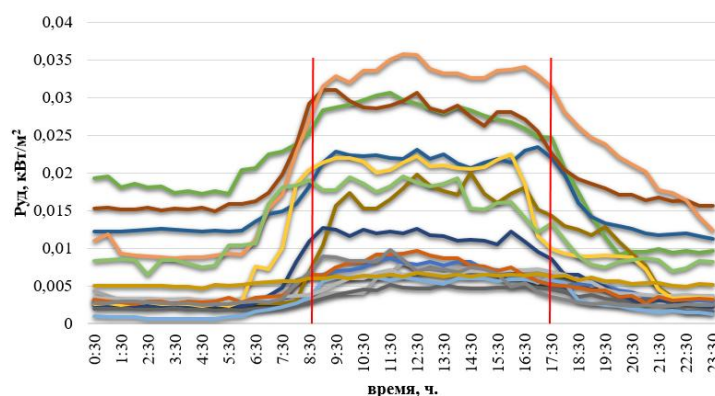
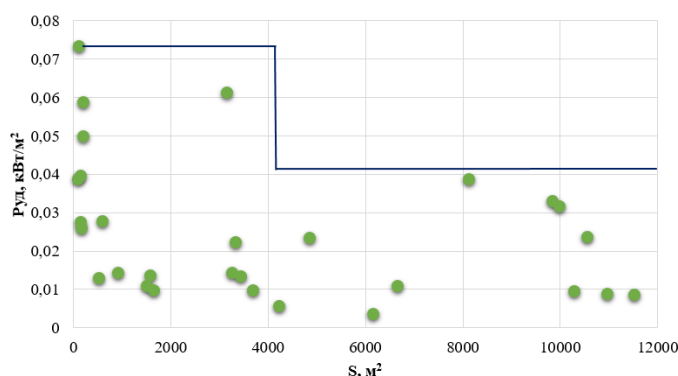


Рис. 7. Электрическая нагрузка офисных помещений г. Казани и г. Бугульмы а – получасовой профиль электрической нагрузки офисных помещений, снятый 14.09.20 г.

Fig. 7. Electrical load of office premises in Kazan and Bugulma a - half-hour profile of the electrical load of office premises, taken on 14.09.20.



б – максимально зафиксированные значения электрической нагрузки офисных помещений в течение 2020 г.

b - the maximum recorded values of the electrical load of office premises during 2020.

Представленные получасовые профили электрической нагрузки на рисунке 7а иллюстрируют характерный график изменения, связанный с временем работы офисных помещений. Разумеется, что в нерабочее время нагрузка снижается в разы, так как практически отсутствуют включенные электроприемники. Максимальное удельное значение электрической нагрузки, зафиксированное за весь период наблюдения офисных помещений, составило 0,073 кВт/м<sup>2</sup>, что выше нормативных значений на 70% для офисных помещений без кондиционирования воздуха и на 35% с кондиционированием воздуха для помещений до 4000 м<sup>2</sup>, рисунок 7б. Данный факт объясняется тем, что устаревшие нормативные документы<sup>14</sup> не учитывали применения широкого спектра электроники для работы в офисных помещениях. Наблюдается зависимость электрической нагрузки от площади помещений офисов, рисунок 7б. В качестве нормативных значений рассматривается возможность введения 0,073 кВт/м<sup>2</sup> для офисных помещений до 4000 м<sup>2</sup> и 0,04 кВт/м<sup>2</sup> для офисных помещений свыше 4000 м<sup>2</sup>. Гистограмма частоты распределения офисных помещений представлена на рисунке 8.

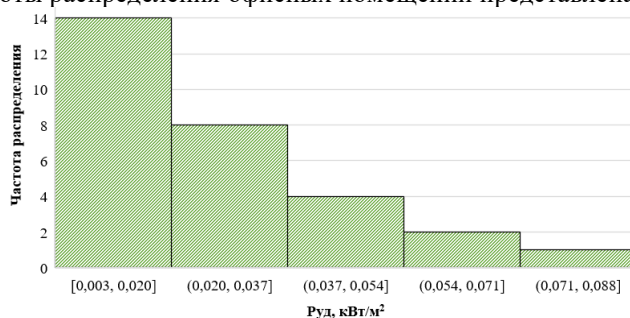


Рис. 8. Гистограмма частоты распределения удельных значений электрической нагрузки офисных помещений.

Fig. 8. Histogram of the distribution frequency of the specific values of the electrical load of office premises.

Удельная электрическая нагрузка до 0,02 кВт/м<sup>2</sup> была зафиксирована у большинства офисных помещений, рисунок 8.

### Результаты

Анализ максимальных значений удельных электрических нагрузок показал, что существует значительная разница между реальными и расчетными нагрузками, записанными в строительном своде правил<sup>14</sup>. В таблице 1 приведены значения удельных электрических нагрузок, полученные при анализе максимально зафиксированных электрических нагрузок ПОН. На рисунке 9 представлена разница стоимости технологического присоединения по максимальной мощности в перерасчете на 1 м<sup>2</sup> между проанализированными и действующими нормативными значениями<sup>14</sup>.

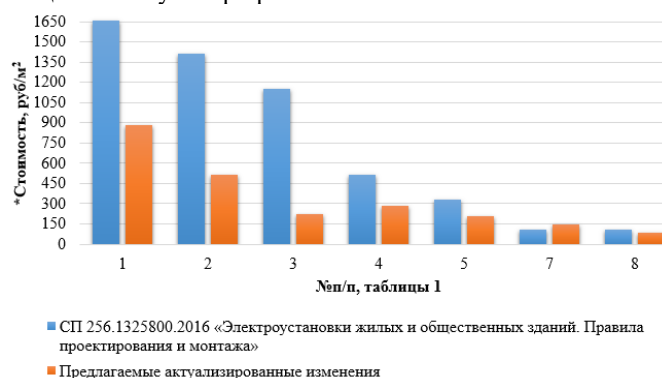
Таблица 1

Предлагаемые изменения в таблицу 7.14<sup>14</sup> «Укрупненные удельные электрические нагрузки»

№ п/п	Характеристика здания	Единица измерения	Удельная нагрузка <sup>14</sup>	Предлагаемые изменения
Предприятия общественного питания				
Частично электрифицированные (с плитами на газообразном топливе) с числом посадочных мест:				
1.	до 400	кВт/м <sup>2</sup> общей площади*	0,81	0,43*
2.	св. 400 до 1000	кВт/м <sup>2</sup> общей площади*	0,69	0,25*
3.	св. 1000	кВт/м <sup>2</sup> общей площади*	0,56	0,11*
Продовольственные магазины				
4.	Без и с* кондиционированием воздуха	кВт/м <sup>2</sup> торгового зала	0,23 и 0,25	0,14*
Промтоварные магазины				
5.	Без и с* кондиционированием воздуха	кВт/м <sup>2</sup> торгового зала	0,14 и 0,16	0,08*
Аптеки*				
6.	Без и с кондиционированием воздуха*	кВт/м <sup>2</sup> торгового зала*	-	0,1*
Здания или помещения учреждений управления, проектных и конструкторских организаций, включая офисные помещения*				
7.	Без и с* кондиционированием воздуха до 4 000 м <sup>2</sup> *	кВт/м <sup>2</sup> общей площади	0,043 и 0,054	0,073*
8.	Без и с* кондиционированием воздуха свыше 4 000 м <sup>2</sup> *	кВт/м <sup>2</sup> общей площади	0,043 и 0,054	0,04*

\*предлагаемые изменения в нормативный документ

Стоимость технологического присоединения по максимальной мощности была определена с помощью калькулятора расчета стоимости АО «Сетевая компания»<sup>15</sup>.



\*Ориентировочная стоимость договора технологического присоединения по максимальной мощности. Для предприятий общественного питания: 1 посадочное место было приравнено к 1 м<sup>2</sup> общей площади. Так как аптеки были введены впервые, экономическое сравнение по ним не проводилось.

Рис. 9. Стоимость технологического присоединения, руб/м<sup>2</sup> Fig. 9. Cost of technological connection, rub/m<sup>2</sup>.

Рисунок 9 демонстрирует экономическую эффективность актуализации электрических нагрузок объектов социально-культурного назначения: аптек, продовольственных магазинов, предприятий общественного питания и офисных помещений с площадью свыше 4000 м<sup>2</sup>.

<sup>14</sup> СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа».

<sup>15</sup> <https://gridcom-rt.ru/potrebityam/tekhnologicheskoe-prisoedinenie/kalkulyator-rascheta-stoimosti/>.

### Обсуждение

Размещая организации внутри жилых домов с целью повышения комфортности проживания населения, необходимо учитывать следующее: размещать их следует в специально спроектированных и построенных нежилых помещениях. Размещение коммерческих организаций в квартирах, расположенных на первых этажах МКД, в настоящее время в городах РТ нежелательно [15].

Научно-исследовательская работа, проводимая Ассоциацией [1, 2, 5, 9], свидетельствует о значительном расхождении реальных и расчетных значений, представленных в нормативных документах. Проведение такого рода научных исследований целесообразно и по спортивным комплексам, медицинским учреждениям, индивидуальным домам и т.д. с целью снижения запертой мощности и затрат на строительство и эксплуатацию.

Постоянно повышающийся класс энергопотребления приборов - это современный тренд [20], позволяющий сделать вывод о необходимости работы по актуализации нормативных удельных электрических значений, которая должна проводиться на постоянной основе с периодическим пересмотром нормативных документов раз в 5 лет [2, 9]. Помощь в решении данной задачи окажет повсеместное внедрение интеллектуальных приборов учета электроэнергии<sup>16</sup>.

### Выводы

1. Неотъемлемой частью большинства МКД является ПОН, включающие в себя объекты социально-культурного назначения. Расчет электрической мощности с целью обеспечения технологического присоединения для данных объектов необходимо актуализировать, так как на сегодняшний день существует значительная разница между фактической и расчетной электрическими нагрузками.

2. Актуализация удельных расчетных электрических нагрузок ПОН позволит уменьшить запертую мощность, приходящуюся на данные объекты, и одновременно сократить стоимость технологического присоединения, тем самым повысить рейтинг инвестиционного климата региона.

3. От времени работы ПОН зависит получасовой график электрических нагрузок и имеют одинаковую закономерность изменения по времени, напротив величина электрической нагрузки сильно отличается в зависимости от вида потребителей.

4. В связи с появлением новых потребителей, расположенных в ПОН МКД, таких как многофункциональные центры, бассейны, тренажерные клубы, станции сотовой связи, зарядные станции для автомобилей и т.д. следует продолжить исследования с целью корректировки нормативных документов.

5. Учитывая непрерывный процесс в совершенствовании электроэффективности электроприборов, важным является обеспечение мониторинга электрических нагрузок с целью своевременной актуализации нормативных документов.

### Литература

1. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Галицкий Ю.Я., и др. Актуализация нормативных значений удельной электрической нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан // Электричество. 2021. № 6. С. 62–71.
2. 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. №1(23). С. 156-166.
3. Proedrou A. Comprehensive review of residential electricity load profile models // IEEE Access. 2021. V. 9. pp. 12114 – 12133.
4. Mansoor H., Rauf H., Mubashar M., et al. Past vector similarity for short term electrical load forecasting at the individual household level // IEEE Access. 2021. V. 9. pp. 42771-42785.
5. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., и др. Актуализация удельных электрических нагрузок дошкольных образовательных и общеобразовательных учреждений // Вестник Чувашского университета. 2021. №1. С. 134-145.
6. 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. Article number 012051.
7. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов. Москва: ИД «ФОРУМ» ИНФРА-М, 2017. 416 с.

<sup>16</sup> 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»

8. 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.
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. The International Conference on Advances in Energy Industry and Power Generation (AdvEnGen-2020). 2020. V. 860. Article number 012026.
10. 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.
11. Ashok K., Li D., Divan D., et al. Distribution transformer health monitoring using smart meter data // IEEE Power and Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference. 2020. Article number 9087641.
12. Carroll P., Murphy T., Hanley M., et al. Household classification using smart meter data // Journal of official statistics. 2018. V. 34. N1. pp. 1-25.
13. Воропай Н.И., Стычински З.А., Козлова Е.В., и др. Оптимизация суточных графиков нагрузки активных потребителей // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2014. № 1. С. 84-90.
14. Гальперова Е.В., Мазурова О.В. Долгосрочное прогнозирование спроса на электроэнергию в условиях неопределенности социально-экономического развития страны и конъюнктуры региональных энергетических рынков // Электроэнергия. Передача и распределение. 2020. № 3(60). С. 41-45.
15. Солуянов Ю.И., Ахметшин А.Р., Солуянов В.И. Актуализация удельных электрических нагрузок помещений общественного назначения, встроенных в жилые здания // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. №3(23). С. 47-57.
16. 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.
17. Albert A., Rajagopal R. Smart meter driven segmentation: what your consumption says about you // IEEE Transactions on Power Systems. 2013. V. 28. Iss. 4. pp. 4019-4030.
18. Mai W., Chung C.Y., Wu T., et al. Electric load forecasting for large office building based on radial basis function neural network // IEEE Power and Energy Society General Meeting. 2014. article number 6939378.
19. Cembranel S.S., Lezama F., Soares J., et al. A short review on data mining techniques for electricity customers characterization // 2019 IEEE PES GTD Grand International Conference and Exposition Asia. 2019. pp. 194-199.
20. Жилкина Ю.В. Концепции интернета вещей как способ мотивации к энергосбережению // Электрические станции. 2020. № 2. С. 23-26.
21. Воропай Н.И., Ретанц К., Хэгер У., и др. Разработка инновационных технологий и средств для оценки и повышения гибкости современных энергосистем // Электроэнергия. Передача и распределение. 2021. № 1(64). С. 52-63.
22. 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.
23. Ledva G.S., Mathieu J.L. Separating feeder demand into components using substation, feeder, and smart meter measurements // IEEE Transactions on Smart Grid. 2020. V. 11. Iss. 4. pp.3280-3290.
24. Герасимов Д.О., Суслов К.В., Уколова Е.В. Принципы построения модели энергетического хаба // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11. № 3(43). С. 3-12.
25. Майоров А.В. Развитие системы оперативно-технологического управления электросетевым комплексом в рамках концепции цифровой трансформации 2030 // Электроэнергия. Передача и распределение. 2019. № 2(13). С. 2-7.
26. Yao D., Wen M., Liang X., et al. Energy theft detection with energy privacy preservation in the smart grid // IEEE Internet of Things Journal. 2019. V. 6. Iss. 5. pp. 7659-7669.
27. Melhem F.Y., Grunder O., Hammoudan Z., et al. Energy management in electrical smart grid environment using robust optimization algorithm // IEEE Transactions on Industry Applications. 2018. V. 54. Iss. 3. pp. 2714-2726.
28. Lin W., Wu D., Boulet B. Spatialoral residential short-term load forecasting via graph neural networks // IEEE Transactions on Smart Grid. 2021. V. 12. pp. 5373-53841.

29. Лоскутов А.Б., Лоскутов А.А., Зырин Д.В. Разработка и исследование гибкой интеллектуальной электрической сети среднего напряжения, основанной на гексагональной структуре // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2016. №3(114). С. 85–94.

30. Илюшин П.В. Особенности учета параметров нагрузки при анализе переходных процессов в сетях с объектами распределенной генерации // Электроэнергия. Передача и распределение. 2018. №6(51). С. 54-61.

31. Федотов А.И., Абдрахманов Р.С., Ахметшин А.Р. Обеспечение нормативного уровня напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ с помощью вольтодобавочных трансформаторов // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2011. № 09-10. С. 40-45.

32. Latifi M., Sabzehgar R., Rasouli M. Reactive power compensation using plugged-in electric vehicles for an AC power grid // IECON 2018 - 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. 2018. pp. 4986-4991.

33. Peng Y., Yang Y., Xu Y., et al. Electricity theft detection in AMI based on clustering and local outlier factor // IEEE Access. 2021. V. 9. pp. 107250 – 107259.

34. James G., Witten D., Hastie T., et al. An introduction to statistical learning with Applications in R. 2nd ed. Cham. Springer. 2021. p. 612.

35. Гореева Н.М., Демидова Л.Н. Статистика. Москва: Изд.: Прометей, 2019. 496 с.

#### Авторы публикации

**Солуянов Юрий Иванович** – д-р техн. наук, профессор, почетный профессор Казанского государственного энергетического университета, президент Ассоциации «Росэлектромонтаж», председатель совета директоров АО «Татэлектромонтаж», председатель технического комитета по стандартизации ТК 337 «Электроустановки зданий».

**Федотов Александр Иванович** – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Электрические станции» им. В.К. Шибанова, Казанский государственный энергетический университет, главный специалист Ассоциации «Росэлектромонтаж».

**Ахметшин Азат Ринатович** – канд. техн. наук, доцент кафедры «Энергетическое машиностроение», Казанского государственного энергетического университета, ведущий специалист Ассоциации «Росэлектромонтаж».

**Солуянов Владимир Иванович** – главный инженер, КМУ-2 АО «Татэлектромонтаж», ведущий специалист Ассоциации «Росэлектромонтаж».

#### References

1. Soluyanov YI, Fedotov AI, Galitskiy YY, et al. Updating the normative values of the specific electrical load of apartment buildings in the Republic of Tatarstan. *Electricity*. 2021; 6:62-71.

2. Soluyanov YI, Akhmetshin AR, Soluyanov VI. Energy-resource-saving effect in the power supply systems of residential complexes from the actualization of standards for electrical loads. *Proceedings of the higher educational institutions. ENERGY SECTOR PROBLEMS*. 2021; 23(1):156-166.

3. Proedrou A. Comprehensive review of residential electricity load profile models. *IEEE Access*. 2021;9:12114-12133.

4. Mansoor H, Rauf H, Mubashar M, et al. Past vector similarity for short term electrical load forecasting at the individual household level. *IEEE Access*. 2021;9:42771-42785.

5. Soluyanov YI, Fedotov AI, Akhmetshin AR, et al. Actualization of specific electrical loads of preschool educational and general educational institutions. *Bulletin of the Chuvash University*. 2021;1:134-145.

6. 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;643:012051.

7. Opoleva GN. *Ehlektronsnabzhenie promyshlennykh predpriyatii i gorodov*. Moscow: Publishing House FORUM INFRA-M; 2017;416.

8. Nadtoka II, Pavlov AV, Novikov SI. Problems of calculating electrical loads of municipal consumers in micro-districts of megapolises. *Izvestiya vuzov. Electromechanics*. 2013;1:136-139.

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. *The International Conference on Advances in Energy Industry and Power Generation (AdvEnGen-2020)*. 2020;860:012026.

10. 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.

11. Ashok K, Li D, Divan D, et al. Distribution transformer health monitoring using smart meter data. *IEEE Power and Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference*. 2020;9087641.

12. Carroll P, Murphy T, Hanley M, et al. Household classification using smart meter data. *Journal of official statistics*. 2018;34(1):1-25.

13. Voropai NI, Stychinski ZA, Kozlova EV, et al. Optimization of daily load schedules for active consumers. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Energy*. 2014;1:84-90.

14. Galperova EV, Mazurova OV. Long-term forecasting of demand for electricity in the face of uncertainty in the socio-economic development of the country and the conjuncture of regional energy markets. *Elektroenergiya. Transmission and distribution*. 2020;60(3):41-45.

15. Soluyanov YI, Akhmetshin AR, Soluyanov VI. Updating the specific electrical loads of public premises built into residential buildings. *Proceedings of the higher educational institutions. ENERGY SECTOR PROBLEMS*. 2021;23(3):47-57.

16. 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.

17. Albert A, Rajagopal R. Smart meter driven segmentation: what your consumption says about you. *IEEE Transactions on Power Systems*. 2013;28(4):4019-4030.

18. Mai W, Chung CY, Wu T, et al. Electric load forecasting for large office building based on radial basis function neural network. *IEEE Power and Energy Society General Meeting*. 2014;6939378.

19. Cembranel SS, Lezama F, Soares J, et al. A short review on data mining techniques for electricity customers characterization. *2019 IEEE PES GTD Grand International Conference and Exposition Asia*. 2019;194-199.

20. Zhilkina YV. Concepts of the Internet of Things as a Motivation for Energy Saving. *Electric Power Plants*. 2020;2:23-26.

21. Voropai NI, Retants K, Hager U, et al. Development of innovative technologies and tools for assessing and increasing the flexibility of modern energy systems. *Electricity. Transmission and distribution*. 2021;64(1):52-63.

22. Antonov NV, Evdokimov MY, 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.

23. Ledva GS, Mathieu JL. Separating feeder demand into components using substation, feeder, and smart meter measurements. *IEEE Transactions on Smart Grid*. 2020;11(4):3280-3290.

24. Gerasimov DO, Suslov KV, Ukolova EV. Principles of constructing a model of an energy hub. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo ehnergeticheskogo universiteta*. 2019;43(3):3-12.

25. Mayorov AV. Development of the system of operational and technological management of the power grid complex within the framework of the concept of digital transformation 2030. *Electricity. Transmission and distribution*. 2019;13(2):2-7.

26. Yao D, Wen M, Liang X, et al. Energy theft detection with energy privacy preservation in the smart grid. *IEEE Internet of Things Journal*. 2019;6(5):7659-7669.

27. Melhem FY, Grunder O, Hammoudan Z, et al. Energy management in electrical smart grid environment using robust optimization algorithm. *IEEE Transactions on Industry Applications*. 2018;54(3):2714-2726.

28. Lin W, Wu D, Boulet B. Spatialoral residential short-term load forecasting via graph neural networks. *IEEE Transactions on Smart Grid*. 2021;12:5373-53841.

29. Loskutov AB, Loskutov AA, Zyryin DV. Development and research of a flexible intelligent medium voltage electrical network based on a hexagonal structure. *Proceedings of NSTU im. R.E. Alekseeva*. 2016;114(3):85-94.

30. Ilyushin PV. Features of the account of load parameters in the analysis of transient processes in networks with distributed generation facilities. *Elektroenergiya. Transmission and distribution*. 2018;51(6):54-61.

31. Fedotov AI, Abdrakhmanov RS, Akhmetshin AR. Ensuring the standard voltage level in distribution networks of 0.4-10 kV using booster transformers. *Proceedings of the higher educational institutions. ENERGY SECTOR PROBLEMS*. 2011;09-10:40-45.

32. Latifi M, Sabzehgar R, Rasouli M. Reactive power compensation using plugged-in electric vehicles for an AC power grid. *IECON 2018 - 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. 2018;4986-4991.

33. Peng Y, Yang Y, Xu Y, et al. Electricity theft detection in AMI based on clustering and local outlier factor. *IEEE Access*. 2021;9:107250 - 107259.
34. James G, Witten D, Hastie T, et al. *An introduction to statistical learning with Applications in R*. 2nd ed. Cham. Springer. 2021;612.
35. Goreeva NM, Demidova LN. *Statistics*. Moscow: Publ.: Prometheus, 2019;496.

#### **Authors of the publication**

**Yuri I. Soluyanov** – Kazan State Power Engineering University, JSC «Tatelektromontazh», Kazan, Russia Kazan, Russia, Association «Roselectromontazh», Moscow, Russia.

**Alexander I. Fedotov** – Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia, Association «Roselectromontazh», Moscow, Russia.

**Azat R. Akhmetshin** – Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia, Association «Roselectromontazh», Moscow, Russia.

**Vladimir I. Soluyanov** – Association «Roselectromontazh», Moscow, Russia, JSC «Tatelektromontazh», Kazan, Russia.

**Получено** **04.12.2021 г.**

**Отредактировано** **06.12.2021 г.**

**Принято** **09.12.2021 г.**