

Актуализация нормативных значений удельной электрической нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан

СОЛУЯНОВ Ю.И.

Ассоциация "Росэлектромонтаж", Москва, Россия

ФЕДОТОВ А.И., ЧЕРНОВА Н.В., АХМЕТШИН А.Р.

КГЭУ, Казань, Россия

ГАЛИЦКИЙ Ю.Я.

АО "Сетевая компания", Казань, Россия

Основными нормативно-техническими документами, регламентирующими расчет электрических нагрузок жилых зданий, являются Свод Правил СП256.1325800.2016 и региональные нормы градостроительного проектирования. Соответствующие нормативные значения удельной электрической мощности, являющиеся основой проектирования систем городского электроснабжения, не пересматривались более 40 лет. Исследование городских трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ в различных регионах Российской Федерации показало, что 70–80% трансформаторов в течение года загружены менее чем на 30% номинальной мощности, а половина из них работает с максимальной загрузкой менее 15%. Изучены фактические суточные профили электрических нагрузок многоквартирных домов за 2016 – 2018 гг. и проведена статистическая обработка данных по электропотреблению. Полученные результаты позволили обосновать допустимость снижения расчетной электрической нагрузки при проектировании многоквартирных домов и разработать новые региональные нормативы удельных расчетных нагрузок. Актуализированные нормативные значения удельных электрических нагрузок применимы к многоквартирному дому в целом и учитывают как электрическую нагрузку отдельных квартир, так и общедомовое электропотребление. На примере жилого комплекса «Салават Купере» показана экономическая эффективность применения новых нормативов при расчетах электрических нагрузок и выборе электрооборудования.

К л ю ч е в ы е с л о в а: *удельная расчетная электрическая нагрузка, проектирование электрической сети, резервная электрическая мощность, потери электроэнергии, система электроснабжения*

Ассоциация «Росэлектромонтаж» (Ассоциация) кроме экспертной деятельности в области электро-монтажного производства занимается разработкой, утверждением и распространением отраслевых нормативно-технических документов. В 1997 г. на базе Ассоциации был создан Технический комитет Росстандарта ТК337 «Электроустановки зданий», который принимает участие в разработке и согласовании проектов стандартов Международной электротехнической комиссии (МЭК). За последние годы Ассоциацией было разработано более 10 стандартов статуса ГОСТ Р и четыре свода правил. На постоянной основе ведется деятельность по пересмотру и выпуску нормативно-технической документации по тематике электроустановок зданий в соответствии с Законом «О техническом регулировании» [1]. Одним из приоритетных направлений является проведение научных исследований по актуализации удельных расчетных электрических нагрузок [2]. Предложения по реализации проекта по актуализации

удельных электрических нагрузок для всех регионов поддержало Правительство Российской Федерации.

При расчете электрических нагрузок жилых зданий проектные организации используют нормативные удельные расчетные электрические нагрузки [3]. Практика эксплуатации систем электроснабжения показывает, что в большинстве случаев реальные нагрузки бытовых потребителей ниже расчетных в 1,5 – 2,5 раза [4]. Трансформаторные подстанции (ТП) 10/0,4 кВ и кабельные сети по факту оказываются недогруженными [5–8]. Проведенные исследования ТП 10/0,4 кВ в городах и регионах Российской Федерации показали, что 70–80% ТП в течение года загружены менее чем на 30% номинальной мощности, из них половина ТП работают с максимальной загрузкой менее 15% [2, 4], рис. 1. В Москве и Московской области нагрузка ТП выше, соответственно 66% и 83% ТП загружены до 50%.

Данная ситуация свидетельствует о наличии повышенных потерь в силовых трансформаторах [4, 9], не-

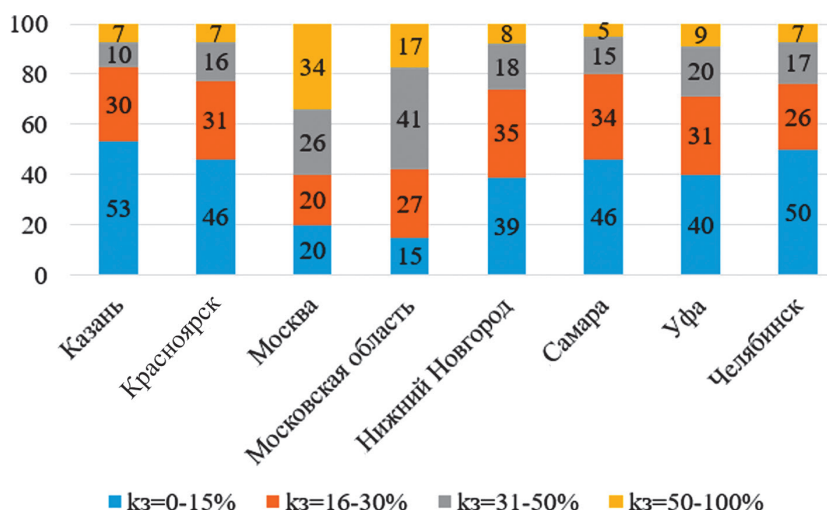


Рис. 1. Загрузка трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ

Fig. 1. Loading transformer substations 10/0.4 kV

эффективном использовании инвестиций, завышенной стоимости коммерческих и жилых помещений, о завышенной стоимости технологического присоединения к электрическим сетям, увеличенных сроках строительства распределительных сетей.

При высокой плотности застройки и большой дисперсии нагрузок при использовании максимальных значений в репрезентативных выборках могут возникнуть режимы, в которых перегрузка трансформаторов превышает допустимые значения в течение длительного периода. В таких случаях может быть предусмотрена интеллектуальная электрическая сеть, обладающая топологической гибкостью и повышенными возможностями резервирования [10, 11]. АО «Сетевая компания» (Казань) ведет работу по внедрению городских интеллектуальных электрических сетей, в концепцию которых заложены элементы гексагональной структуры для обеспечения функции самовосстановления сети в послеаварийном режиме.

Следует отметить, что догрузить силовые трансформаторы в большинстве случаев не представляется возможным, поскольку ТП по документам загружены полностью, что приводит к появлению «запертой электрической мощности».

Из отчёта АО «СО ЕЭС» 2020 г. [12] следует, что установленная мощность электростанций Российской Федерации составляет 245,31 ГВт, а нагрузки электростанций на годовой максимум потребления мощности – 151,96 ГВт, т.е. 93,35 ГВт не использовалось. На объекты жилья и социального, культурного и бытового назначения приходится 20%, в том числе на жилье 14,7% потребляемой мощности [13], т.е. из 93,35 ГВт неиспользуемой («запертой») мощности 18,7 ГВт приходится на объекты жилья и соцкультбыта.

С 2012 по 2016 гг. в стране ежегодный темп прироста конечного потребления электроэнергии составил 0,3% [13], однако введенные в те же годы мощности

сетевой инфраструктуры способны покрыть нагрузку потребителей на 86 ГВт. Фактическая же неиспользуемая («запертая») мощность при этом составила более 85–88% [13], что соответствует 73,1–75,68 ГВт.

Проведение научных исследований, направленных на корректировку удельных нагрузок с использованием фактических данных по электрической мощности и с их статистической обработкой, чрезвычайно актуально.

Статистическая обработка данных по электропотреблению. Целью исследования является актуализация обоснованных величин удельных нагрузок многоквартирных домов (МКД), для чего необходима их статистическая оценка и проверка в ретроспективе за предшествующие годы [14–17]. Основой для этого служат суточные профили мощности МКД за периоды наибольших нагрузок, каковыми для Республики Татарстан являются зимние месяцы [2, 4, 7, 16]. Учитывая ограниченные возможности получения профилей мощности большого количества МКД с последующей их обработкой и обоснованием репрезентативности выборок, за основу был принят подход определения достаточного количества объектов по электропотреблению частных выборок из генеральной совокупности МКД. По полученной репрезентативной выборке в каждой из категорий МКД проводилась статистическая обработка суточных профилей мощности.

Основной задачей выборочного обследования является: с минимальным объемом выборки получить как можно более точное описание интересующей генеральной совокупности на основе выборочных данных. Добиться этого можно только на основе репрезентативной (представительной) выборки. Для определения объема выборочной совокупности МКД необходимо определить величину дисперсии генеральной совокупности [18].

По данным, предоставленным АО «Сетевая компания», случайным образом проведена выборка по вели-

чине расхода электроэнергии. Величина генеральной совокупности МКД в Казани составляет 5591 дом. Из нее, по критерию отсутствия в жилом доме посторонней нагрузки, было отобрано 405 многоквартирных домов, далее – пилотная выборка МКД. В дальнейших расчетах используется удельное электропотребление [кВт·ч/кв] с учетом количества квартир в многоквартирном доме.

Построение гистограмм распределения электропотребления. Гистограммы среднего удельного электропотребления позволяют визуально оценить характер его распределения для определения минимального объема репрезентативной выборки.

Проанализирован качественный состав домов, попавших в пилотную выборку МКД Казани. По результатам исследований [2, 4, 16] были сформированы 3 группы по электропотреблению внутри данной выборки: 1) МКД без лифтов и электрических плит; 2) МКД

с лифтами, без электрических плит; 3) МКД с лифтами и электрическими плитами.

Далее был проведен анализ удельного электропотребления МКД внутри каждой группы по данным за 2016–2018 гг., для чего были построены гистограммы распределения выборок. На рис. 2,а приведен пример гистограммы выборки МКД для второй группы. На рис. 2,б показана плотность распределения вероятности, полученная методом «ядерного сглаживания».

Анализ полученных результатов позволяет выдвинуть гипотезу о нормальном распределении удельного электропотребления внутри групп. Оценка нормальности распределения позволит определиться с математическим аппаратом при расчете минимального состава выборки МКД для каждой из трех групп.

Оценка нормальности распределения данных. Для оценки нормальности распределения данных

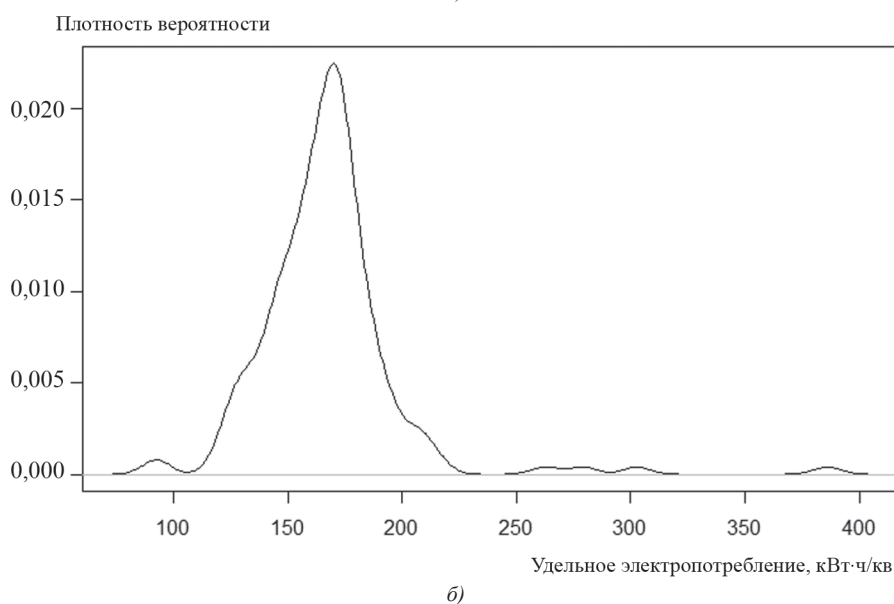
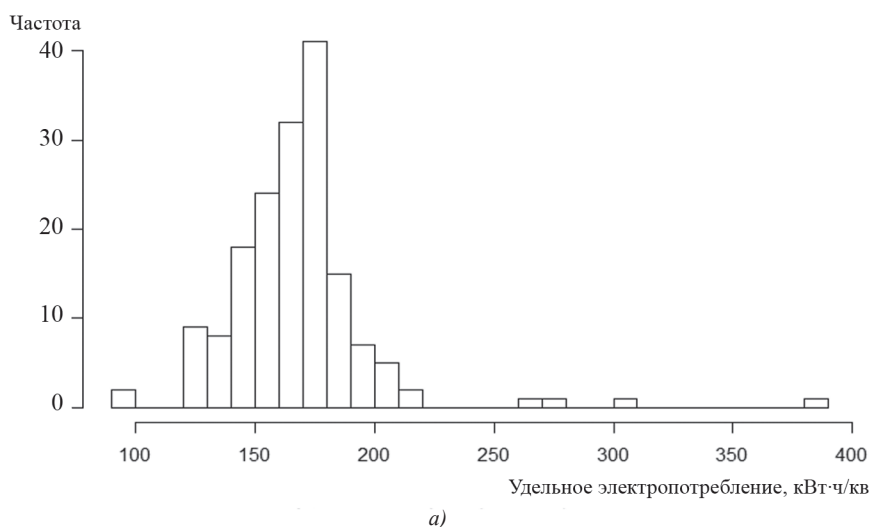


Рис. 2. Гистограмма распределения выборочной совокупности (а) и плотность распределения вероятности (б)

Fig. 2. The histogram of the sample population distribution (a) and the probability distribution density (b)

были использованы графические и расчетные методы [19]. Взят интервал наблюдений в 2 года.

Для оценки характера распределения данных графическими методами были построены ящичные диаграммы удельного электропотребления и нормально-вероятностные графики для трех исследуемых групп МКД. Пример ящичной диаграммы удельного электропотребления для 2-й группы выборки приведен на рис. 3.

Как показывает ящичная диаграмма (рис. 3), положение линии медианы в центре «ящика», а также симметрия «усов» соответствуют нормальному распределению данных. Однако имеется некоторое количество значений (выбросов), выходящих за пределы «усов» ящичной диаграммы, которые могут повлиять на расчетные методы оценки нормальности и расчетные значения среднего по выборке.

Для оценки нормальности распределения данных, т.е. близости этого распределения к нормальному, также был

построен нормально-вероятностный график для трех групп выборки. Пример оценки нормальности распределения данных для 2-й группы выборки приведен на рис. 4.

График (рис. 4) показывает практически полное соответствие значений электропотребления выборки ожидаемым от нормального распределения значениям на всем протяжении графика, кроме его крайней правой части. Эти же значения попали за пределы «усов» ящичной диаграммы.

Таким образом, применение графических методов позволило выдвинуть гипотезу о нормальности распределения данных выборок всех групп МКД. Для подтверждения гипотезы нормального распределения была проведена тестовая проверка.

Тестовая проверка гипотезы нормального распределения. В результате применения к данным выборок групп МКД тестов проверки нормальности распределения были получены результаты, приведенные в табл. 1.

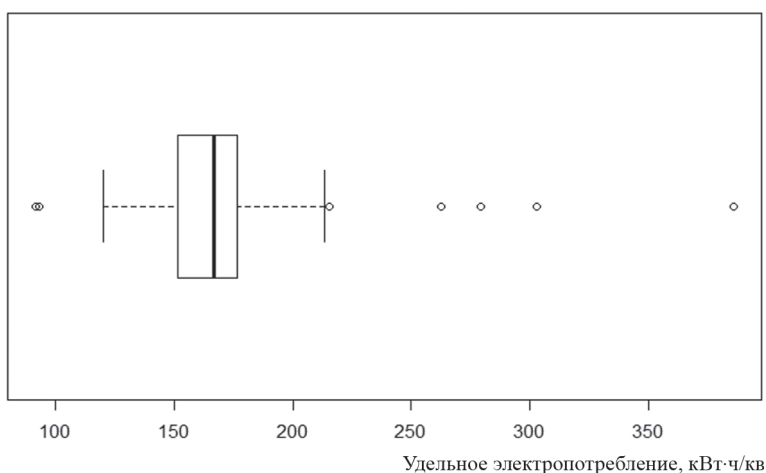


Рис. 3. Ящичная диаграмма удельного электропотребления для 2-й группы МКД

Fig. 3. Box diagram of specific power consumption for group 2

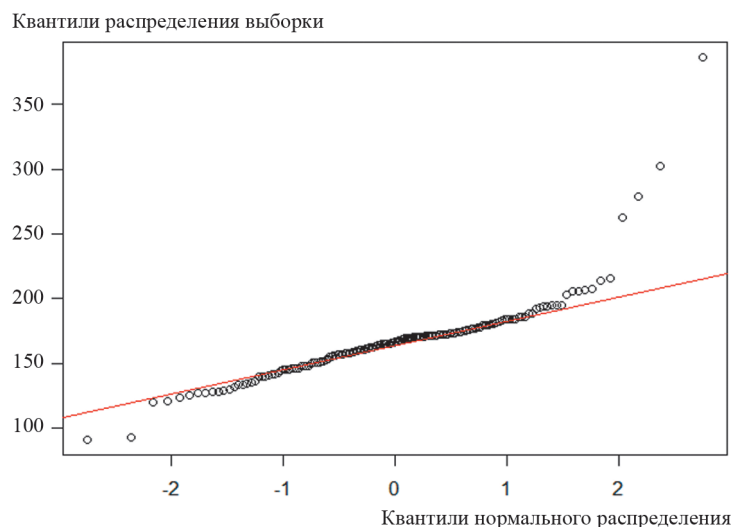


Рис. 4. Оценка нормальности распределения данных для 2-й группы МКД

Fig. 4. Estimation of normality of data distribution for group 2

Таблица 1

Значение p -value нормальности распределения данных 1-3 групп МКД
The p -value of the normality of the distribution of data from 1-3 groups of MKD

Группа МКД	Тест				
	Шапиро–Уилка	Лиллифорса	Ω^2	Андерсона–Дарлинга	χ^2 Пирсона
1	0,1963	0,2191	0,1343	0,1224	0,5871
2	0,1425	0,3252	0,05588	0,06785	0,1317
3	0,4160	0,5572	0,7359	0,5683	0,8615

Для всех тестов подобного рода принимается утверждение, что если p -value не превосходит заданный уровень значимости (обычно принимается 0,05), то тест не отклоняет нулевую гипотезу нормальности распределения данных в выборке. Т.е., если p -value > 0,05, то имеем нормальное распределение среднего электропотребления. Таким образом, по результатам проверки можно сделать вывод о том, что данные в группах МКД нормально распределены.

Расчет минимального объема репрезентативной выборки. Исключение грубых погрешностей. Для исключения грубых погрешностей в исходных данных согласно ГОСТ Р 8.736–2011 [20] следует использовать расчетный критерий Граббса [19]. Значения электропотребления, p -value которых меньше 0,05, можно считать выбросами и удалить из выборки.

Результаты отбраковки выбросов по критерию Граббса для 1–3 групп МКД показали: для 1-й группы МКД должны быть удалены значения электропотребления выше 185,694 кВт·ч/кв и ниже 90,891 кВт·ч/кв; для 2-й группы значения электропотребления выше

215,651 кВт·ч/кв и ниже 120,202 кВт·ч/кв; для 3-й группы принята исходная выборка (критерий Граббса не выявил выбросов). Пример ящичной диаграммы и нормально-вероятностного графика для 2-й группы МКД после отбраковки данных приведен на рис. 5, а и б.

Полученные в результате исключения выбросов выборки были использованы для определения объема репрезентативной выборки для каждой группы МКД.

Описательная статистика для выборок. В табл. 2 приведены показатели, определенные по усредненному электропотреблению за 2 года наблюдений.

Получив по данным пилотного исследования оценку среднеквадратичного отклонения, был проведен расчет минимального объема репрезентативной выборки для каждой из групп при максимальной ошибке репрезентативности $\pm 10\%$ среднего и доверительной вероятности 90%. Результаты расчета сведены в табл. 3.

В табл. 3 показано, как изменится величина репрезентативной выборки для каждой из групп при максимальной ошибке репрезентативности до $\pm 5\%$ от среднего и доверительной вероятности 95%.

Таблица 2

Базовые статистические показатели групп
Basic statistics of groups

Группа МКД	N , шт.	\bar{X} _{ср.уд.} , кВт·ч/кв	S , кВт·ч/кв	Me , кВт·ч/кв	\bar{X} _{ср.уд.мин.} , кВт·ч/кв	\bar{X} _{ср.уд.макс.} , кВт·ч/кв	D , кВт·ч/кв	$Q_{25\%}$, кВт·ч/кв	$Q_{75\%}$, кВт·ч/кв
1	166	133,97	14,66	134,21	93,12	172,2	79,08	123,23	143,41
2	161	164,75	19,43	166,34	120,2	215,65	95,45	151,9	175,56
3	53	223,69	36,26	214,6	150,88	296,64	145,76	202,7	251,0

Обозначения в табл. 2: N – размер выборки; \bar{X} _{ср.уд.} – удельное среднее электропотребление; S – среднеквадратичное отклонение; Me – медиана; \bar{X} _{ср.уд.мин.} – минимальное значение удельного среднего электропотребления; \bar{X} _{ср.уд.макс.} – максимальное значение удельного среднего электропотребления; D – диапазон изменения удельного среднего электропотребления; $Q_{25\%}$ – первый квартиль; $Q_{75\%}$ – третий квартиль.

Таблица 3

Минимальный объем репрезентативной выборки для групп МКД
The minimum size of a representative sample for groups of MKD

Группа МКД	Объем генеральной совокупности, шт.	Объем выборки, шт.	Минимальный объем репрезентативной выборки, шт., при доверительной вероятности	
			90%	95%
1	3210	166	6	25
2	1858	161	6	24
3	500	53	9	41

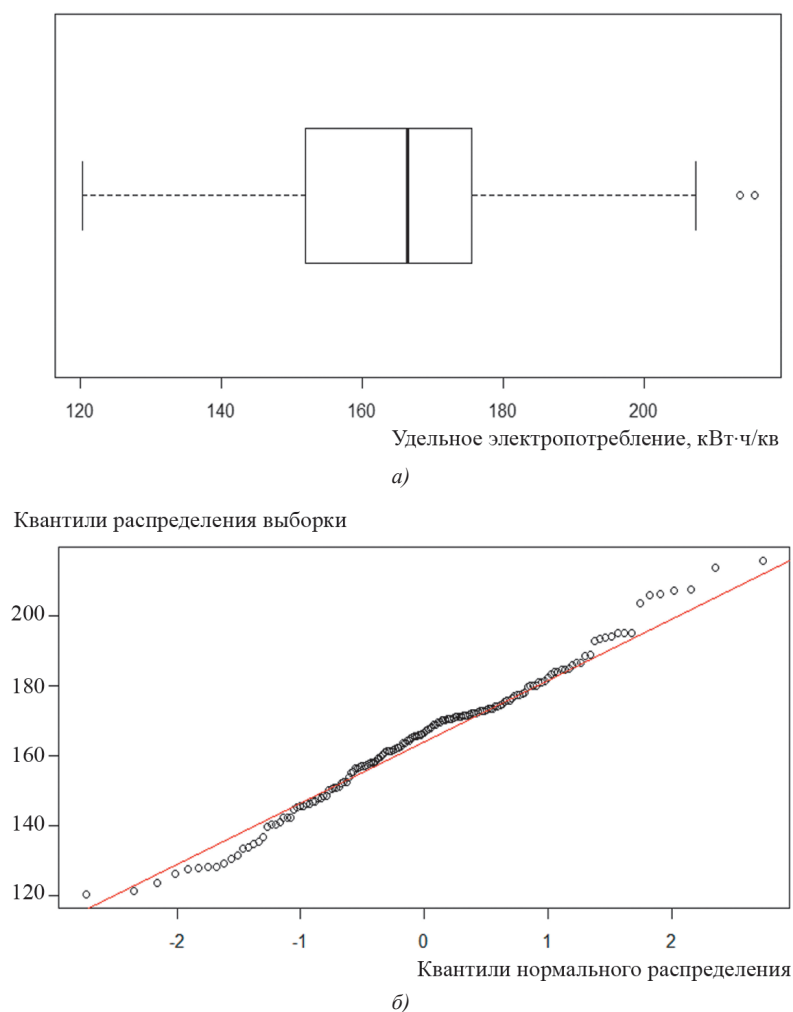


Рис. 5. Ящичная диаграмма (а) и нормально-вероятностный график (б) удельного электропотребления МКД

Fig. 5. Box diagram (a) and normal-probabilistic graph (b) of the specific power consumption of MKD

Результаты показывают достаточность размера минимального объема репрезентативной выборки используемых пилотных выборок групп для проведения статистических расчетов удельных нагрузок мощности.

Оценка статистической значимости разделения МКД. Для проверки предположения о статистической значимости групп МКД отобразим рассчитанные по выборкам групп статистические показатели на ящичной диаграмме. Данные для групп МКД Казани показаны на рис. 6.

Как видно из диаграммы на рис. 6, «ящички» распределений не пересекаются, что является признаком статистической значимости разницы средних по данным группам.

Согласно проведенным тестам Уэлча и Уилкоксона (Манна – Уитни) [19, 20] было выявлено, что принятое разбиение МКД на группы корректно.

Определение удельной расчетной электрической нагрузки. Для определения значения удельной нагрузки на одну квартиру по группам МКД с учетом

установленного количества объектов репрезентативной выборки были построены точечные диаграммы распределения удельной мощности в зависимости от количества квартир в доме. Объем выборки для 1-й группы составил 54 МКД, для 2-й группы – 44 МКД, для 3-й группы – 45 МКД.

На рис. 7 показан пример точечных диаграмм распределения удельной мощности в зависимости от количества квартир для 2-й группы МКД. Данные приведены по дню с наибольшим потреблением электроэнергии за исследуемый период. Для 2-й группы МКД эти дни выпали на 31.12.2016 г. (27 домов) и 28.01.2018 г. (17 домов).

Результаты проведенных исследований нашли свое отражение в постановлении Кабинета Министров Республики Татарстан от 09.09.2019 г. № 805 (снижение удельных расчетных электрических нагрузок МКД составило от 223% до 50%) [2, 4, 16]. Актуализированная удельная электрическая нагрузка РЗМ.УД электроприемников квартир жилых зданий для расчета заявленной мощности [21] представлена в табл. 4.

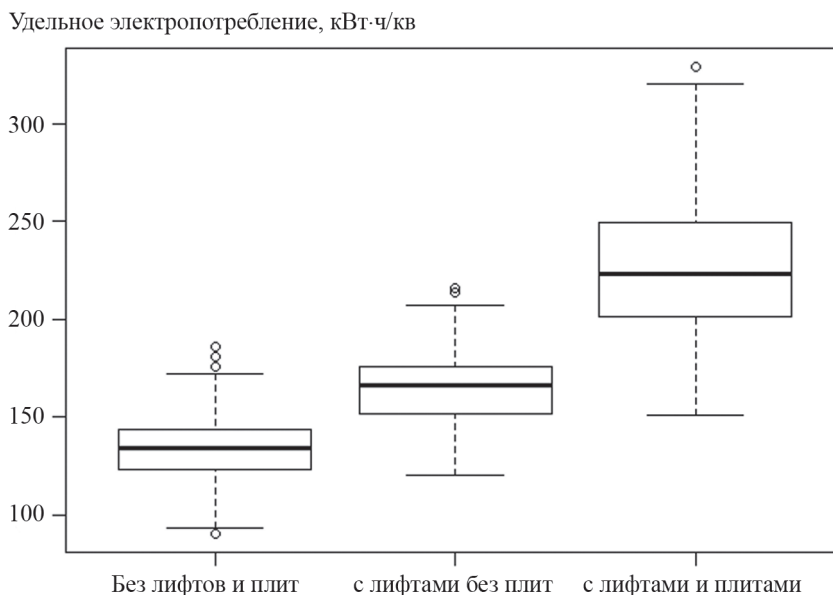


Рис. 6. Ящичная диаграмма удельного электропотребления МКД

Fig. 6. Box diagram of the specific power consumption of MKD

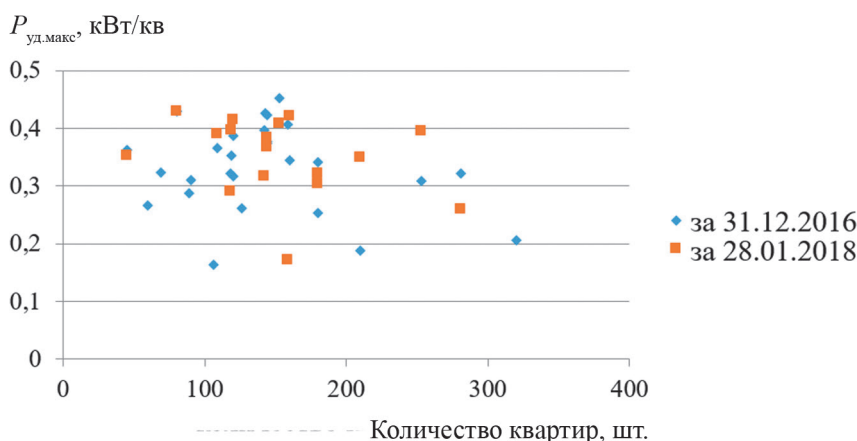


Рис. 7. Зависимость удельной максимальной нагрузки от количества квартир для МКД 2-й группы

Fig. 7. Dependence of the specific maximum load on the number of apartments for apartment blocks of the 2nd group

Таблица 4

Удельная нагрузка РЗМ.УД электроприемников квартир жилых зданий для расчета заявленной мощности
Specific load РЗМ.УД of electrical consumers of residential apartments buildings for calculating the declared power

Потребители	Удельная электрическая нагрузка $P_{уд}$, кВт/кв
1-я группа МКД	0,53
2-я группа МКД	0,61
3-я группа МКД	0,81

Примечание: 1. Значения удельной электрической нагрузки для расчета заявленной мощности верны для МКД 1-й и 2-й групп с количеством квартир 40 и более, для 3-й группы – с количеством квартир 65 или более.

2. Удельные электрические нагрузки всех групп учитывают общедомовые нагрузки, в том числе лифт для 2-й и 3-й групп.

3. Удельная электрическая нагрузка для расчета заявленной мощности приведена для квартир средней общей площадью 70 кв. м (квартиры от 35 до 90 кв. м) в зданиях по стандартным проектам.

Результаты расчетов

Calculation results

Показатель	Расчет по [21]	Расчет по [3]	Разница
Требуемая мощность (стоимость технологического присоединения)	3 МВт (3,6 млн руб.)	5,6 МВт (6,7 млн руб.)	2,6 МВт (3,1 млн руб.)
ТП 10/0,4 кВ, шт. (стоимость ТП)	2 ТП по 1200кВ·А (32 млн руб.)	4 ТП по 1200кВ·А (64 млн руб.)	2 ТП (32 млн руб.)
		Итого:	35,1 млн руб.

Заявленная мощность жилого здания в соответствии с [21] определяется по формуле:

$$P_{зм} = P_{зм,уд} \cdot N_{зм},$$

где $P_{зм,уд}$ – удельная нагрузка электроприемников квартир для расчета заявленной мощности МКД, кВт/кв; $N_{зм}$ – количество подключенных к ТП квартир в МКД, шт.

Для оценки укрупнённого экономического эффекта были выбраны 2-й и 3-й кварталы строящегося жилого комплекса «Салават Купере» (рис. 8). Результаты расчетов представлены в табл. 5.

Укрупнённый экономический эффект от актуализации удельной расчетной электрической нагрузки для МКД определяется снижением стоимости технологического присоединения, мощности (количества) силовых трансформаторов ТП, сечения питающих кабелей и, следовательно, снижением капитальных затрат при строительстве и эксплуатации. Экономический эффект для жилого комплекса «Салават Купере» (2-й и 3-й кварталы) составит порядка 35,1 млн руб. (159 тыс. кв. м жилья).

По оценкам экспертов ожидаемый экономический эффект для Российской Федерации при сохранении существующих темпов строительства составит около 100 млрд руб. в год, включая снижение технологических потерь электроэнергии в сетях [2, 4].

Выводы. Проведенные исследования электропотребления многоквартирных домов позволили обосновать допустимость снижения расчетной электрической нагрузки при их проектировании и разработать новые региональные нормативы удельного электропотребления в Республике Татарстан. В отличие от действующих норм, актуализированные значения удельной расчетной электрической нагрузки на одну квартиру учитывают общедомовое электропотребление, что упрощает определение заявленной мощности технологического присоединения МКД.

Экономическая эффективность от применения актуализированных значений электрических нагрузок МКД определяется снижением затрат на системы электроснабжения городских микрорайонов, предоставлением законодательно подтвержденной возможности подключения зарядных станций для электромобилей к уже действующим подстанциям 10/0,4 кВ.

Неравномерность суточных графиков электрических нагрузок в жилом секторе, способность масляных



Рис. 8. Жилой комплекс «Салават Купере» (2 и 3 кварталы)

Fig. 8. Residential complex "Salavat Kupere" (the 2nd and 3rd quarters)

трансформаторов работать определенное время с перегрузкой и развитие интеллектуальных электрических сетей позволяют сделать вывод о необходимости дальнейших исследований по совершенствованию методов расчета электрической нагрузки как на уровне вводных распределительных устройств МКД, так и на уровне отходящих фидеров и в целом подстанций 10/0,4 кВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Федеральный деловой журнал ТСП. Тренды. События. Рынки** «Росэлектромонтаж»: сила – в единстве! / Выпуск 4-5 (157-158) от 27.05.2020 г. [Электрон. ресурс] <http://tsr-media.ru/articles/media/2020/6/14/roselektromontazh-sila-v-edinstve/> (дата обращения 27.04.2021).
2. **Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Халтурин В.А.** Актуализация расчетных электрических нагрузок с последующим практическим применением на примере Республики Татарстан. – Промышленная энергетика, 2021, № 2, с. 32–40.
3. **СП 256.1325800.2016.** Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа. М.: Стандартинформ, 2017, 84 с.
4. **Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Халтурин В.А.** Энергосберегающие решения в распределительных электрических сетях на основе анализа их фактических нагрузок. – Электроэнергия. Передача и распределение, 2020, № 5 (62), с. 68–73.
5. **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 (ISGT NA), 2020, DOI:10.1109/ISGT45199.2020.9087641.
6. **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.

7. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Солуянов Д.Ю., Ахметшин А.Р. Актуализация электрических нагрузок многоквартирных жилых домов. – Вестник Чувашского университета, 2020, №1, с. 180–189.

8. 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.

9. 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. 36–39.00

10. Лоскутов А.Б., Соснина Е.Н., Лоскутов А.А., Зырин Д.В. Интеллектуальные распределительные сети 10–20 кВ с гексагональной конфигурацией. – Промышленная энергетика, 2013, № 12, с. 3–7.

11. 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. П.Е. Алексеева, 2016, №3 (114), с. 85–94.

12. АО «СО ЕЭС». Отчет о функционировании Единой энергетической системы Российской Федерации в 2020 году [Электрон. ресурс] https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2021/ups_ger2020.pdf (дата обращения 27.04.2021).

13. 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.

14. Carroll P., Murphy T., Hanley M., et al. Household classification using smart meter data. – Journal of official statistics, 2018, vol. 34, No. 1, pp. 1–25.

15. 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.

16. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Солуянов В.И., Халтурин В.А. Актуализация удельных электрических нагрузок дошкольных образовательных и общеобразовательных учреждений. – Вестник Чувашского университета, 2021, № 1, с. 134–145

17. Alzate E.B., Bueno-López, M., Xie J., Strunz K. Distribution system state estimation to support coordinated voltage-control strategies by using smart meters. – IEEE Transactions on Power Systems, 2019, vol. 34, iss. 6, pp. 5198–5207.

18. Барз В.Р. Выборочный метод статистического анализа: Учебное электронное текстовое издание. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГПУ-УПИ, 2008, 67 с.

19. Ефимова М.Р., Петрова Е.В., Румянцев В.Н. Общая теория статистики. М.: ИНФРА-М, 2011, 416 с.

20. ГОСТ Р 8.736-2011. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.

Государственная система обеспечения единства измерений. М.: Стандартинформ, 2013, 23 с.

21. Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 09.09.2019 г. № 805. О внесении изменений в постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 27.12.2013 № 1071. Об утверждении республиканских нормативов градостроительного проектирования Республики Татарстан.

[24.02.2021]



Авторы: Солуянов Юрий Иванович – профессор, доктор техн. наук, президент Ассоциации «Росэлектромонтаж».



Федотов Александр Иванович – доктор техн. наук, профессор кафедры «Электрические станции им. В.К. Шибанова» Казанского государственного энергетического университета.



Галицкий Юрий Яковлевич – кандидат техн. наук, советник генерального директора АО «Сетевая компания».



Чернова Наталья Владимировна – кандидат техн. наук, старший научный сотрудник Инжинирингового центра «Компьютерное моделирование и инжиниринг в области энергетики и энергетического машиностроения» Казанского государственного энергетического университета.



Ахметшин Азат Ринатович – кандидат техн. наук, доцент кафедры «Энергетическое машиностроение» Казанского государственного энергетического университета.

Updating the Standard Specific Electric Loads of Apartment Buildings in the Republic of Tatarstan

SOLUYANOV Yury I. (Association «Roselectromontazh», Moscow, Russia) – President, Dr. Sci. (Eng.).

FEDOTOV Alexander I. (Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia) – Professor of the Power Plants n.a. V.K. Shibanov Dept., professor; Dr. Sci. (Eng.).

GALITSKY Yury Ya. (JSC «Network Company», Kazan, Russia) – Advisor to Director General, Cand. Sci. (Eng.).

CHERNOVA Natalya V. (Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia) – Senior Researcher of the Engineering Center Computer Modeling and Engineering in the Field of Energy and Power Engineering, Cand. Sci. (Eng.).

AKHMETSHIN Azat R. (Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia) – Associate Professor of the Power Engineering Dept., Cand. Sci. (Eng.).

The Code of Practices SP256.1325800.2016 and regional standards for urban planning design are the main regulatory and technical documents regulating the design analysis of residential building electrical loads. The relevant standard values of specific electric power, which serve as the basis for designing urban power supply systems, have not been revised for more than 40 years. A study of 10/0.4 kV urban transformer substations in different regions of the Russian Federation has shown that 70 to 80% of transformers are loaded by less than 30% of their rated capacity during the year, and half of them operate with a maximum load of less than 15%. The actual daily profiles of apartment building electrical loads for the period 2016-2018 were studied, and data on power consumption were statistically processed. The results obtained allowed us to justify the possibility of reducing the design electrical load in designing apartment buildings and to develop new regional standards for specific design loads. The updated standard values of specific electrical loads are applicable to an apartment building as a whole and take into account both the electrical load of individual apartments and the general household electricity consumption. The economic efficiency of applying the new standard values in performing design calculation of electrical loads and selecting the electrical equipment is shown taking the Salavat Kupere residential complex as an example.

Key words: specific design electrical load, electrical network designing, standby electrical power, electricity losses, power supply system

REFERENCES

1. **Federal business magazine TCP. Trends. Events. Markets** - Roselectromontazh: strength is in unity! / Issue 4-5 (157-158) dated 05/27/2020 [Electron Resource] <http://tsr-media.ru/articles/media/2020/6/14/roselectromontazh-sila-v-edinstve> (Date of appeal 27.04.2021).

2. **Soluyanov Yu.I., Fedotov A.I., Akhmetshin A.R., Khalturin V.A.** *Promyshlennaya energetika – in Russ. (Industrial energy)*, 2021, No. 2, pp. 32–40.

3. **SP 256.1325800.2016.** *Elektroustanovki zhilykh i obshchestvennykh zdaniy. Pravila proektirovaniya i montazha* (Electrical installations of residential and public buildings. Design and installation rules). M.: Standartinform, 2017, 84 p.

4. **Soluyanov Yu.I., Fedotov A.I., Akhmetshin A.R., Khalturin V.A.** *Elektroenergiya. Peredacha i raspredelenie – in Russ. (Electricity. Transmission and distribution)*, 2020, No. 5 (62), pp. 68–73.

5. **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 (ISGT NA), 2020, DOI:10.1109/ISGT45199.2020.9087641.

6. **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.

7. **Soluyanov Yu.I., Fedotov A.I., Soluyanov D.Yu., Akhmetshin A.R.** *Vestnik Chuvashskogo universiteta – in Russ. (Bulletin of the Chuvash University)*, 2020, No. 1, pp. 180–189.

8. **Nadtoka I.I., Pavlov A.V.** *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskie nauki – in Russ. (Proceedings of universities. North Caucasian region. Technical science)*, 2015, No.2, pp. 45–48.

9. **Nadtoka I.I., Pavlov A.V.** *Izvestiya vuzov. Elektromekhanika – in Russ. (Russian Electromechanics)*, 2014, No.3, pp. 36–39.

10. **Loskutov A.B., Sosnina E.N., Loskutov A.A., Zyryin D.V.** *Promyshlennaya energetika – in Russ. (Industrial energy)*, 2013, No. 12, pp. 3–7.

11. **Loskutov A.B., Loskutov A.A., Zyryin D.V.** *Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva – in Russ. (Proceedings of NNSTU a.n. R.E. Alekseev)*, 2016, No. 3 (114), pp. 85–94.

12. **JSC «SO UPS»** - Report on the functioning of the Unified Energy System of the Russian Federation in 2020 [Electron Resource] https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2021/ups_rep2020.pdf (Date of appeal 27.04.21).

13. **Antonov N.V., Evdokimov M.Yu., Chicherov E.A.** *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki – in Russ. (Bulletin of the Moscow State Regional University. Series: Natural Sciences)*, 2019, No. 4, pp. 53–71.

14. **Carroll P., Murphy T., Hanley M., et al.** Household classification using smart meter data. – Journal of official statistics, 2018, vol. 34, No. 1, pp. 1–25.

15. **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.

16. **Soluyanov Yu.I., Fedotov A.I., Akhmetshin A.R., Soluyanov V.I., Khalturin V.A.** *Vestnik Chuvashskogo universiteta – in Russ. (Bulletin of the Chuvash University)*, 2021, No.1, pp. 134–145

17. **Alzate E.B., Bueno-López, M., Xie J., Strunz K.** Distribution system state estimation to support coordinated voltage-control strategies by using smart meters. – IEEE Transactions on Power Systems, 2019, vol. 34, iss. 6, pp. 5198–5207.

18. **Baraz V.R.** *Vyborochnyi metod statisticheskogo analiza: Uchebnoe elektronnoe tekstovoe izdanie (Selective method of statistical analysis: Educational electronic text edition)*. Yekaterinburg: GOU VPO UGPU-UPI, 2008, 67 p.

19. **Efimova M.R., Petrova E.V., Rumyantsev V.N.** *Obshchaya teoriya statistik (General theory of statistics)*. M.: INFRA-M, 2013, 416 p.

20. **GOST R 8.736-2011.** *Izmereniya pryamye mnogokratnye. Metody obrabotki rezul'tatov izmerenii. Osnovnye polozheniya. Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmerenii (Multiple direct measurements. Methods for processing measurement results. Basic provisions. State system for ensuring the uniformity of measurements)*. M.: Standartinform, 2013, 23 p.

21. **Postanovlenie Kabinetа Ministrov Respubliki Tatarstan № 805 ot 09.09.2019 g.** *O vnesenii izmenenii v postanovlenie Kabinetа Ministrov Respubliki Tatarstan ot 27.12.2013 № 1071. Ob utverzhenii republikanskikh normativov gradostroitel'nogo proektirovaniya Respubliki Tatarstan* (On amendments to the Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Tatarstan dated December 27, 2013 No. 1071. On the approval of republican standards for urban planning of the Republic of Tatarstan).