

УДК 621.311

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕКУЩИХ ТЕНДЕНЦИЙ РОСТА КОММУНАЛЬНО-БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В КОТТЕДЖНЫХ ПОСЕЛКАХ

Куликов А.А.¹, студент гр. ЭТа-251, I курсНаучный руководитель: Воронин В.А.¹, к.т.н., доцент¹Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

За период 2020 – 2024 годов потребление электрической энергии по ЕЭС России увеличилось на 96 993,4 млн кВт·ч (на 9,4 %), максимум потребления мощности увеличился на 8,9 % [1].

Согласно проекту СиПР [1] к 2031 году среднегодовые темпы прироста потребления электроэнергии и максимума мощности относительно уровня 2024 года составят 2,08% и 2,09% соответственно. прогнозные дефициты мощности зафиксированы в нескольких ключевых территориях: Юго-восточная часть Объединённой энергосистемы (ОЭС) Сибири - 2 857 МВт, Северо-Байкальское энергокольцо – 259 МВт, ОЭС Востока – 154 МВт, ОЭС Юга – 752 МВт [1].

Это отражает общую тенденцию дефицита мощности, увеличения нагрузок, движимую развитием экономики и, как следствие, ростом потребления во всех сферах, включая промышленность, сферу услуг и жилой сектор.

В последнее десятилетие в Российской Федерации наблюдается динамика роста строительства объектов индивидуального жилищного строительства (ОИЖС). Согласно статье [2] на сегодняшний день ежегодно возводятся 350–450 тысяч ОИЖС средней площадью 130–140 м². Доля ОИЖС в общем объеме ввода жилья выросла с 43 % (2018) до 56 % (2022).

Такой прирост объемов ИЖС обусловлен популярностью частных домов среди россиян, льготными программами в сегменте, а также развитием транспортной и коммунальной инфраструктуры.

В связи с этим значительно увеличился уровень электрификации коттеджных поселков. Рост коммунально-бытовых нагрузок обусловлен не только увеличением числа потребителей, но и технологическими, социальными и экономическими факторами.

Для массовой и централизованной застройки используют нормативно-технические документы (НТД) [3] и [4], которые определяют расчетную мощность, потребляемую одним частным домом. Одной из проблем развития индустриального строительства является отсутствие адекватной нормативно-технической базы по проектированию электрических сетей, действующие нормативы не обновлялись более 30 лет.

Стандартное количество выделенной мощности на квартиру, согласно [3] и [4] обычно составляет от 5 до 15 кВт.

В результате статистической обработки электропотребления в статье [2] были получены основные показатели по месячному электропотреблению ОИЖС. Среднемесячное электропотребление ОИЖС составило в среднем 330 кВт·ч/месяц. Однако, максимальное значение электропотребления доходило до 2978 и 2668 кВт·ч/месяц.

В случае ИЖС фактическая потребляемая мощность превышает расчетную. Владелец частного дома самостоятельно устанавливает количество электроприборов, необходимое для комфортного проживания. С каждым годом в коттеджных поселках появляются новые современные тренды потребления электроэнергии, такие как электрокотлы, майнинг-фермы и зарядные устройства для электромобилей, что приводит к пиковым нагрузкам, ежегодному росту общего объема потребляемой электроэнергии и вызывает нехватку фактической мощности.

На сегодняшний день электросетевой комплекс коммунально-бытовых потребителей не адаптирован к современным реалиям: сети, строившиеся под норматив 5–7 кВт на дом, столкнулись с реальным потреблением в 15–30 кВт, а планирование развития сетей до сих пор опирается на нормативы, не учитывающие современные драйверы роста нагрузок.

Электрические нагрузки коттеджных поселков отличаются высокой неоднородностью и ярко выраженной сезонно-суточной цикличностью. Статистический анализ данных электропотребления показал, что для 15 % общего количества коттеджей характерны нетипичные электрические нагрузки, увеличивающие расчетную мощность, что необходимо учитывать при проектировании электроснабжения таких объектов [5].

В состав потребителей входит не только стандартная бытовая техника, но и мощное электрооборудование: электроотопление (котлы, теплые полы), системы водоснабжения, вентиляция, климатические установки, майнинг-фермы, зарядные устройства для электромобилей. Это обуславливает высокую удельную мощность на дом. Мониторинг электропотребления массива из более чем 6500 домовладений в девяти поселениях (двух городских и семи сельских) зафиксировал максимальную мощность потребления на уровне 25 кВт, при этом ранее в этих же поселениях фиксировались значения до 40 кВт [6]. Пиковые нагрузки приходятся на утренние и, особенно, вечерние часы, а также на зимний период, что создает неравномерный график потребления.

Рассмотрим основные современные тренды потребления электроэнергии в коттеджных поселках.

Электроотопительные системы, такие как тепловые насосы и электрические котлы, способствуют значительному росту пиковых нагрузок в зимний период, особенно при одновременном использовании нескольких

домов. По данным [7], электрический котёл на 7-10 кВт может сразу превысить максимальную разрешенную мощность ориентировочно на 30-40% и вызвать перегруз в электросетях.

По способу нагрева теплоносителя электродкотлы делятся на три основных типа:

1. ТЭНовые - нагрев происходит с помощью трубчатых электронагревателей (ТЭНов), которые контактируют с протекающей через котел водой;

2. Электродные - нагрев теплоносителя происходит за счёт прохождения электрического тока непосредственно через него (ионизация);

3. Индукционные - нагрев теплоносителя происходит за счёт электромагнитной индукции.

Типы котлов и основные характеристики электродкотлов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные характеристики электродкотлов

Типы электродкотлов	Напряжение, В	Мощность, кВт	КПД, %
ТЭНовые	220 380	7-9 9-45	98-99
Электродные	220 380	3-9 9-30	98-99
Индукционные	380	2-60	98-99

Посчитаем пример для хорошо утепленного дома площадью 100 м² с котлом мощностью 10 кВт.

Существует простое правило для приблизительного расчета: 1 кВт мощности на каждые 10 м² площади при высоте потолков до 3 метров [8].

Максимально возможное (теоретическое) потребление за сутки при работе 24/7: 10 кВт × 24 ч = 240 кВт·ч.

Реалистичное потребление в самый холодный месяц (январь), когда котел может работать на полную мощность около 12 часов в сутки: 10 кВт × 12 ч × 30 дней = 3600 кВт·ч/месяц.

Среднее потребление за весь отопительный сезон (8 месяцев) будет ниже, так как в межсезонье котел будет работать меньше.

Майнинг-фермы требуют значительных объемов электроэнергии в коттеджных поселках. Суммарная мощность всех уникальных майнинговых ферм в России к январю 2025 года превысила 11 ГВт. По данным EnergyTool, более 10 % выявленных майнинговых ферм сейчас располагаются в Иркутской области, в Москве и Московской области — 9 % и 8 % соответственно. По оценке осведомлённого источника, из 11 ГВт

располагаемых мощностей только 3 ГВт приходится на долю легальных майнеров [9].

В регионах с активными майнинг-фермами отмечается резкое увеличение нагрузок в ночное время (с 22:00 до 06:00). В среднем одна ферма мощностью 100 кВт способна увеличить ночную нагрузку в локальной сети на 10–15% [9].

В коттеджных поселках подключение крупных майнинговых ферм способно вызвать частые отключения или падение напряжения. Мощное включение-выключение оборудования приводит к скачкам напряжения и ухудшению стабильности сети. Высокая нагрузка на трансформаторные подстанции может привести к быстрому износу или перегреву. В некоторых случаях майнинг-фермы подключаются нелегально, что осложняет учет потребления энергии.

Отдельно следует отметить домашний заряд электромобилей. По данным «Автостат», 64,3% владельцев ЭТ (электротранспорта) имеют домашнюю зарядную станцию. Максимум потребления ЭЭС (Электрозарядной станции), как правило, приходится на вечерние часы и может привести к перегрузке распределительных сетей 0,4–10 кВ и снижению качества электроэнергии.

Согласно статье [10] существующие сети 0,4 кВ пригородов могут не иметь достаточного запаса по пропускной способности для широкого внедрения домашних зарядных станций электромобилей, что может привести к недопустимым отрицательным отклонениям напряжения.

На сегодняшний день существует 4 основных протокола работы ЭЭС. В зависимости от типа зарядных станций диапазон мощностей ЭЭС может варьироваться от 3,7 кВт до 300 кВт.

Согласно оценке аналитического агентства «Автостат», среднегодовой пробег легковых автомобилей (в возрасте до 5 лет) в России в 2019 году составляет 17 500 км [11]. Электромобили в среднем потребляют от 15 до 25 кВт·ч на 100 км [11]. Произведем примерные расчеты возможной нагрузки на электрические сети, создаваемой ЭТ (табл. 2).

Таблица 2

Годовое и среднеемесячное потребление электроэнергии
электромобилем

Показатель	Расход, кВт·ч / 100 км	Годовой пробег, км	Годовое потребление, кВт·ч	Среднемесячное потребление, кВт·ч
Минимальный расход	15	17 500	2 625	218,8
Средний расход	20	17 500	3 500	291,7
Максимальный расход	25	17 500	4 375	364,6

Таким образом, среднее годовое потребление для одного электромобиля составило около 3500 кВт·ч.

Для оценки влияния современных трендов потребления на нагрузку ОИЖС выполнено сравнение среднеемического потребления электроэнергии в трех сценариях: базовое потребление, базовое потребление с автомобилем, базовое потребление с автомобилем и электроотоплением. Расчет носит оценочный характер и позволяет наглядно сопоставить масштабы увеличения энергопотребления при подключении автомобиля и электроотопления (Рис.1).

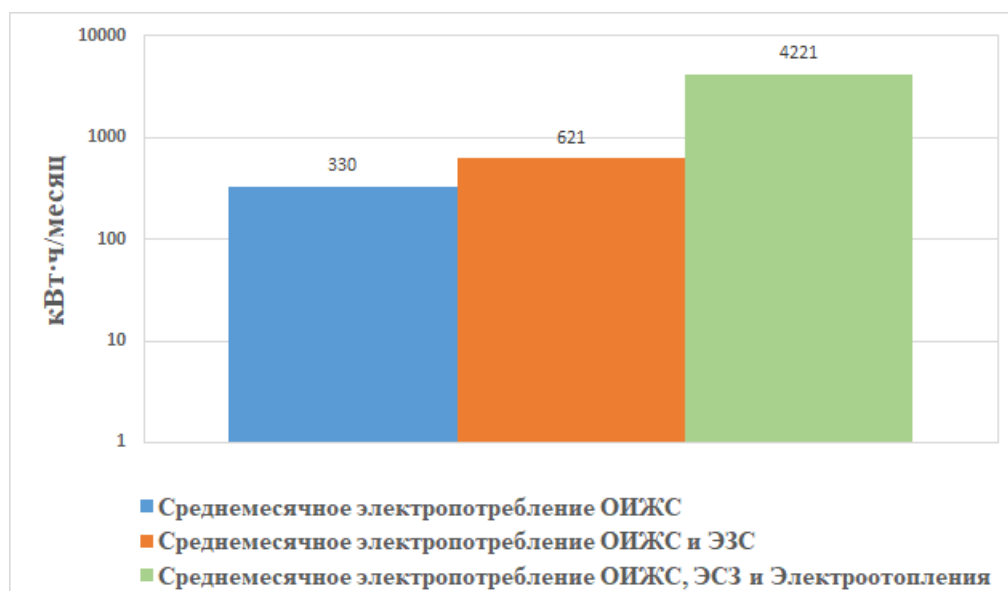


Рис. 1. Влияние современных трендов потребления на нагрузку ОИЖС

На основе анализа статистических данных и современных трендов можно сделать вывод о необходимости постоянного обновления нормативной базы и методов проектирования систем электроснабжения в коттеджных поселках. Современные реалии требуют учитывать рост использования электроотопления, автомобилей и майнинга, что ведет к существенному увеличению нагрузки на распределительные сети, способствуя возникновению пиковых режимов потребления, снижению качества электроэнергии и повышению риска аварийных ситуаций.

Усиление распределительных сетей, необходимое для удовлетворения роста нагрузок коммунально-бытового сектора, может потребовать существенных инвестиций. Рациональным путем является управление электропотреблением энергоемких электроприемников ОИЖС для снижения пиковой нагрузки распределительных сетей и снижения вероятности возникновения ненормальных режимов работы. Однако для реализации данного решения необходимо проведение комплексных научных исследований, направленных на:

1. Исследование суточных профилей электропотребления потребителей с электроотоплением и зарядными станциями автомобилей.

2. Разработка и исследование систем управления электропотреблением энергоемких электроприемников.

3. Формирование методики определения параметров систем управления электропотреблением, обеспечивающей ограничение максимумов нагрузки распределительных сетей при минимальном дискомфорте потребителей электроэнергии.

4. Внесение изменений в нормативно-технические документы для интеграции систем управления в электросетевой комплекс.

Только комплексный подход и постоянное обновление технологий позволят обеспечить устойчивое и безопасное электроснабжение в условиях постоянно растущего спроса.

Список литературы:

1. Схема и программа развития электроэнергетических систем России на 2026–2031 годы : утв. Приказом Минэнерго России от 28.11.2025 № 1553 : [сайт]. – Москва : АО «СО ЕЭС», 2025. – URL: <https://ppr.soups.ru/upload/iblock/347/x0ohv53xjkdnr2rj2pjfojl80nzmfvk3n/СиПР%20ЭЭС%20России%20на%202026-2031%20годы.pdf> (дата обращения: 18.03.2026).

2. Ахметшин А. Р. Исследование электропотребления объектов индивидуального жилищного строительства разной этажности и площади. // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2023. – С. 34-47.

3. Приказ Минэнерго России от 23.06.2015 № 380 «О Порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии»;

4. СП 256.1325800.2016 Свод правил электроустановки жилых и общественных зданий правила проектирования и монтажа, утвержден и введен в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 29.08.2016 № 602/пр.

5. Солуянов Ю. И. Анализ удельных электрических нагрузок коттеджных поселков // Ю. И. Солуянов, А. И. Федотов, А. Р. Ахметишин, Н. В. Чернова // Электричество, 2024, № 4, С. 36–50.

6. Солуянов Ю. И. Исследование электрических нагрузок домовладений городских и сельских поселений // Ю. И. Солуянов, А. И. Федотов, А. Р. Ахметишин, Н. В. Чернова // Электричество, 2026, № 3, С. 36–50.

7. Энергетики объяснили, почему электроотопление нередко перегружает электросети URL: <https://www.eseti.ru/news.aspx?NewsId=2520&PageID=1>. (дата обращения: 18.03.2026). - Режим доступа: Сеть интернет.

8. Системы отопления и котлы для обогрева промышленных зданий.
URL: <https://indclimat.ru/sistemy-otopleniya-i-kotly-dlya-obogreva-promyshlennyh-zdaniy/>. (дата обращения: 18.03.2026). - Режим доступа: Сеть интернет.

9. Количество майнинговых ферм в России выросло на 7% за год URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7517369> . (дата обращения: 18.03.2026). - Режим доступа: Сеть интернет.

10. Воронин В. А. Управление напряжением в низковольтных распределительных сетях в условиях внедрения домашних зарядных станций электромобилей // В. А. Воронин, Ф. С. Непша // iPolytech Journal, 2024. Т. 28. № 2. С. 261-271.

11. Автостат. URL: <https://www.autostat.ru/news/59463/>. (дата обращения: 12.03.2023). - Режим доступа: Сеть интернет.

Информация об авторах:

Куликов Андрей Александрович, студент гр. ЭТа-251, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, kul240775@mail.ru