

Результаты статистического анализа электрических нагрузок многоквартирных домов г. Москвы¹

- **Солуянов Ю. И.**, доктор техн. наук, Ассоциация “Росэлектромонтаж”, Москва
- **Федотов А. И.**, доктор техн. наук, Ассоциация “Росэлектромонтаж”, Москва; ФГБОУ ВО “КГЭУ”, Казань
- **Ахметшин А. Р.**², канд. техн. наук, Ассоциация “Росэлектромонтаж”, Москва; ФГБОУ ВО “КГЭУ”, Казань
- **Чернова Н. В.**, канд. техн. наук, Ассоциация “Росэлектромонтаж”, Москва

Сделан анализ фактических электрических нагрузок жилых домов г. Москвы за период с апреля 2021 г. по август 2022 г. для кластера 11 – 18 этажей. Выполненные исследования показали, что можно оперировать не только отдельными квартирами, что усложняет измерения, но и их группами, включая и общедомовую нагрузку, что существенно упрощает расчёты по выбору элементов внешней системы электроснабжения многоквартирных жилых домов (МКД), включая питающие трансформаторные подстанции. Измерения потребляемой электроэнергии каждой квартиры МКД на интервалах наблюдения дают возможность исключить неэксплуатируемые квартиры, что позволяет более точно рассчитывать удельные электрические нагрузки квартир по данным фактических измерений. Статистическая обработка результатов измерений подтвердила репрезентативность использованных выборок МКД. Показано, что нормативные значения удельных электрических нагрузок завышены, в том числе при учёте общедомовой и коммерческой нагрузки. Приведение их в соответствие к реалиям позволит снизить затраты на системы городского электроснабжения.

Ключевые слова: электрическая нагрузка, фактическая потребляемая нагрузка, электропотребление, многоквартирные жилые дома, энергоэффективность, технологическое присоединение, нормативные значения удельной электрической нагрузки.

Системы электроснабжения имеют большое значение на этапах проектирования жилых и общественных зданий, где расчёт электрической нагрузки является основополагающим для выбора элементов систем электроснабжения [1, 2]. Те прогнозы конца прошлого века, на которых строилась нормативная база значений удельных электрических нагрузок жилых и общественных зданий и которая до настоящего времени служит источником всех проектных решений, оправдались только частично [3 – 6]. Действительно, количество и разнообразие бытовых электроприборов возросло, но эволюция бытовых электроприборов в сторону их энергоэффективности чётко обозначила тренд снижения электропотребления [7 – 9]. В результате применения устаревших нормативов системы городского и сельского электроснабжения во многих случаях выполняются с завышенными по мощности трансформаторами и по сечению – кабелями.

Необходимость в актуализации значений удельных расчётных электрических нагрузок (УРЭН) неоднократно освещалась в отечественных и зарубежных публикациях [2 – 9] с целью решения проблемы неэффективного использования

финансовых ресурсов при строительстве внешних электрических сетей жилых и общественных зданий, а также в процессе их эксплуатации за счёт повышенных потерь энергии в силовых трансформаторах [10]. Следует отметить, что ранее практически невозможно было разработать адекватные реальности нормативы для УРЭН в связи с отсутствием необходимого парка большого количества приборов, обеспечивающих непрерывную синхронную фиксацию измеренных параметров на длительных интервалах времени.

Цифровая трансформация электросетевого комплекса [11 – 13] способствует выполнению работы по мониторингу электрических нагрузок жилых домов с целью снижения стоимости строительства и эксплуатации электрических сетей за счёт уменьшения разрыва между реальными и расчётными электрическими нагрузками [14 – 16]. Масштабное внедрение интеллектуальных счётчиков электрической энергии позволяет получить данные, обеспечивающие формирование реальных суточных профилей электрической нагрузки в течение нескольких месяцев, которые служат основой для задания нормативов УРЭН. Дополнительно они позволяют получать данные для выполнения расчётов по прогнозированию электрических нагрузок [17 – 19], контролировать качество электроэнергии и состояние электрооборудования

¹ В порядке обсуждения. Р е д .

² Ахметшин Азат Ринатович: ahmetshin.ar@mail.ru

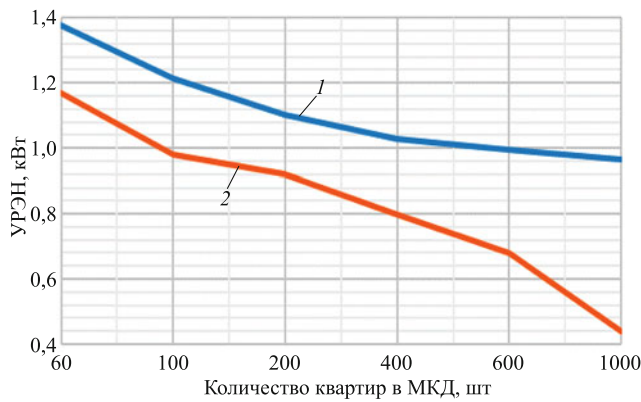


Рис. 1. УРЭН (на квартиру) в зависимости от количества квартир (с электрическими плитами) в МКД г. Москвы:

1 – по СП [29]; 2 – по методике [28]

[20 – 23], а также минимизировать технологические и коммерческие потери электроэнергии [24 – 26].

В настоящее время уже имеются первые результаты в этом направлении на региональном и федеральном уровнях. Так, разработана новая методика расчёта электрических нагрузок [27], где установлен единый норматив УРЭН для многоквартирных жилых домов (МКД) в целях расчёта мощности их технологического присоединения к питающим электрическим сетям. Правительством Москвы приняты свои нормативные значения УРЭН для МКД города, возводимых по программе реновации жилья [28]. По инициативе ассоциации “Росэлектромонтаж” при поддержке Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации разработан понижающий поправочный коэффициент для определения электрической нагрузки МКД, а также распространена возможность использования региональных нормативов применительно к общественным зданиям [29].

Учитывая актуальность задачи обеспечения энергоэффективности принимаемых технических решений при проектировании городских электрических сетей, снижения расходов на их электрические сети и электрооборудование, включая внутридомовые проводки, ассоциацией “Росэлектромонтаж” при поддержке крупных строительных компаний ПАО “ГК “Самолет”, Capital Group, ПАО “ПИК”, в 2021 – 2022 гг. были выполнены объёмные исследования по оценке фактических электрических нагрузок МКД г. Москвы с целью гармонизации федеральных и региональных нормативных значений УРЭН и уменьшения разрыва между реальными и нормативными значениями УРЭН.

На рис. 1 представлено сравнение значений УРЭН МКД с электрическими плитами, задаваемых в [29] (с учётом понижающего поправочного

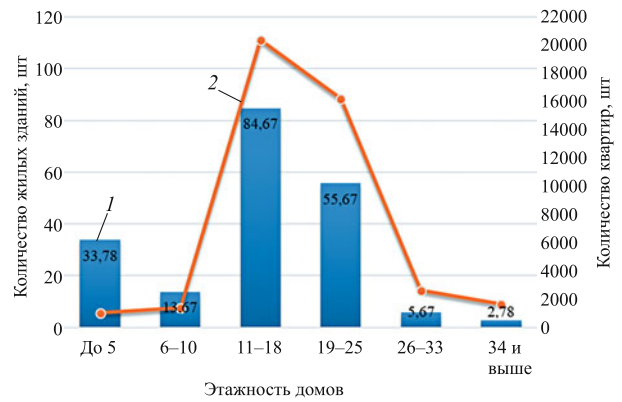


Рис. 2. Динамики ввода МКД в среднем за год в период с 2011 по 2021 г.:

1 – среднее количество жилых зданий; 2 – среднее количество квартир

коэффициента 0,81 для г. Москвы и Московской обл.), и в соответствии с [28].

Далее будет показано, что фактические электрические нагрузки ещё ниже, чем это принято считать.

Натурные измерения электропотребления МКД

В зависимости от количества лифтов все МКД были разбиты на шесть групп, которые представлены на рис. 2, где приведены данные по количеству квартир и МКД, введённых в эксплуатацию за последнее десятилетие в Москве.

Рис. 2 демонстрирует, что более 80% вводимых в Москве МКД имеют 11 этажей и более, а самая многочисленная группа и по количеству МКД, и по количеству квартир – это МКД от 11 до 18 этажей. В состав исследуемой выборочной совокупности МКД входит массовое жильё эконом-класса. Для этой группы далее представлены результаты натурных измерений электропотребления на протяжении одного года.

Информация поставлялась с дискретностью одно измерение за полчаса, т.е. использовалось общепринятое осреднение электрической нагрузки за половину часа. Интеллектуальные приборы позволяли задать и более высокую частоту съёма информации, но это привело бы к перегрузке информационных каналов связи. Достаточно сказать, что к статистической обработке периодически предоставлялись несколько миллионов единиц учётных данных.

Измерения показали, что за весь период наблюдения своего максимального значения электрическая нагрузка МКД достигла 31 декабря 2021 г., которую и необходимо сверять с нормативными значениями. Заранее этот результат прогнозировался, но отметим, что предыдущий максимум нагрузки пришелся на сентябрь 2021 г., а не на остальные зимние месяцы (рис. 3). Очевидно, что в южных регионах страны следует ожидать максимальную нагрузку МКД в летние месяцы.

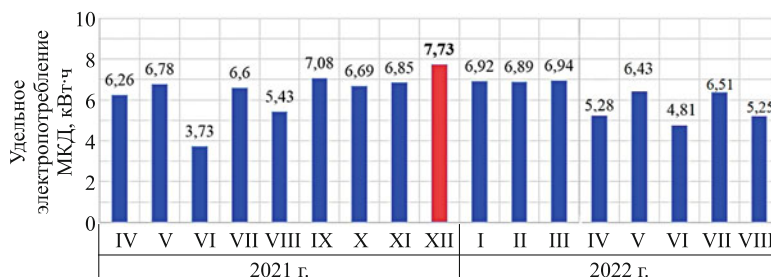


Рис. 3. Максимальное удельное (на квартиру) суточное электропотребление квартир МКД за весь период наблюдения с 1 апреля 2021 г. по 31 августа 2022 г.

Для корректности расчёта удельной электрической нагрузки, которая получается усреднением суммарной мощности по числу квартир, необходимо предварительно исключить из общего числа заселённые, но не эксплуатируемые квартиры в период измерений.

На рис. 4 приведена диаграмма максимального удельного суточного электропотребления исследуемой выборочной совокупности МКД г. Москвы в зависимости от количества в общей группе эксплуатируемых квартир, рассчитанная по данным за 31 декабря 2021 г. На рис. 4 зелёной сплошной линией показано среднее значение удельного суточного электропотребления квартир МКД, а пунктирными линиями – среднее значение \pm среднеквадратическое отклонение.

Группы квартир формировались естественным образом, так как данные снимались на вводно-распределительных устройствах (ВРУ). Отсечение неэксплуатируемых квартир производилось по данным месячного наблюдения на уровне 20 кВт·ч, что примерно соответствует электропотреблению холодильника.

На рис. 4 показано, что оставшиеся квартиры МКД выборочной совокупности гарантированно эксплуатируются: удельная электрическая нагрузка изменяется в диапазоне от 5,03 до 7,73 кВт·ч на

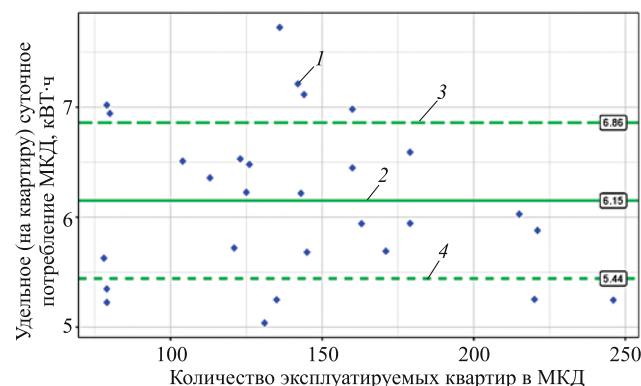


Рис. 4. Максимальное удельное суточное электропотребление квартир в зависимости от количества эксплуатируемых квартир в группе:

1 – удельное суточное электропотребление; 2 – среднее значение; 3, 4 – среднее значение плюс и минус среднеквадратическое отклонение соответственно

квартиру. Аналогичные расчёты были выполнены по каждому месяцу за период наблюдения для оценки количества эксплуатируемых квартир, число которых в дальнейшем использовалось для определения удельной электрической нагрузки (мощности) квартир.

Натурные измерения электрических нагрузок МКД

На рис. 5 представлено изменение уровня максимальной удельной суточной электрической нагрузки МКД 11 – 18 этажей г. Москвы за годовой период наблюдения. При вычислениях использовалось не общее количество, а только количество эксплуатируемых квартир.

Из сопоставления с рис. 3 видно, что в декабре достигалась максимальная мощность, как и электропотребление. Однако по другим месяцам видно, что следующая по уровню максимальная удельная электрическая нагрузка имела место в мае. По удельному электропотреблению его максимальное декабрьское значение превышает ближайшее (сентябрь) на 8,4%. Для удельной электрической нагрузки превышение над ближайшим значением (май) меньше и составляет 7,4%, что показывает необходимость мониторинга электрических нагрузок на длительных периодах наблюдения.

На рис. 6 приведена диаграмма значений максимальной удельной электрической нагрузки, рассчитанной по группам квартир исследуемой выборочной совокупности МКД, по данным за 31 декабря 2021 г. Зелёной сплошной линией показано среднее значение удельной суточной нагрузки квартир МКД, а пунктирными линиями – среднее значение \pm среднеквадратическое отклонение.

Прежде, чем делать обобщение полученных результатов, было необходимо проверить, какому закону распределения случайных величин подчиняется имеющаяся выборка [30, 31]. Выдвинутая гипотеза о нормальном распределении случайных величин подверглась проверке. В качестве иллюстрации на рис. 7 приведено распределение удельных электрических нагрузок, наложенное на график нормального распределения.

Результаты проверки гипотезы на нормальность распределения максимальной удельной на-

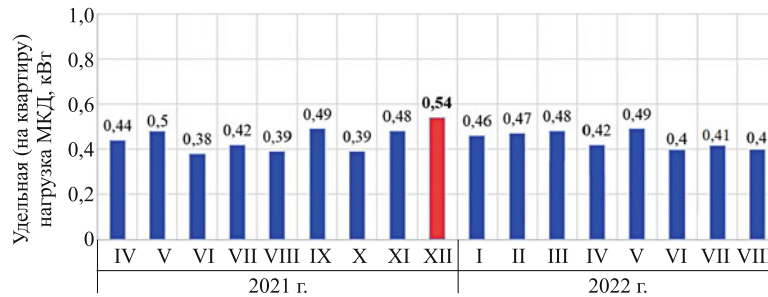


Рис. 5. Максимальная удельная суточная электрическая нагрузка квартир МКД за весь период наблюдения с 1 апреля 2021 г. по 31 августа 2022 г.

грузки квартир МКД г. Москвы за декабрь 2021 г. представлены далее.

Тест	Значение p -value
Шапиро – Уилка	0,06 > 0,05
Лиллифорса	0,12 > 0,05
Омега-квадрат	0,11 > 0,05
Андерсона – Дарлинга	0,09 > 0,05
Хи-квадрат Пирсона	0,46 > 0,05

Согласно проведённым расчётам, выдвинутая гипотеза справедлива, что позволяет сделать вывод о том, что максимальная удельная нагрузка квартир выборки МКД Москвы, рассчитанная по данным за декабрь 2021 г., подчиняется закону нормального распределения. Это позволяет использовать для проверки наличия в исследуемой выборке выбросов расчётный критерий Граббса [30, 31]. Результаты такой проверки приведены далее.

Максимальная удельная (на квартиру) нагрузка квартир	Значение p -value
$N_{\min} = 0,37$ кВт	1,0 > 0,05
$N_{\max} = 0,54$ кВт	0,15 > 0,05

Значения максимальной удельной нагрузки p -value, которые меньше 0,05, можно считать выбросами и удалить из выборки.

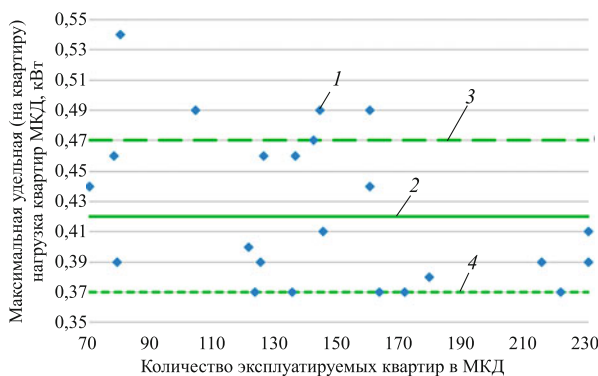


Рис. 6. Максимальная удельная суточная электрическая нагрузка квартир в зависимости от количества эксплуатируемых квартир в группе:

1 – удельное суточное электропотребление; 2 – среднее значение; 3, 4 – среднее значение плюс и минус среднеквадратическое отклонение соответственно

Проверка крайних значений максимальной удельной нагрузки квартир выборки МКД г. Москвы показала, что выбросов в данной выборке нет. Исходя из этого, нет необходимости в проверке других значений выборки. Таким образом, все данные выборки принимаются для дальнейших исследований.

Для максимальной удельной нагрузки квартир выборочной совокупности МКД была получена оценка среднеквадратического отклонения и дисперсии. На основании этих данных был проведён расчёт минимального объёма репрезентативной выборки при величине доверительного интервала $\pm 5\%$ среднего и доверительной вероятности 95%. Результаты расчёта минимального объёма репрезентативной выборки максимальной удельной нагрузки квартир МКД Москвы приведены далее.

Допустимая ошибка, кВт	$\pm 0,02$
Допустимая ошибка, %	± 5
Объём выборки МКД, шт.	24
Минимальный объём репрезентативной выборки, шт.	21

Как видно, объём исследуемой выборки (24 дома) превышает минимальный объём репрезентативной выборки (21 дом). Это позволяет сделать вывод о достаточности размера используемой выборочной совокупности МКД для проведения статистических расчётов и распространения полученных результатов на генеральную совокупность МКД г. Москвы.

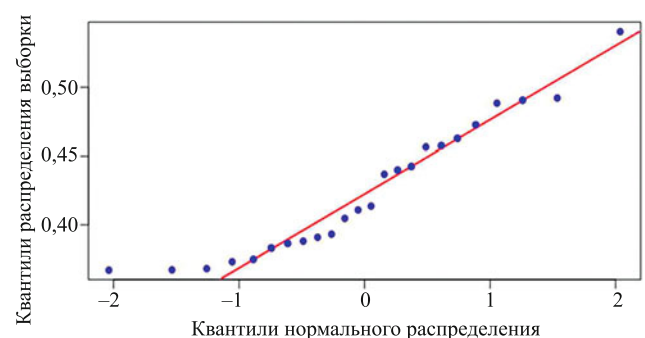


Рис. 7. Нормально-вероятностный график максимальной удельной нагрузки квартир

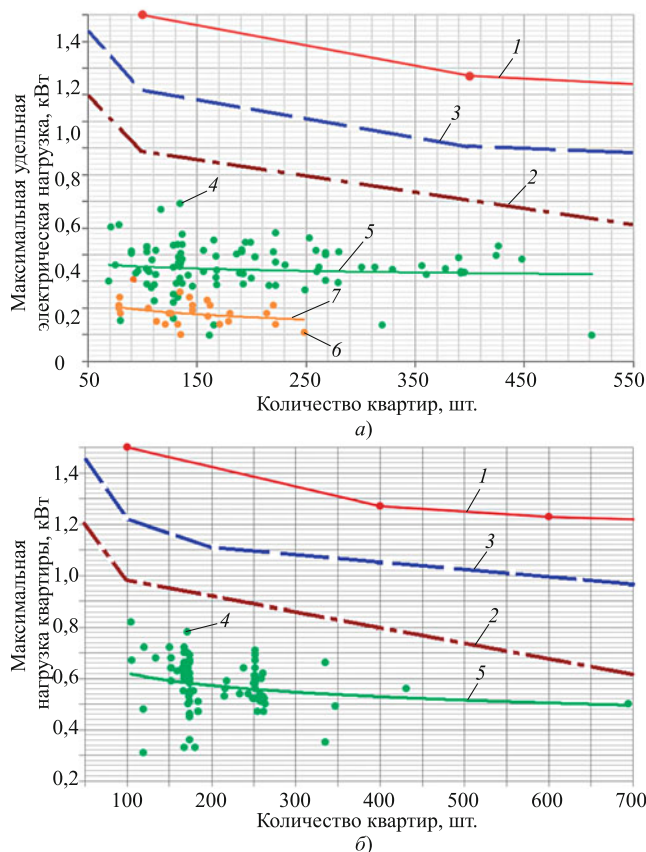


Рис. 8. Зависимость удельных электрических нагрузок квартир от их количества для МКД 11 – 18 этажей (а) и 19 – 25 этажей (б):

1 – по СП [29]; 2 – по методике [28]; 3 – с учётом поправочного коэффициента 0,81 СП [29]; 4 – с учётом общедомовой и коммерческой нагрузки; 5 – среднее (с учётом общедомовой и коммерческой нагрузки); 6 – только квартира; 7 – среднее (квартира)

Для максимальной удельной нагрузки выборочной совокупности МКД г. Москвы было определено среднее значение и доверительный интервал, который с вероятностью 95% покрывает среднее генеральной совокупности. По расчётам, интервал значений, в пределах которого с доверительной вероятностью 95% находится истинное среднее значение удельной нагрузки генеральной совокупности МКД г. Москвы, – 0,404 – 0,446 кВт (на квартиру). Средняя удельная нагрузка генеральной совокупности – 0,425 кВт (на квартиру).

Сравнение фактических удельных электрических нагрузок квартир с нормативными значениями

По результатам формирования различных сочетаний электрических нагрузок по группам квартир, измеренных на ВРУ, на рис. 8 представлена точечная диаграмма рассчитанных для каждого сочетания значений удельных электрических нагрузок и соответствующая им линия тренда. Использовались данные измерений нагрузки за 31.12.2021 г. Также здесь приведены графики для

нормативных значений, записанных в документах регионального и федерального уровней.

Как видно из рис. 8, а, все значения УРЭН, включая их выбросы (5% всех точек), лежат ниже нормативных значений, приведённых как в [29], так и в [28]. При этом [28] учитывает общедомовые нагрузки, за исключением силовой нагрузки. Особенностью выполненных измерений является одновременный съём показаний с приборов учета как исключительно с квартир (показано жёлтым цветом), так и с учетом всей нагрузки МКД, включающей в себя не только всю общедомовую, но и коммерческую нагрузку (показано зелёным цветом). Аналогичные результаты были получены для МКД 19 – 25 этажей (рис. 8, б).

Объём выборки составлял 91 МКД, проверка на репрезентативность показала, что ей удовлетворяет 41 МКД.

Более высокий тренд УРЭН на рис. 8, б в сравнении с рис. 8, а можно объяснить увеличением силовой общедомовой нагрузки. Очевидно, что допустимо дальнейшее снижение нормативных значений удельных электрических нагрузок в сравнении с [28], как это было предпринято московским правительством, уже на федеральном уровне.

Выводы

1. Наличие интеллектуальных приборов учёта позволяет сформировать широкую базу данных по уровню электрических нагрузок МКД не только типовых проектов, но и для жилых домов комфорт-класса и бизнес-класса. Для последних сколько-нибудь достоверные данные, подкреплённые статистическими исследованиями, практически отсутствуют. Основываясь на выполненном исследовании, можно заключить, что потребуется проведение измерений в 20 – 40 домах, где достаточно их выполнять по группам квартир.

2. Можно предположить, что для климатических зон, схожих с Московской областью, и севернее неё, максимальная нагрузка МКД будет приходиться на 31 декабря. Для южных регионов Российской Федерации этот вывод не правомерен; там необходимо выполнить самостоятельные исследования, ориентируясь в первую очередь на летние месяцы. Федеральные документы позволяют вводить региональные нормативные значения удельных электрических нагрузок жилых и общественных зданий. В качестве примера служит Республика Татарстан, где для расчёта заявляемой мощности технологического присоединения МКД такое решение на уровне правительства республики было принято в 2019 г.

3. Выполненные исследования показали, что можно оперировать не только отдельными квартирами, что усложняет измерения, но и их группами, включая и общедомовую нагрузку. Последнее су-

щественно упрощает расчёты по выбору элементов внешней системы электроснабжения МКД, включая питающие трансформаторные подстанции. Однако внутридомовые проводки должны выбираться по отдельности для квартир и для силовой нагрузки. В этом отношении СП [28], где в удельные нагрузки квартир включаются только несиловые общедомовые нагрузки, подходит лучше. Представляется, что было бы целесообразным разделить задачу расчёта электрической мощности на уровне МКД на две части: отдельно сформировать нормативные значения для квартир, включая несиловую общедомовую нагрузку, и отдельно в целом для МКД на уровне его ВРУ, куда будут включены все нагрузки, в том числе и силовые. Результаты будут более достоверные, чем суммирование отдельных нагрузок с использованием коэффициентов. Это предложение является дискуссионным и в дальнейшем авторы предполагают представить соответствующие материалы для его обсуждения.

4. На основе выполненных измерений и их статистической обработки показано, что необходимо уточнение нормативных значений УРЭН МКД, что позволит снизить расходы на системы городского электроснабжения. По результатам выполненной работы было внесено предложение об их корректировке в сторону понижения для МКД типовых проектов города Москвы.

Авторы выражают благодарность строительной компании “ГК “Самолет” за поддержку исследований и “Энергоучёт” – филиал ПАО “Россети”. Московский регион” за информационное обеспечение работы.

Список литературы

1. Ополева, Г. Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов [Текст] / Г. Н. Ополева. – М.: ИД “ФОРУМ” ИНФРА-М, 2018. – 416 с.
2. Солуянов, Ю. И. Энергосберегающие решения в распределительных электрических сетях на основе анализа их фактических нагрузок [Текст] / Ю. И. Солуянов, А. И. Федотов, В. А. Халтурин [и др.] // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2020. – № 5 (62). – С. 68 – 73.
3. Солуянов, Ю. И. Анализ фактических электрических нагрузок объектов индивидуального жилищного строительства [Текст] / Ю. И. Солуянов, А. И. Федотов, Н. В. Чернова [и др.] // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2021. – № 5(68). – С. 60 – 65.
4. Солуянов, Ю. И. Актуализация нормативных значений удельной электрической нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан [Текст] / Ю. И. Солуянов, А. И. Федотов, Ю. Я. Галицкий [и др.] // Электричество. – 2021. – № 6. – С. 62 – 71.
5. Солуянов, Ю. И. Актуализация расчетных электрических нагрузок с последующим практическим применением на примере Республики Татарстан [Текст] / Ю. И. Солуянов, А. И. Федотов, А. Р. Ахметшин [и др.] // Промышленная энергетика. – 2021. – № 2. – С. 32 – 40.
6. Надтока, И. И. Повышение точности расчета электрических нагрузок многоквартирных домов с электроплитами [Текст] / И. И. Надтока, А. В. Павлов // Известия вузов Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2015. – № 2. – С. 45 – 48.
7. Albert, A. Smart meter driven segmentation: what your consumption says about you [Text] / A. Albert, R. Rajagopal // IEEE Transactions on Power Systems. – 2013. – Vol. 28, Is. 4. – P. 4019 – 4030.
8. Carroll, P. Household classification using smart meter data [Text] / P. Carroll, T. Murphy, M. Hanley [et al.] // Journal of official statistics. – 2018. – Vol. 34, No. 1. – P. 1 – 25.
9. Cembranel, S. S. A short review on data mining techniques for electricity customers characterization [Text] / S. S. Cembranel, F. Lezama, J. Soares [et al.] // 2019 IEEE PES GTD Grand International Conference and Exposition Asia. – 2019. – P. 194 – 199.
10. Грачева, Е. И. Влияние нагрузочной способности силовых трансформаторов на их эксплуатационные характеристики [Текст] / Е. И. Грачева, О. В. Наумов, Е. А. Федотов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2017. – Т. 19, № 7 – 8. – С. 71 – 77.
11. Жилкина, Ю. В. Концепции интернета вещей как способ мотивации к энергосбережению [Текст] / Ю. В. Жилкина // Электрические станции. – 2020. – № 2 (1063). – С. 23 – 26.
12. Майоров, А. В. Развитие системы оперативно-технологического управления электросетевым комплексом в рамках концепции цифровой трансформации 2030 [Текст] / А. В. Майоров // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2019. – № S2 (13). – С. 2 – 7.
13. Жилкина, Ю. В. Процессы реформирования электроэнергетики в России [Текст] / Ю. В. Жилкина // Энергетик. – 2020. – № 1. – С. 29 – 32.
14. Mai, W. Electric load forecasting for large office building based on radial basis function neural network [Text] / W. Mai, C. Y. Chung, T. Wu [et al.] // IEEE Power and Energy Society General Meeting. – 2014. – Art. no. 6939378.
15. Ledva, G. S. Separating feeder demand into components using substation, feeder, and smart meter measurements [Text] / G. S. Ledva, J. L. Mathieu // IEEE Transactions on Smart Grid. – 2020. – Vol. 11, Is. 4. – P. 3280 – 3290.
16. Илюшин, П. В. Особенности учета параметров нагрузки при анализе переходных процессов в сетях с объектами распределенной генерации [Текст] / П. В. Илюшин // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2018. – № 6 (51). – С. 54 – 61.
17. Гальперова, Е. В. Долгосрочное прогнозирование спроса на электроэнергию в условиях неопределенности социально-экономического развития страны и конъюнктуры региональных энергетических рынков [Текст] / Е. В. Гальперова, О. В. Мазурова // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2020. – № 3 (60). – С. 41 – 45.
18. Алексеева, И. Ю. Прогнозирование электропотребления с использованием метода искусственных нейронных сетей [Текст] / И. Ю. Алексеева, А. С. Ведерников, М. О. Скрипачев // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2010. – № 2 (27). – С. 135 – 138.
19. Гофман, А. В. Повышение точности краткосрочного и оперативного прогнозирования электропотребления энергосистемы с применением искусственной нейронной сети [Текст] / А. В. Гофман, А. С. Ведерников, Е. С. Ведерникова // Электрические станции. – 2012. – № 7 (972). – С. 36 – 41.
20. Гольдштейн, В. Г. Моделирование электрических режимов разомкнутых воздушных линий электропередачи [Текст] / В. Г. Гольдштейн, А. С. Ведерников, В. В. Криворотова // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2022. – № 2(71). – С. 52 – 58.
21. Воронай, Н. И. Разработка инновационных технологий и средств для оценки и повышения гибкости современных энергосистем [Текст] / Н. И. Воронай, К. Ретанц, У. Хэгер

- [и др.] // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2021. – № 1 (64). – С. 52 – 63.
22. Лоскутов, А. Б. Разработка и исследование гибкой интеллектуальной электрической сети среднего напряжения, основанной на гексагональной структуре [Текст] / А. Б. Лоскутов, А. А. Лоскутов, Д. В. Зырин // Труды НГТУ им. П. Е. Алексеева. – 2016. – № 3 (114). – С. 85 – 94.
 23. Лоскутов, А. Б. Интеллектуальные распределительные сети 10 – 20 кВ с гексагональной конфигурацией [Текст] / А. Б. Лоскутов, Е. Н. Соснина, А. А. Лоскутов [и др.] // Промышленная энергетика. – 2013. – № 12. – С. 3 – 7.
 24. Latifi, M. Reactive power compensation using plugged-in electric vehicles for an AC power grid [Text] / M. Latifi, R. Sabzehgar, M. Rasouli // IECON 2018 – 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. – 2018. – P. 4986 – 4991.
 25. Yao, D. Energy theft detection with energy privacy preservation in the smart grid [Text] / D. Yao, M. Wen, X. Liang [et al.] // IEEE Internet of Things Journal. – 2019. – Vol. 6, Is. 5. – P. 7659 – 7669.
 26. Илюшин, П. В. Разработка схем выдачи мощности объектов распределенной генерации с учетом особенностей со-
временных генерирующих установок [Текст] / П. В. Илюшин // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2019. – № 2 (53). – С. 28 – 35.
 27. О внесении изменений в постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 27.12.2013 № 1071 “Об утверждении республиканских нормативов градостроительного проектирования Республики Татарстан” [Текст]: постановление Кабинета Министров Республики Татарстан № 805 от 09.09.2019.
 28. Методика расчета электрических нагрузок многоквартирных домов [Текст]: разработана по заказу Департамента градостроительной политики г. Москвы в рамках государственного контракта от 22.01.2018 № ДГП 18 – 05-Р. – М.: ОАО “ИНСОЛАР-ИНВЕСТ”.
 29. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа [Текст]: СП 256.1325800.2016.
 30. James, G. An introduction to statistical learning with: Applications in R. [Text] / G. James, D. Witten, T. Hastie [et al.]. – Springer, 2021. – 612 p.
 31. Гореева, Н. М. Статистика [Текст] / Н. М. Гореева, Л. Н. Демидова. – М.: Изд-во Прометей, 2019. – 496 с.

УВАЖАЕМЫЕ АВТОРЫ!

С начала 2016 г. редакция журнала «Электрические станции» принимает статьи только через сайт журнала: www.elst.energy-journals.ru (статьи в журнал «Энергохозяйство за рубежом» – через сайт: www.ehz.energy-journals.ru). Пожалуйста, зарегистрируйтесь как автор на сайте и передайте статью, следуя пошаговой инструкции. Если что-то не будет получаться, обращайтесь в редакцию.

Передав статью через сайт, вы будете наблюдать весь путь прохождения своей статьи – от рецензии до вёрстки! Вы сможете внести правки после редактирования, посмотреть вёрстку и сделать свои замечания, предложения и др.

Редакция