

DOI:10.30724/1998-9903-2021-23-3-47-57

АКТУАЛИЗАЦИЯ УДЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПОМЕЩЕНИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ВСТРОЕННЫХ В ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ

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

 1 Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия 2 Ассоциация «Росэлектромонтаж», г. Москва, Россия 3 АО «Татэлектромонтаж», г. Казань, Россия

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

Резюме. ЦЕЛЬ. Определить состав потребителей электроэнергии в многоквартирных жилых домах. Провести анализ электропотребления организаций, расположенных на первых двух этажах многоквартирных жилых домов. Обосновать необходимость актуализации нормативов удельных электрических нагрузок помещений общественного назначения, встроенных в жилые здания. МЕТОДЫ. Информация по электропотреблению получена посредствам автоматизированной системы учёта электроэнергии от интеллектуальных счетчиков, установленных непосредственно у потребителей. Для выполнения поставленной цели были использованы статистические методы анализа электропотребления. РЕЗУЛЬТАТЫ. В статье описана актуальность темы, представлено обоснование по корректировке нормативных значений удельных электрических нагрузок помещений общественного назначения, встроенных в жилые здания. На примере десятков многоквартирных домов приведено проиентное соотношение групп потребителей. Представлены годовые удельные среднемесячные графики электропотребления: магазинов, офисов, аптек, предприятий общественного питания. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Стремясь повысить уровень комфорта, застройщики заинтересованы в развитии инфраструктуры объектов, в основном для этого используют первые и вторые этажи, в которых чаще всего располагаются торгово-офисные помещения. Исследования Ассоциации «Росэлектромонтаж» показали, что для определения электрической нагрузки нежилых коммерческих помещений приходится использовать одно усредненное значение в связи с постоянной сменой назначения помещений и сложностью определения занимаемой площади.

Ключевые слова: удельные расчетные электрические нагрузки, электропотребление помещений общественного назначения, встроенных в жилые здания, запертая электрическая мощность, резервная электрическая мощность, проектирование жилых комплексов.

Для цитирования: 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. Т. 23. № 3. С. 47-57. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-3-47-57.

UPDATE OF SPECIFIC ELECTRIC LOADS OF PUBLIC PREMISES LOCATED IN RESIDENTIAL BUILDINGS

Yu.I. Soluyanov^{1,2,3}, A.R. Akhmetshin^{1,2,*}, V.I. Soluyanov^{1,3}

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. To determine the composition of electricity consumers in apartment buildings. To analyze the power consumption of organizations located on the first two floors of apartment buildings. To justify the need to update the standards for electrical loads for public premises built into residential buildings. METHODS. Information on electricity consumption was received by automated electricity metering system from smart meters installed directly at

consumers. To achieve this goal, statistical methods for analyzing energy consumption were used. RESULTS. The article describes the relevance of the topic, provides a rationale for adjusting the normative values of specific electrical loads for public premises built into residential buildings. The percentage of consumer groups is shown on the example of several apartment buildings. The annual specific average monthly graphs of electricity consumption are presented: shops, offices, pharmacies, restaurants. CONCLUSION. In an effort to increase the level of comfort, developers are interested in developing the infrastructure of the facilities, mainly for this, they use ground and first floors, in which retail and office areas are most often located. Research by the Roselectromontazh Association has shown that to determine the electrical load of non-residential commercial premises, one has to use one averaged value due to the constant change in the purpose of premises and the complexity of determining the occupied area.

Keywords: specific design electrical loads, power consumption of public premises built into residential buildings, locked electrical power, reserve electrical power, design of residential complexes.

For citation: Soluyanov YuI, Akhmetshin AR., Soluyanov VI. Update of specific electric loads of public premises located in residential buildings. *Power engineering: research, equipment, technology.* 2021;23(3):47-57. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-3-47-57.

Введение

В состав современных жилых комплексов входят не только дошкольные образовательные и общеобразовательные учреждения, но и помещения общественного назначения, встроенные (встроенно-пристроенные) (ПОН) в многоквартирные жилые дома (МКД). Стремясь повысить уровень комфорта, застройщики заинтересованы в развитии инфраструктуры объектов [1]. Наличие внутри жилого комплекса набора необходимых организаций повышает ликвидность недвижимости. Вместе с тем, строительство отдельно стоящего здания более затратное мероприятие, по сравнению с выделением первых этажей, а иногда первых двух-трёх этажей, под объекты социального, культурного и бытового назначения. Большую часть нежилых ПОН занимают торгово-офисные организации.

Проведенные исследования в Республике Татарстан (РТ) Ассоциацией «Росэлектромонтаж» (Ассоциация) [2] показали, что фактическая загрузка 53% силовых трансформаторов (СТ), расположенных в жилом секторе, в максимальном режиме не превышает 15% [2]. Малая загрузка СТ свидетельствует о повышенных потерях в них [3, 4]. Причина возникновения данной проблемы - устаревшие нормативные документы², которые не пересматривались с прошлого века. Для решения данной проблемы Ассоциацией по заданию ОА «Сетевая компания» была выполнена научно-исследовательская работа в части актуализации удельных электрических нагрузок МКД. И в 2019 г. внесены изменения в нормативные документы², что позволило застройщикам экономить до 50% инвестиций, необходимых для технологического присоединения к электрическим сетям [5].

Необходимо отметить, что свой вклад в образование «запертой мощности» вносят и объекты социального, культурного и бытового назначения. Так как за последние десятилетия изменился как состав, так и энергоэффективность электропотребителей этих объектов [6]. Структура и величина потребления электрической энергии в регионах значительно разница [7], например, домашние хозяйства/социальная, культурная и бытовая сферы в г. Москве составляют: 23%/31%, в Московской области: 18%/12%, в Республике Татарстан: 12,3%/11,8%, в Белгородской области: 10%/6%. Поскольку электропотребление организаций, расположенных в нежилых ПОН, может занимать значительную часть от общего электропотребления МКД, было проведено исследование для определения разницы между фактической и расчетной нагрузками.

По результатам исследования в РТ были внесены изменения в 2019 г. в таблицу 7.142³ «расчетные данные, приведенные в таблице, могут корректироваться для конкретного применения с учетом местных условий. При наличии документированных и утвержденных в установленном порядке экспериментальных данных расчет нагрузок следует производить по ним» [8].

Выполнение работы по актуализации удельных электрических нагрузок, встроенных в жилые здания ПОН, в дополнении к снижению стоимости строительства и потерь

² Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 27.12.2013 № 1071 «Об утверждении республиканских нормативов градостроительного проектирования Республики Татарстан»

 $^{^1}$ СП 54.13330.2016 «Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003»

электроэнергии, повысит качество предоставления государственных услуг. Для бизнеса подключение к электрическим сетям является ключевым вопросом в «Национальном рейтинге состояния инвестиционного климата» для регионов.

Литературный обзор

Как отмечалось выше, объекты социальной, культурной и бытовой сферы в РТ занимают 11,8% в структуре электропотребления РТ. Как правило, большая часть из них располагается в ПОН, встроенных (встроенно-пристроенных) в жилые дома. В ПОН могут размещаться следующие категории потребителей электроэнергии (таблице 7.14³):

- предприятия общественного питания;
- продовольственные и промтоварные магазины;
- общеобразовательные учреждения (включая детские сады и ясли);
- кинотеатры и киноконцертные залы (включая клубы и парикмахерские);
- здания или помещения учреждений управления, проектных и конструкторских организаций;
- гостиницы (включая дома отдыха, детские лагеря, пансионаты, фабрики, химчистки и прачечные самообслуживания).

Однако существуют ограничения по возможностям использования ПОН первых этажей МКД со стороны градостроительных нормативов. В своде правил⁴ приведены соответствующие разделы по рассматриваемому вопросу:

- здание может включать в себя встроенные, встроенно-пристроенные, пристроенные ПОН, общественного назначения и стоянки автомобилей, размещение, технологии производства и режим работы которых соответствуют требованиям безопасности проживания жильцов при эксплуатации МКД и прилегающих территорий в застройке. Размещение в жилых зданиях промышленных производств не допускается;
- в подвальном, цокольном, первом и втором этажах жилого здания (в крупных и крупнейших городах на третьем этаже) допускается размещение встроенных и встроенно-пристроенных ПОН, за исключением объектов, оказывающих вредное воздействие на человека.
- в цокольном и подвальном этажах жилых зданий не допускается размещать помещения для хранения, переработки и использования в различных установках и устройствах легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и сжиженных газов, взрывчатых веществ; помещения для пребывания детей; кинотеатры, конференц-залы и другие зальные помещения с числом мест более 50, сауны, а также лечебнопрофилактические учреждения.

Также согласно действующим законам⁵ допускается использование жилого помещения для осуществления профессиональной деятельности или индивидуальной предпринимательской деятельности проживающими в нем на законных основаниях гражданами, если это не нарушает права и законные интересы других граждан, а также требования, которым должно отвечать жилое помещение.

В качестве примера в табл.1 представлен состав организаций, размещенных в нежилых ПОН, для нескольких МКД.

Состав организаций, расположенных на первом этаже МКЛ

Таблица 1

No	Адрес	ии, расположенных на первом этаже МКД Состав организаций	Всего, шт.
1	г. Казань, ул. Адоратского д. 27.	Парикмахерские – 3 шт.;	27 шт.
		Аптеки – 4 шт.;	
		Продовольственные магазины – 3 шт.;	
		Промтоварные магазины – 5 шт.	
		Предприятия общественного питания –	
		3шт.	
		Банки – 2 шт.	
		Медицинские организации – 2 шт.;	
		Офисные помещения – 5 шт.	
2	г. Казань, ул. Чуйкова д.69	Парикмахерские – 1 шт.;	37 шт.
		Аптеки – 3 шт.;	
		Продовольственные магазины – 1 шт.;	
		Промтоварные магазины – 15 шт.	

 $^{^3}$ СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа»

⁵ «Жилищный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 N 188-ФЗ

 $^{^4}$ СП 54.13330.2016 «Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003»

		Предприятия общественного питания — 2 шт. Ателье — 1 шт.	
		Медицинские организации – 2 шт.;	
		Офисные помещения – 12 шт.	
3.	г. Казань, ул. Чистопольская д.15	Парикмахерские – 2 шт.;	13 шт.
		Аптеки – 2 шт.;	
		Промтоварные магазины – 3 шт.	
		Медицинские организации – 2 шт.;	
		Офисные помещения – 4 шт.	

В современных условиях, когда разрыв между фактическими и расчетными значениями электрической нагрузки увеличивается ввиду того, что нормативные значения устарели, а электрические приборы становятся более энергоэффективными [9,10], 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 [11].

Материалы и методы

Данные по электропотреблению ПОН и жилым помещениям МКД получены от АО «Сетевая компания». Проведен сравнительный анализ электропотребления разных групп за зимний период (максимальной электрической нагрузкой) $2020~\rm r.~B$ качестве примера на рис. 1 представлена гистограмма соотношения электропотребления для 3 группы $^7.$

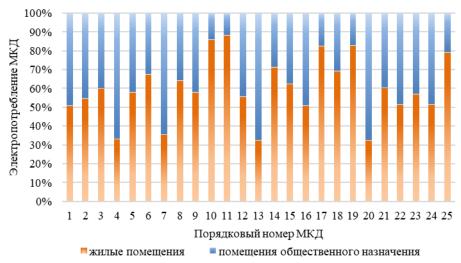


Рис.1. Соотношение электропотребления помещений общественного назначения и жилых помещений МКД

Fig. 1 The ratio of electricity consumption of public premises and residential premises of the MCD

Рисунок 1 демонстрирует, что электропотребление ПОН составляет от 10 до 68% общего электропотребления МКД. Следует отметить, что чем выше МКД, тем меньше доля электропотребления ПОН.

Проведённое обследование 357 МКД показало, что наиболее часто встречающиеся следующие категории потребителей:

- 1. Аптеки;
- 2. Магазины;
- 3. Офисы;
- 4. Предприятия общественного питания.

За период с 2017 до 2020 г. проведено исследование в г. Казани по электропотреблению 33 аптек, (рис. 2a), 54 магазинов (продовольственных и универсальных), (рис. 2б), 35 офисов, (рис. 2в), 21 предприятия общественного питания, (рис. 2 г).

республиканских нормативов градостроительного проектирования Республики Татарстан» 50

⁶ СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа» ⁷ Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 27.12.2013 № 1071 «Об утверждении

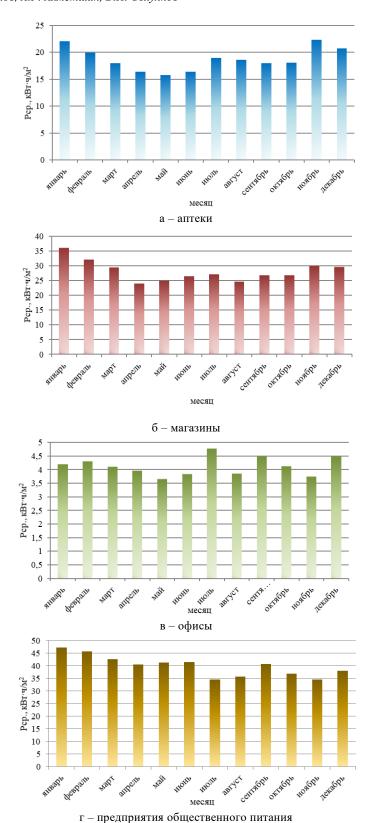


Рис. 2. Удельное годовое среднемесячное электропотребление

Fig. 2. Specific annual average monthly power consumption

Рассмотрев рисунок 2, можно сделать вывод, что наиболее энергоемкими являются аптеки, магазины и предприятия общественного питания, для них характерны зимние максимумы. Напротив, энергоемкость офисов значительно ниже без проявления характерных максимумов.

Информация о электропотреблении организаций, расположенных на первых этажах МКД, получена по средствам автоматизированной системы учёта электроэнергии от интеллектуальных счетчиков, установленных непосредственно у потребителей.

Интеллектуальные счетчики электроэнергии также позволяют:

- своевременно актуализировать коэффициенты спроса и одновременности и несовпадения максимумов [12-14];
- снижение потерь электроэнергии в линиях электропередач и силовых трансформаторах, за счет выявления участков с завышенными потерями электроэнергии [15,16];
 - определение источника, ухудшающего качество электроэнергии [17,18];
- определение мест для установки устройств компенсации реактивной мощности [19-21] и т.д.

Результаты

0 0

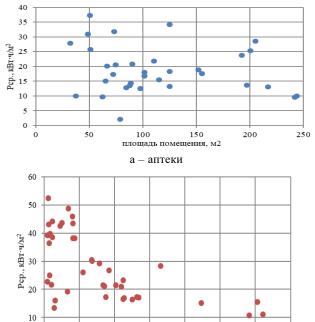
500

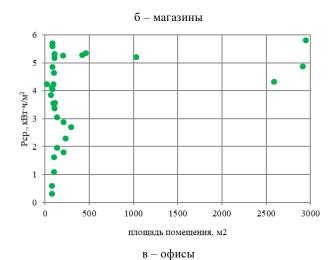
1000

1500

2000 площадь помещения, м2

Расчет электрической нагрузки ПОН предлагается проводить, используя удельные значения электрической нагрузки на 1 м². Для определения зависимости удельного электропотребления произведены от площади соответствующие месячного исследования, рис. 3.

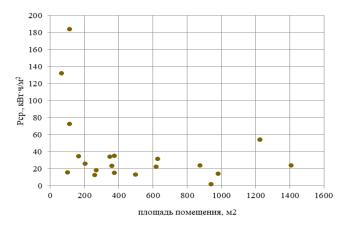




2500

3000

3500



г – предприятия общественного питания

Рис. 3. Удельное месячное электропотребление в зависимости от площади помещений общественного назначения

Fig. 3. Specific monthly power consumption depending on the area of public premises

На рисунке За представлено удельное месячное электропотребление в зависимости от площади для аптек, Зб-магазинов, Зв-офисов, Зг-предприятий общественного питания. Как видно из графика, явной зависимости нет, то есть можно ввести одно усредненное значение удельной нагрузки для всех ПОН в расчете на 1 м². В пользу введения одного усредненного значения удельной электрической нагрузки говорит тот факт, что на практике определить какой группой потребителей будет использоваться ПОН крайне сложно. Также в процессе эксплуатации ПОН может изменятся при смене арендаторов (владельцев) помещения, что происходит довольно часто (к примеру, офисные помещения могут сменится на помещения предприятия общественного питания и наоборот). Но однозначно подтвердить это можно, проведя исследование профилей электрической нагрузки.

Для определения возможности применения одного усредненного значения удельной электрической нагрузки выполнено суммирование месячного электропотребления ПОН, находящихся в МКД, поделённое на общую площадь, которую они занимают, рис. 4.

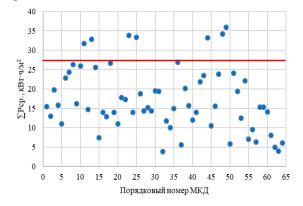


Рис. 4. Суммарное месячное удельное электропотребление помещений общественного назначения в МКД

Fig. 4. Total monthly specific power consumption of public premises in the MCD

Из рисунка 4 видно, что суммарное месячное удельное электропотребление у 90 % выборки находится ниже значения 28 к $\mathrm{B}\cdot\mathrm{u/m^2}$. На рисунке 5 представлена зависимость месячного удельного электропотребления от площади, занимаемой ПОН.

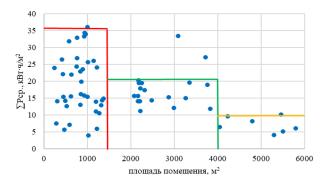


Рис. 5. Суммарное месячное удельное электропотребление помещений общественного назначения в зависимости от площади

Fig. 5. The total monthly specific power consumption of public premises, depending on the

Рисунок 5 явно иллюстрирует зависимость электропотребления от площади, занимаемой ПОН, что позволяет разбить потребителей на три группы и определить для них удельные месячные значения электропотребления:

- от 0 до 1500 м^2 36 $\text{кB} \cdot \text{ч/м}^2$;
- от 1501 до 4000 м^2 21 к $\text{B} \cdot \text{ч/м}^2$;
- свыше $4001 \text{ м}^2 10 \text{ кB} \cdot \text{ч/м}^2$.

Обсуждение

Размещать организации внутри жилых домов следует в специально спроектированных и построенных нежилых помещениях. Размещение коммерческих предприятий в жилых квартирах первых этажей в настоящее время в городах РТ практически не практикуется.

Как правило, заранее редко известно, что именно будет располагаться в том или ином нежилом помещении МКД. Во вновь вводимых МКД потребители имеют собственное, независимое внутреннее распределительное устройство, запитываемое напрямую от трансформаторной подстанции [1,8,22,23]. Данное решение приемлемо для расчета предполагаемой электрической нагрузки на первых двух стадиях проектирования (эскизный проект и стадия проект), когда формируется заявка на технологическое присоединение к электрическим сетям [1,2,22-25].

Использование одного усредненного значения удельной электрической нагрузки ПОН - ожидаемый результат, учитывая, что прогнозирование электрических нагрузок носит вероятностный характер.

Предлагаемое решение даёт большую степень свободы при отсутствии исходных данных как для электроснабжающей организации, так и для реального собственника-предпринимателя в дальнейшем.

Для внесения изменений в нормативные документы необходимы данные по получасовым профилям электрической нагрузки [2,5,11]. Полученные удельные значения электропотребления можно будет в дальнейшем использовать для определения удельной расчетной электрической нагрузки.

Выводы

- 1. Неотъемлемой частью многих МКД является ΠOH , которые заложены в проектах на первых этажах.
- 2. Необходим пересмотр нормативных документов в части удельных электрических нагрузок ПОН, так как за время последнего обновления нормативных значений изменился не только состав, но и энергоэффективность электроприборов.
- 3. Необходимо обеспечить мониторинг электрических нагрузок потребителей предприятий социального, культурного и бытового назначения для своевременной актуализации нормативных документов. Решение данного вопроса позволит своевременно сокращать стоимость технологического присоединения к электрическим сетям.
- 4. Поскольку определить какой группой потребителей будет использоваться помещение в будущем крайне сложно, было предложено введение одного усредненного значения удельной электрической нагрузки.
- 5. Выявлена зависимость суммарного удельного электропотребления от площади, занимаемой ПОН (чем больше занимаемая площадь, тем меньше удельное электропотребление).

Литература

- 1. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов. Москва: ИД «ФОРУМ» ИНФРА-М, 2017. 416 с.
- 2. 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.
- 3. 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.
- 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. 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.
- 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. 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.
- 8. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Халтурин В.А., и др. Энергосберегающие решения в распределительных электрических сетях на основе анализа их фактических нагрузок // Электроэнергия. Передача и распределение. 2020. № 5 (62). С. 68-73.
- 9. 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.
- 10. 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. Vol. 6. Iss. 5. pp. 7659-7669.
- 11. 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.
- 12. Albert A., Rajagopal R. Smart meter driven segmentation: what your consumption says about you // IEEE Transactions on Power Systems. 2013. Vol. 28. Iss. 4. pp. 4019-4030.
- 13. 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.
- 14. Bicego M., Farinellia A., Grosso E., et al. On the distinctiveness of the electricity load profile // Pattern Recognition. 2018. Vol. 74. pp. 317-325.
- 15. 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.
- 16. Ledva G.S., Mathieu J.L. Separating feeder demand into components using substation, feeder, and smart meter measurements // IEEE Transactions on Smart Grid. 2020 Vol. 11. Iss. 4. pp.3280-3290.
- 17. 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. Vol. 54. Iss. 3. pp. 2714-2726.
- 18. 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.
- 19. 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.
- 20. Liu Y.-W., Rau S.-H., Wu C.-J., et al. Improvement of power quality by using advanced reactive power compensation // IEEE Transactions on Industry Applications. 2018. Vol. 54. Iss. 1. pp. 18-24.

- 21. Benidris M., Sulaeman S., Tian Y., et al. Reactive power compensation for reliability improvement of power systems // IEEE Power Engineering Society Transmission and Distribution Conference. 2016, art. no. 7519910.
- 22. Carroll P., Murphy T., Hanley M., et al. Household classification using smart meter data // Journal of official statistics. 2018. Vol. 34. Nol. pp. 1-25.
- 23. 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.
- 24. 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.
- 25. Герасимов Д.О., Суслов К.В., Уколова Е.В. Принципы построения модели энергетического хаба // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. № 3 (43). С. 3-12.

Авторы публикации

Солуянов Юрий Иванович – д-р техн. наук, профессор, 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. *Ehlektrosnabzhenie promyshlennykh predpriyatii i gorodov*. Moscow: Publishing House FORUM INFRA-M; 2017.
- 2. Soluyanov YuI, Fedotov AI, Akhmetshin AR, et al. Actualization of calculated electrical loads with subsequent practical application on the example of the Republic of Tatarstan. *Industrial energy*. 2021; 2:32-40.
- 3. 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.
- 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, Akhmetshin AR, Soluyanov VI. Energy-resource-saving effect in the power supply systems of residential complexes from the actualization of the standards of electrical loads. *Proceedings of the higher educational institutions. ENERGY SECTOR PROBLEMS*. 2021; 1(23):156-166.
- 6. 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.
- 7. Antonov NV, Evdokimov M. Yu., Chicherov EA Problems in the assessment of 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.
- 8. Soluyanov YI, Fedotov AI, Khalturin VA, et al. Energy-saving solutions in distribution electrical networks based on the analysis of their actual loads. *Electricity. Transmission and distribution*. 2020; 62(5):68-73.
- 9. 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. doi: 10.1109/ISGT45199.2020.9087641.
- 10. 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. doi: 10.1109/JIOT.2019.2903312.

- 11. Soluyanov YuI, 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.
- 12. Albert A, Rajagopal R. Smart meter driven segmentation: what your consumption says about you. *IEEE Transactions on Power Systems*. 2013; 28(4):4019-4030. doi:10.1109/TPWRS.2013.2266122.
- 13. 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. doi: 10.1109/PESGM.2014.6939378.
- 14. Bicego M, Farinellia A, Grosso E., et al. On the distinctiveness of the electricity load profile. *Pattern Recognition*. 2018;74:317-325. doi: 10.1016/j.patcog.2017.09.039
- 15. Fedotov AI, Akhmetshin AR. Measures to increase the capacity of power lines in distribution networks of 10 kV. *Proceedings of the higher educational institutions. ENERGY SECTOR PROBLEMS.* 2011; 5-6:79-85.
- 16. 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. doi: 10.1109/TSG.2020.2967220.
- 17. 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. doi: 10.1109/TIA.2018.2803728.
- 18. Loskutov AB, Loskutov AA, Zyrin 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; 3 (114):85–94.
- 19. 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. doi: 10.1109/IECON.2018.8591249.
- 20. Liu Y-W, Rau S-H, Wu C-J, et al. Improvement of power quality by using advanced reactive power compensation. *IEEE Transactions on Industry Applications*. 2018; 54(1):18-24. doi: 10.1109/TIA.2017.2740840
- 21. Benidris M, Sulaeman S, Tian Y, et al. Reactive power compensation for reliability improvement of power systems. *IEEE Power Engineering Society Transmission and Distribution Conference*. 2016; 7519910. doi: 10.1109/TDC.2016.7519910
- 22. Carroll P, Murphy T, Hanley M, et al. Household classification using smart meter data. *Journal of official statistics*. 2018; 34(1):1-25. doi: 10.1515/jos-2018-0001.
- 23. Voropai NI, Stychinski ZA, Kozlova EV, et al. Optimization of daily load schedules of active consumers. *Izvestia of the Russian Academy of Sciences. Energy.* 2014; 1:84-90.
- 24. 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. doi: 10.1109/GTDAsia.2019.8715891.
- 25. Gerasimov DO, Suslov KV, Ukolova EV. Principles of constructing a model of an energy hub. *Bulletin of Kazan State Energy University*. 2019; 3(43):3-12.

Authors of the publication

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

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

Vladimer I. Soluyanov – JSC Tatelektromontazh, Kazan, Russia.

 Получено
 16.04.2021 г.

 Отредактировано
 21.05.2021 г.

 Принято
 24.05.2021 г.