

ВЛИЯНИЕ МЕЛКОМОТОРНЫХ И БЫТОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

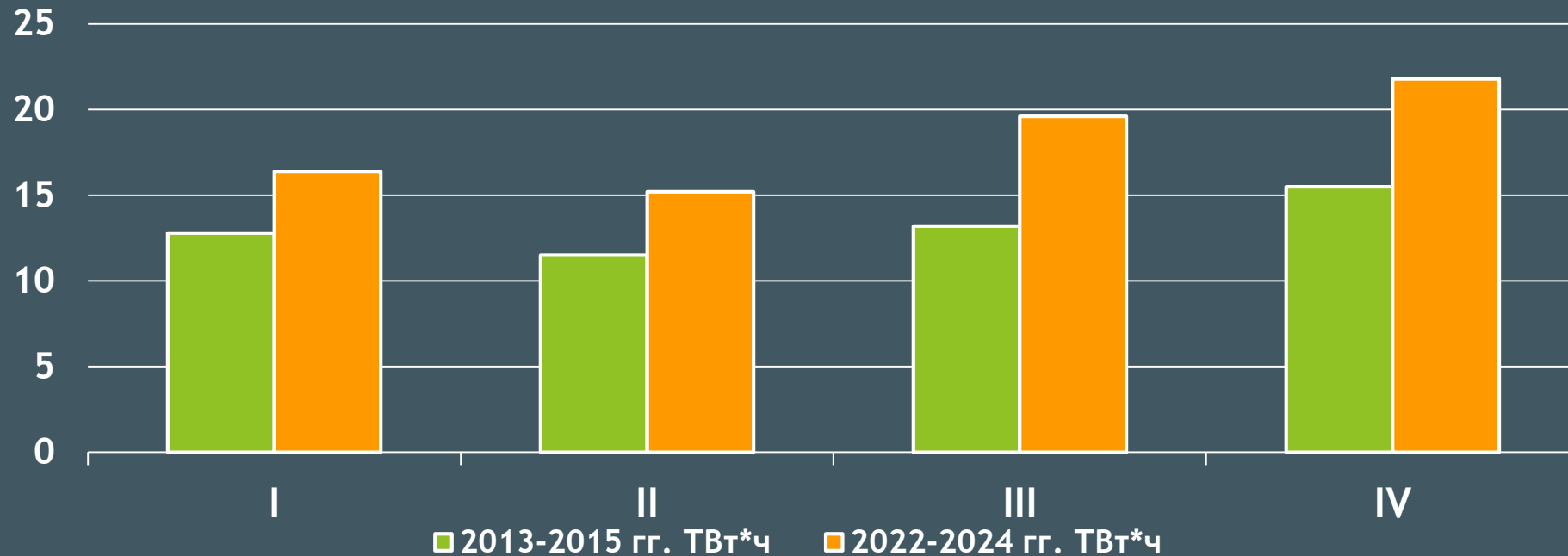


Цель работы :

изучить влияние бытовых и мелкомоторных потребителей на развитие электроэнергетических систем. В данной работе рассматриваются текущие тенденции электропотребления бытовых и мелкомоторных потребителей и вызванные ими проблемы, с которыми сталкиваются электроэнергетические системы.

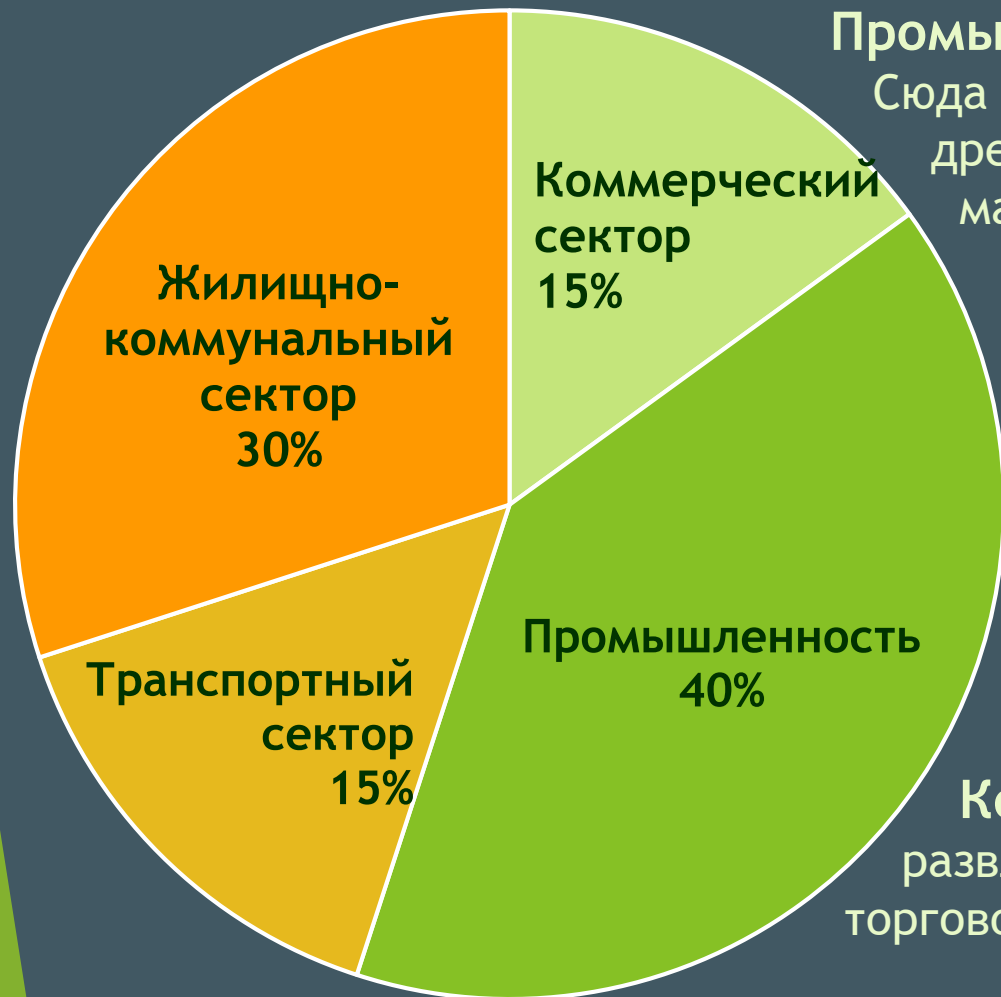
Территория Иркутской области характеризуется суровыми зимами, резкими перепадами температур, высокой влажностью и инсоляционными показателями. Средние среднесуточные показатели температуры наружного воздуха варьируются в диапазоне -23°C зимой и $+24^{\circ}\text{C}$ летом, с продолжительностью отопительного сезона составляющую 7-8 месяцев. Значение среднегодового количества осадков порядка 400-650 мм, с относительной влажностью воздуха в зимний период 75-85 %. Несмотря на это количество солнечных дней в году достигает 200-220 с уровнем инсоляции 1150-1400 кВт·ч/м². Ветровые условия в области характеризуются преобладанием западных и северо-западных ветров со средним значением скорости около 3-5 м/с. Эти факторы оказывают значительное влияние на потребность в поддержании комфортной температуры внутри помещений с помощью отопления и кондиционирования.

Усредненные поквартальные значения потребления электроэнергии



Таким образом, исходя из усредненных поквартальных значений потребления электроэнергии за два периода с 2013-2015 и с 2022-2024 г., наибольшее значение достигается в третьем - 13,2 и 19,6 ТВт*ч и четвертом - 15,5 и 21,8 ТВт*ч кварталах, а наименьшее в первом - 12,8 и 16,4 ТВт*ч и втором - 11,5 и 15,2 ТВт*ч соответственно.

Выделяются четыре основных сектора экономики и их доли в общем объёме потребления:



Промышленность – крупнейший потребитель.

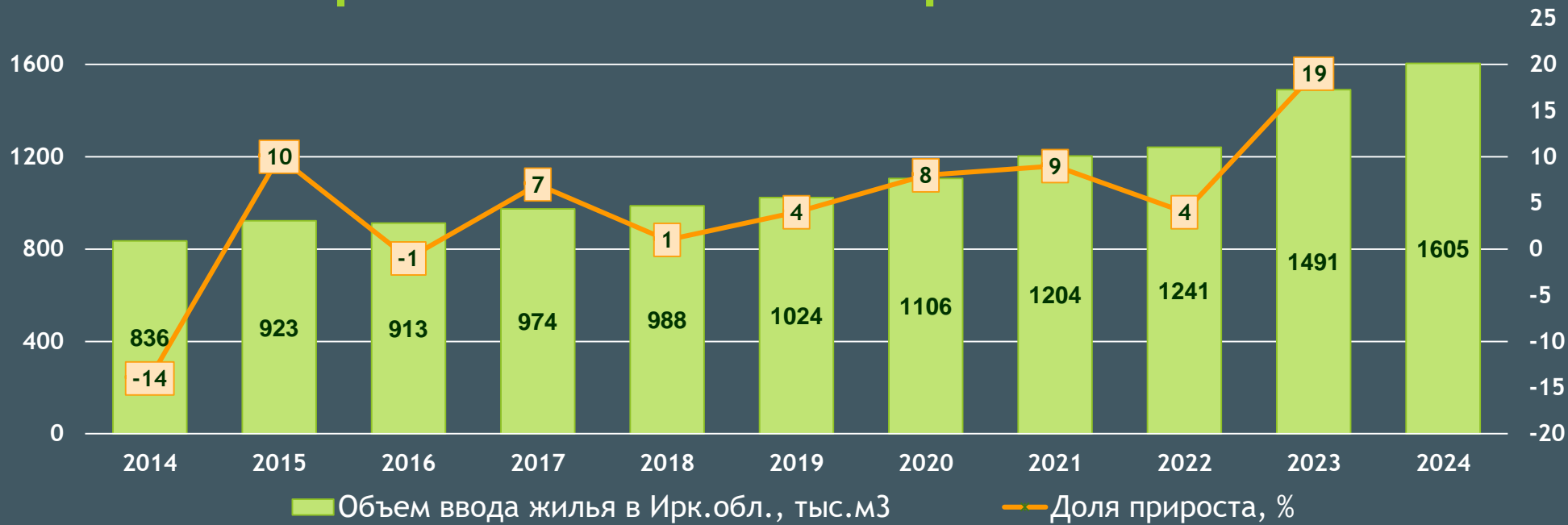
Сюда входят многочисленные заводы, перерабатывающие древесину, выплавляющие алюминий и выпускающие машиностроительную продукцию.

Жилищно-коммунальный сектор. Основным сегментом являются жилые помещения, государственные и муниципальные учреждения.

Транспортный сектор. Включает грузовые и пассажирские поезда, автомобили и другие виды наземного транспорта.

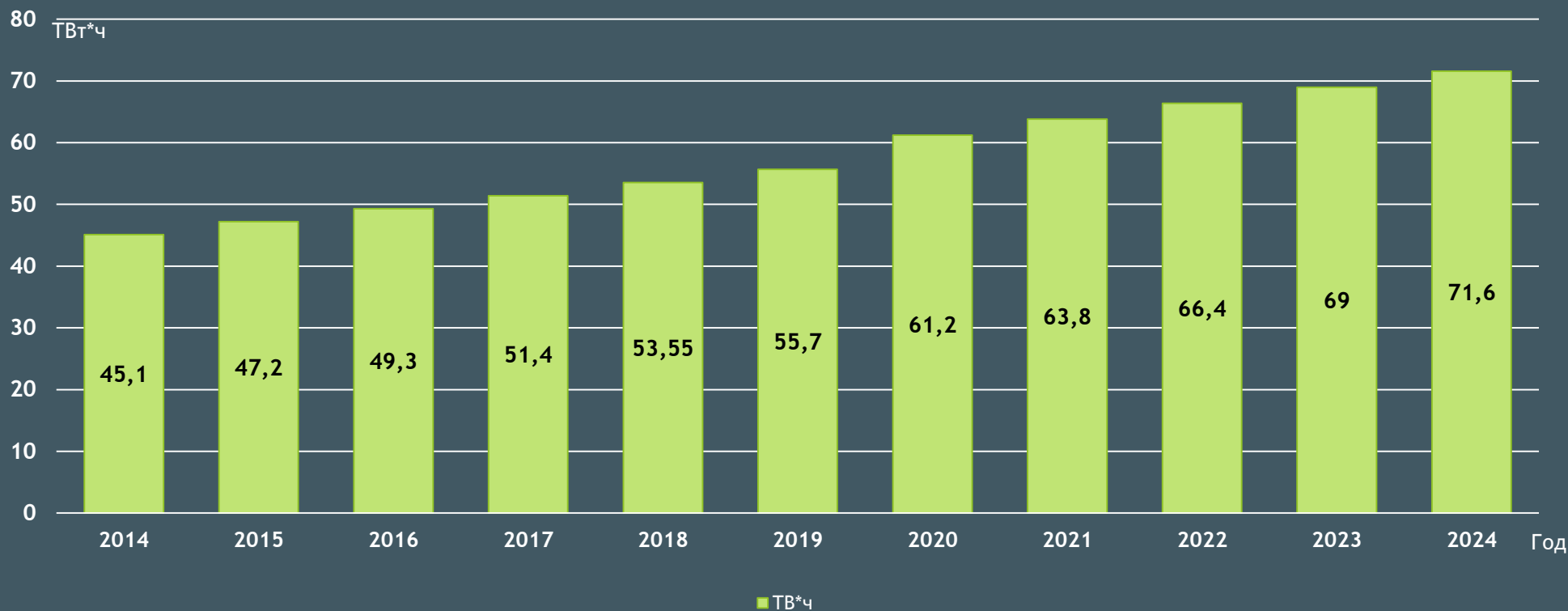
Коммерческий сектор: офисные здания, развлекательные площадки и торгово-развлекательные центры.

Жилищно-коммунальный сектор, как основной мелкомоторный и бытовой потребитель



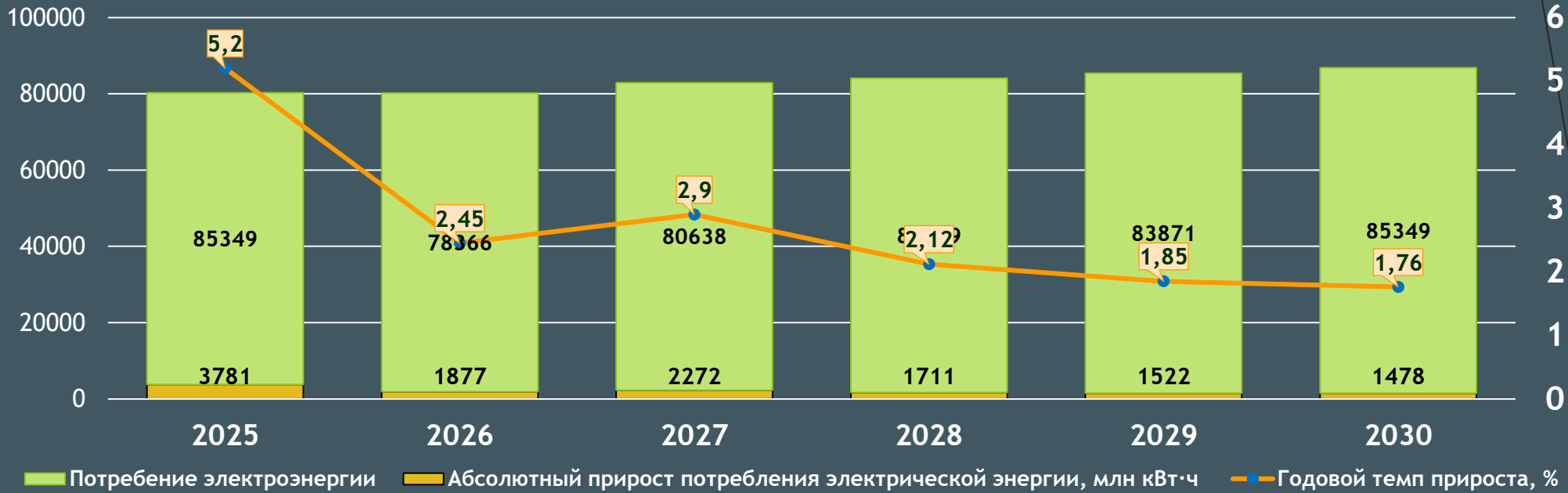
Расширение жилищного строительства и производство электромобилей являются важными факторами, влияющими на рост спроса на электроэнергию, что создает дополнительную нагрузку на уже существующую энергетическую инфраструктуру. Открытие новых жилых районов и небольших промышленных объектов требует модернизации распределительных сетей, чтобы обеспечить надежное и бесперебойное энергоснабжение. Анализ данных за период с 2014 по 2024 год на территории Иркутской области показывает, устойчивую тенденцию роста объемов электропотребления, что обусловлено развитием промышленности, урбанизацией и повышением уровня жизни населения.

Жилищно-коммунальный сектор, как основной мелкомоторный и бытовой потребитель



Основываясь на статистических данных, можно сделать вывод о стабильном среднем годовом приросте потреблении электроэнергии на 2,4 млрд. кВт•ч или на 3,44 % в год. А также, в период с 2014 по 2024 годы потребление электроэнергии в Иркутской области выросло на 26,5 млрд кВт•ч, что составляет приблизительно 58,75%.

Текущие и прогнозные значения потребления электроэнергии и годовые темпы прироста энергосистемы Иркутской области



Основываясь на текущих тенденциях к росту потребления электроэнергии в Иркутской области можно спрогнозировать, что к 2030 году их значения возрастут на 20-25% по сравнению с 2024 годом и может составить порядка 85000 млн кВт·ч, тогда среднегодовой темп прироста составит 3,57 %. Пик прироста годовых значений потребления электрической энергии прогнозируется на 2026 год составит порядка 5 %, затем постепенное снижение темпов роста вплоть до 1,76 % к 2030 году.

Электроотопление, как основной источник потребления в жилищно-коммунальном секторе

В данной работе была рассмотрена структура нагрузки Иркутской области и выделен наиболее актуальный к рассмотрению жилищно-коммунальный сектор, так как он является вторым по объемам потребления электроэнергии и в отличие от промышленной имеет возможность управления. В связи с тем, что климатические условия на территории Иркутской области и Сибирского ФО в целом, достаточно жесткие в данном секторе доминирует электроотопление, непосредственно связанное с индивидуальной застройкой, к преимуществам которого можно отнести уменьшение нагрузки на традиционные отопительные сети и снижение зависимости от газовых и угольных котельных. Коэффициент полезного действия электрических котлов составляет 90-95%, что делает их достаточно эффективными. Несмотря на своё высокое суммарное электропотребление, электроотопление имеет хороший потенциал для использования в качестве потребителя-регулятора или активного потребителя. В структуре электропотребления жилищно-коммунального сектора электроотопление играет ключевую роль, так как в зимний период отмечается, что на электроотопление приходится порядка 25-30 % от общего объема потребления электроэнергии. Так как число домовладений на исследуемой территории превышает 500 тыс., если каждое домовладение имеет договор электроснабжения на 15 кВт и выше, то это более 7500 МВт договорной мощности (что более 50% установленной мощности энергосистемы), которые юридически имеют право потреблять свою мощность одновременно. При этом массовое использование электроотопления данных потребителей при перемене погоды создаёт скачок электропотребления.

Электроотопление, как основной источник потребления в жилищно-коммунальном секторе

Основываясь на статистических данных был подготовлен массив информации для проведения исследования возможности использования электроотопления в качестве потребителя-регулятора или активного потребителя. Расчёты проводились на оптимизационной модели «СОЮЗ» [8, 9] разработанной в ИСЭМ СО РАН. Было произведено два расчетных сценария: базовый и оптимистичный.

Данная модель была специально адаптирована для проведения таких исследований и может быть представлена в следующем виде:

$$\sum_{jis\tau} C_{jis\tau}^{min} X_{jis\tau} + \sum_{ji} C_{ji}^{\Sigma} X_{ji}^{\Sigma} + \sum_{ji} C_{ji}^n X_{ji}^n + \sum_{ii'} C_{ii'}^{\Sigma} X_{ii'}^{\Sigma} + \sum_{ii'} C_{ii'}^n X_{ii'}^n \quad (1)$$

$$\text{при } F(X_{jis\tau}, X_{ji}^{\Sigma}, X_{ji}^n, X_{ii'}^{\Sigma}, X_{ii'}^n) = 0 \quad (2)$$

Где выражение (1) является минимизируемым при ограничениях (2) функционалом, в общем случае представленным суммарными приведенными затратами на развитие и функционирование ЭЭС, а также потребителей, осуществляющих регулирование электропотребления или мероприятия по энергосбережению. Здесь j - номер группы однотипного генерирующего оборудования или потребителя электроэнергии; i - номер энергоузла; s - номер характерного суточного графика нагрузки; τ - индекс (продолжительность) зоны нагрузки в суточном графике; $X_{jis\tau}$ - нагрузка j -го типа оборудования в узле i в суточном режиме s в зоне продолжительностью τ (часов либо снижение мощности потребителей-регуляторов или электросберегающих технологий, $C_{jis\tau}^{min}$ - соответствующие удельные переменные затраты; $X_{jis\tau}$ - выбираемые установленная мощность и новая (вводимая) мощность j -го оборудования (потребителя) в узле i ; C_{ji}^{Σ} - удельные постоянные ежегодные издержки и приведенные капиталовложения в это оборудование; X_{ji}^{Σ} - пропускная способность межсистемной электрической связи между узлами i и i' ; C_{ji}^n - удельные ежегодные затраты на эту связь; X_{ji}^n - новая (вводимая) пропускная способность межсистемной связи i и i' ; $C_{ii'}^{\Sigma}$ - соответствующие удельные приведенные капиталовложения.

Электроотопление, как основной источник потребления в жилищно-коммунальном секторе

Первые две суммы в целевой функции определяют годовые переменные и постоянные издержки на электростанциях и моделируемых потребителях, третья сумма соответствует приведенным капиталовложениям в их реализацию, последние две суммы определяют годовые постоянные издержки и приведенные капиталовложения в межсистемные электрические связи. Ограничения (2) включают в себя: балансы мощности энергоузлов, технические ограничения на режимы работы генерирующего оборудования ЭЭС и потребителей электроэнергии, ограничения по топливу и др. Годовой баланс энергии энергоузлов в модели описывается совокупностью балансов зон представительных суточных графиков электрической нагрузки с переходом к годовым показателям в функционале модели через коэффициенты «эквивалентного числа суток в году». При моделировании суточного режима используется принцип «позонной оптимизации» в соответствии с разбиением суточного графика нагрузки на горизонтальные зоны продолжительностью (часов, соответствующие приростам нагрузок в разные часы суток:

$$\sum_j X_{ji\tau s} + \sum_{i'} X_{ii' s} - \sum_i X_{i'i\tau s} = P_{i\tau s} \quad (3)$$

В выражении (3) первая сумма - участие всех электростанций узла, потребителей-регуляторов и мероприятий по электросбережению в покрытии зоны отдельного суточного графика, вторая и третья суммы - межузловые «входящие» и «выходящие» перетоки, а правая часть - мощности зон суточного графика. Было произведено два расчетных сценария: базовый и оптимистичный. Базовый сценарий развития энергосистемы, предполагает постепенный рост потребления энергии, сохранение текущей структуры производства энергии, в свою очередь оптимистичный предполагает более значительный рост экономики, увеличение доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и более активное внедрение технологий энергосбережения, также предусматривается ускорение темпов модернизации энергетической инфраструктуры и повышение энергетической эффективности

Электроотопление, как основной источник потребления в жилищно-коммунальном секторе

В результате анализа проведённых расчётов был сделан вывод что на территории Сибирской ФО, частью которого является Иркутская область, приходится порядка 6 млн. кВт, как при расчете в базовом, так и в оптимистичном сценариях, и как следствие, что использование систем электроотопления в качестве активных потребителей, является в достаточной степени эффективным в объёмах, приближенных 150 МВт на территории Сибирского ФО, а как следствие и на территории Иркутской области, и достигается значительное снижение перспективных вводов генерирующего оборудования и обеспечивается экономия топлива, удельных капиталовложений и расчётных затрат.

Электроотопление, как основной источник потребления в жилищно-коммунальном секторе

Современные энергосистемы испытывают достаточно весомые изменения в связи с тем, что меняется структура и характер поведения энергопотребителей, одним из которых является мелкомоторный и бытовой потребитель. Анализ данных показал, что мелкомоторные бытовые потребители оказывают значительное влияние на развитие электроэнергетических систем, при этом находясь в процессе постоянной сложно прогнозируемой трансформации. Частным случаем мелкомоторного бытового потребителя является жилищно-коммунальный сектор, существенной частью которого является электроотопление как источник нагрузки, с помощью которого можно получить дополнительную возможность регулирования, по средствам контроля данного источника нагрузок, что не окажет существенного негативного влияния на потребителя, но принесет определенную выгоду энергосистеме в целом. Отставание энергетических систем от реальных нужд потребителей грозит привести к серьезным экономическим и социальным последствиям. Особенно актуально для Сибирского ФО, где нестабильные и суровые климатические условия, а также географическая протяжённость повышают ответственность энергокомпаний за качественное электроснабжение потребителей.

ВЛИЯНИЕ МЕЛКОМОТОРНЫХ И БЫТОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

