

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль)/специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Минимизация потерь электроэнергии в многоквартирных домах управляющей  
компании «Форпост» п.г.т. Шкотово Приморского края

Обучающийся

Е. Н. Дусаева

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Ю. В. Черненко

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

## Аннотация

В работе проведена разработка проекта минимизации потерь электроэнергии за счёт ввода в эксплуатацию современных автоматизированных систем контроля и управления электроэнергией (далее – АСКУЭ) в многоквартирных домах управляющей компании «Форпост».

В первом разделе проведён анализ исходных данных на проектирование, включающий анализ сведений об объекте проектирования на примере жилого многоквартирного дома управляющей компании «Форпост», приведены сведения о потерях электроэнергии, возникающих в системах электроснабжения жилых и коммунальных потребителей, описаны мероприятия по минимизации потерь электроэнергии на данных объектах.

Второй раздел посвящён разработке технических решений на объекте. Для этого проведён расчёт системы электроснабжения на примере жилого многоквартирного дома управляющей компании «Форпост» с выбором технических решений, способных снизить технические потери электроэнергии на данном объекте. На основе анализа современных перспективных разработок в сфере автоматизации контроля и управления электроэнергией, предложена АСКУЭ для внедрения на объекте проектирования.

В третьем разделе работы проведено технико-экономическое обоснование предложенных технических решений по минимизации потерь электроэнергии на объекте.

Расчётно-пояснительная записка выполнена в ОС «Microsoft Word» и содержит 73 печатные страницы. Она состоит из введения, трёх основных разделов, заключения, списка используемых источников из 20 наименований. Источниками для написания работы являются нормативно-правовые документы, учебные пособия, техническая литература, интернет-ресурсы. Графическая часть работы выполнена в САПР «AutoCAD» и содержит шесть чертежей по результатам проведённых исследований.

## Содержание

Введение .....	4
1 Анализ исходных данных на проектирование.....	7
1.1 Основные сведения о проблеме потерь электроэнергии в системах электроснабжения Российской Федерации.....	7
1.2 Краткая характеристика объекта исследования .....	16
2 Разработка технических решений на объекте.....	26
2.1 Разработка комплекса мероприятия по минимизации потерь электроэнергии на объекте .....	26
2.2 Выбор схемы электроснабжения многоэтажного жилого дома .....	29
2.3 Расчёт электрических нагрузок многоэтажного жилого дома.....	32
2.4 Выбор и проверка силовых трансформаторов питающей подстанции	38
2.5 Выбор и проверка проводников многоэтажного жилого дома .....	42
2.6 Выбор и проверка электрических аппаратов многоэтажного жилого дома.....	48
2.7 Выбор автоматизированной системы контроля и управления электроэнергией многоэтажного жилого дома.....	55
3 Техничко-экономическое обоснование технических решений по минимизации потерь электроэнергии на объекте .....	63
Заключение .....	67
Список используемых источников.....	71

## Введение

Проблема минимизации потерь электроэнергии в энергосистеме Российской Федерации является актуальной и важной задачей для обеспечения эффективности и устойчивости энергетической системы страны.

Потери электроэнергии возникают на всех этапах производства, передачи и распределения электроэнергии из-за различных физических, технических и, в некоторых случаях, экономических причин.

Проблематика снижения потерь электроэнергии в энергосистеме Российской Федерации представляет собой актуальный комплексный научно-технический вопрос, требующий глубокого анализа и разработки целенаправленных мер по оптимизации эффективности передачи, распределения и потребления электроэнергии.

Технические потери электроэнергии обусловлены сопротивлением материалов электрических проводников и элементов системы переменному току, что вызывает дополнительный расход энергии в виде тепловых излучений и нагрева. Дополнительные нефизические потери связаны с электромагнитными взаимодействиями и неконтролируемыми излучениями, возникающими при передаче и распределении электроэнергии на различных уровнях номинальных напряжений.

Неоднородное распределение нагрузки и несбалансированность фаз в системе приводят к асимметричным потерям и увеличению сопротивлений в проводниках. Перенапряжения и перегрузки, в свою очередь, способствуют повышенному износу оборудования и снижению его эффективности, что обуславливает дополнительные потери электроэнергии.

Организационные факторы, такие как недостаточная координация управления нагрузкой, недостаточная автоматизация и неэффективное управление, также играют существенную роль в общей картине потерь электроэнергии.

Нерациональное использование ресурсов, неэффективное планирование

и недостаточная модернизация технической инфраструктуры непосредственно оказывают негативное воздействие на общий уровень потерь электроэнергии.

Успешное решение проблемы минимизации потерь электроэнергии требует комплексного подхода, объединяющего технические, организационные и регулятивные меры, а также совершенствование технической инфраструктуры, улучшение систем управления и мониторинга, обучение персонала и внедрение новых технологий.

Исходя из вышеизложенного, установлено, что решение проблемы снижения потерь электроэнергии предполагает не только совершенствование технических аспектов, включая обновление оборудования, оптимизацию режимов работы и эффективное управление, но и разработку и внедрение инновационных подходов, включая умные системы управления, адаптированные к условиям российской энергосистемы. Неотъемлемой частью этого процесса является проведение научных исследований в области электротехники, электроэнергетики, материаловедения и системного анализа для выявления оптимальных решений, способствующих устойчивому и эффективному функционированию энергетической системы России.

Основной целью данной работы является разработка проекта минимизации потерь электроэнергии за счёт ввода в эксплуатацию современных автоматизированных систем контроля и управления электроэнергией в многоквартирных домах управляющей компании «Форпост».

Актуальность работы и тематики исследований обусловлена необходимостью минимизации потерь электроэнергии, имеющих физическую природу возникновения, с целью повышения эффективности использования энергетических ресурсов [5,16,20].

Объектом исследования в работе является система электроснабжения типичного многоквартирного дома управляющей компании «Форпост».

Предметом исследования является уменьшение потерь электроэнергии в многоквартирных домах управляющей компании «Форпост» за счёт внедрения АСКУЭ.

Работа представлена расчётно-пояснительной запиской и графической частью. Расчётно-пояснительная записка состоит из введения, трёх основных разделов, заключения, списка использованных источников из 20 наименований. Графическая часть работы выполнена в САПР «AutoCAD» и содержит шесть чертежей по результатам проведённых исследований.

Для достижения основной цели работы, в первом разделе расчётно-пояснительной записки проведён анализ исходных данных на проектирование, включающий анализ сведений об объекте проектирования на примере жилого многоквартирного дома управляющей компании «Форпост», приведены сведения о потерях электроэнергии, возникающих в системах электроснабжения жилых и коммунальных потребителей, описаны мероприятия по минимизации потерь электроэнергии на данных объектах.

Второй раздел расчётно-пояснительной записки посвящён разработке технических решений на объекте. Для этого проведён расчёт системы электроснабжения на примере жилого многоквартирного дома управляющей компании «Форпост» с выбором технических решений, способных снизить технические потери электроэнергии на данном объекте. На основе анализа современных перспективных разработок в сфере автоматизации контроля и управления электроэнергией, предложена АСКУЭ для внедрения на объекте проектирования.

В третьем разделе расчётно-пояснительной записки проведено технико-экономическое обоснование предложенных технических решений по минимизации потерь электроэнергии на объекте.

Источниками для написания работы являются нормативно-правовые документы, учебные пособия, техническая литература, интернет-ресурсы. Также в работе использована техническая документация управляющей компании «Форпост».

## **1 Анализ исходных данных на проектирование**

### **1.1 Основные сведения о проблеме потерь электроэнергии в системах электроснабжения Российской Федерации**

«Известно, что потери активной мощности в электрических сетях являются одним из важных показателей экономичности работы энергоснабжающих компаний, характерным показателем технического состояния электросетей, метрологического соответствия расчетных средств измерительной техники, эффективности функционирования энергетического надзора и сбытовой деятельности в электроэнергетической отрасли» [5].

«Минимизация потерь электроэнергии является одной из важнейших задач энергосбережения отечественной электроэнергетики, так как позволяет уменьшить экономические расходы и значительно улучшить технико – экономические показатели систем электроснабжения» [7].

Проблема минимизации потерь электроэнергии в энергосистеме Российской Федерации является актуальной и важной задачей для обеспечения эффективности и устойчивости энергетической системы страны.

Проблематика снижения потерь электроэнергии в энергосистеме Российской Федерации представляет собой актуальный комплексный научно-технический вопрос, требующий глубокого анализа и разработки целенаправленных мер по оптимизации эффективности передачи, распределения и потребления электроэнергии.

Затраты типичной отечественной организации, в состав которых входят потери электрической энергии в её системе электроснабжения, представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Затраты типичной отечественной организации, в состав которых входят потери электрической энергии в её системе электроснабжения

«Как видно из рисунка 1, в состав затрат предприятий входят расходы на оплату потерь электроэнергии (коммерческих и технологических), поэтому они должны быть учтены и минимизированы» [11].

Для этого предлагается провести краткий анализ основных причин возникновения потерь электроэнергии и, далее, привести их принятую классификацию.

Известно, что потери электроэнергии возникают на всех этапах производства, передачи и распределения электроэнергии из-за различных физических, технических и, в некоторых случаях, экономических причин.

Технические потери электроэнергии обусловлены сопротивлением материалов электрических проводников и элементов системы переменному току, что вызывает дополнительный расход энергии в виде тепловых излучений и нагрева. Дополнительные нефизические потери связаны с электромагнитными взаимодействиями и неконтролируемыми излучениями, возникающими при передаче и распределении электроэнергии на различных уровнях номинальных напряжения.

Неоднородное распределение нагрузки и несбалансированность фаз в системе приводят к асимметричным потерям и увеличению сопротивлений в проводниках. Перенапряжения и перегрузки, в свою очередь, способствуют повышенному износу оборудования и снижению его эффективности, что обуславливает дополнительные потери электроэнергии.

Организационные факторы, такие как недостаточная координация управления нагрузкой, недостаточная автоматизация и неэффективное управление, также играют существенную роль в общей картине потерь электроэнергии.

Нерациональное использование ресурсов, неэффективное планирование и недостаточная модернизация технической инфраструктуры непосредственно оказывают негативное воздействие на общий уровень потерь электроэнергии.

Известно, что потери электроэнергии в энергосистеме Российской Федерации могут быть вызваны различными причинами, которые включают как технические, так и организационные аспекты. По причине возникновения потерь электроэнергии, можно выделить следующие группы [8]:

- технические (физические) причины потерь электроэнергии: эти потери возникают из-за сопротивления проводников электрическому току, что приводит к выделению тепла и потере энергии. Эффективность передачи и распределения электроэнергии зависит от правильности выбора проводников, схемы электрических соединений, а также от состояния инфраструктуры, качества проводников и распределительных трансформаторов и уровня напряжения на шинах и линиях электропередачи. При этом нагрузка также существенно влияет на уровень потерь электроэнергии. Известно, что неравномерное распределение нагрузки между фазами может привести к дополнительным потерям электроэнергии («нагрузочные потери»);

- нефизические причины потерь электроэнергии: эти потери включают потери в результате магнитных полей, электромагнитных излучений и других электромагнитных процессов, которые связаны с высокими напряжениями и токами (в частности, «паразитные токи» или «токи Фуко»);
- недостаточная координация и управление в узлах и ветвях энергосистемы могут привести к избыточной передаче электроэнергии, что вызывает потери электроэнергии. К этой же группе относят различные перенапряжения и перегрузки, возникающие вследствие недостаточного контроля и управления нагрузкой, а также неожиданные (мгновенные) перегрузки, которые могут привести к повреждению оборудования и увеличению потерь.
- технические неисправности оборудования и сетей, ошибки в проектировании и эксплуатации, короткие замыкания и другие технические сбои могут вызвать потери электроэнергии;
- кражи и незаконное потребление: незаконное потребление электроэнергии (также известное как «хищение электроэнергии») является серьезной проблемой, приводящей к значительным потерям. Такие потери относят к коммерческой группе потерь;
- искажение параметров сети, превышение нормально допустимых параметров электрического напряжения, тока и частоты, подключение несинусоидальной нагрузки, нестационарность оборудования, отсутствие компенсации реактивной мощности и другие аналогичные факторы, также могут вызывать потери электроэнергии;
- большие длины линий электропередачи и малая их загрузка: несоразмерно большие расстояния между источниками электроэнергии и конечными потребителями, особенно при малой загрузке питающих линий, могут привести к потерям в результате сопротивления проводников.

Успешное решение проблемы минимизации потерь электроэнергии требует комплексного подхода, объединяющего технические, организационные и регулятивные меры, а также совершенствование технической инфраструктуры, улучшение систем управления и мониторинга, обучение персонала и внедрение новых технологий.

Исходя из вышеизложенного, установлено, что решение проблемы снижения потерь электроэнергии предполагает не только совершенствование технических аспектов, включая обновление оборудования, оптимизацию режимов работы и эффективное управление, но и разработку и внедрение инновационных подходов, включая умные системы управления, адаптированные к условиям российской энергосистемы.

Неотъемлемой частью этого процесса является проведение научных исследований в области электротехники, электроэнергетики, материаловедения и системного анализа для выявления оптимальных решений, способствующих устойчивому и эффективному функционированию энергетической системы России.

«Потери электроэнергии (отчётные или фактические потери), согласно действующей классификации, можно условно разделить на технологические и коммерческие. В общем случае фактические (отчётные) потери электроэнергии определяются разницей между электроэнергией, которая поступила в сеть и электроэнергией, которая отпущена потребителям.

Как правило, данная разница определяется по показаниям счётчиков источника и потребителя. Технологические потери обусловлены непосредственно технологическим процессом передачи электроэнергии по сетям, а также показателями учета ее получения в сеть и отпуска.

Технологические потери состоят из технических, коммерческих и инструментальных потерь электроэнергии» [9].

Принятая классификация потерь электроэнергии в системах электроснабжения типичной организации представлена на рисунке 2.

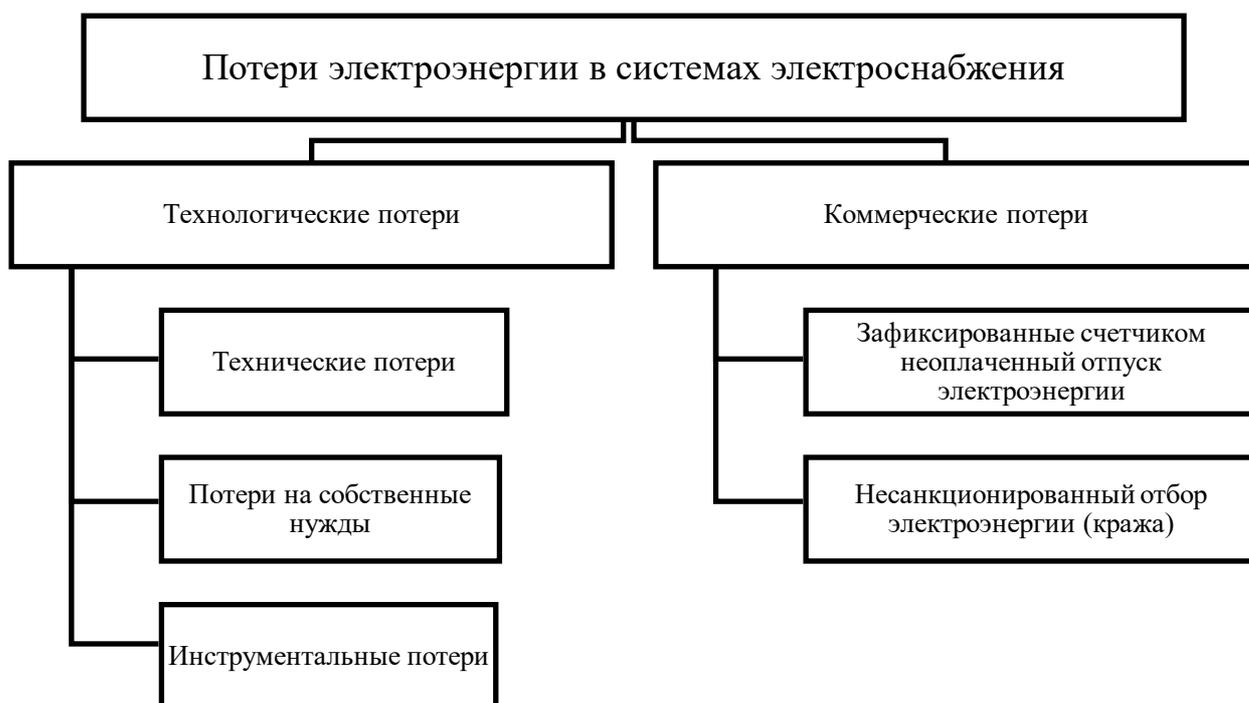


Рисунок 2 – Принятая классификация потерь электроэнергии в системах электроснабжения типичной организации

«Исходя из рисунка 2, принятая классификация потерь электроэнергии включает в себя следующие основные составляющие:

- технические потери  $\Delta P_{техн.}$  – это потери, возникающие вследствие физических процессов в электрооборудовании и сетях;
- коммерческие потери  $\Delta P_{ком.}$  – обусловлены различного рода хищениями электроэнергии и несвоевременной её оплатой;
- инструментальные потери  $\Delta P_{инстр.}$  – возникают вследствие систематических погрешностей измерительных приборов систем учёта и контроля электроэнергии;
- потери на собственные нужды  $\Delta P_{с.н.}$  – учитывают потери в электроустановках системы собственных нужд» [13].

«Известно, что в любой электрической сети отчётные (фактические) потери электроэнергии будут определяться суммой составляющих» [5]:

$$\Delta P_{факт} = \Delta P_{техн.} + \Delta P_{ком.} + \Delta P_{инстр.} + \Delta P_{с.н.}, \text{ кВт} \cdot \text{ч.} \quad (1)$$

«Методы и мероприятия по минимизации потерь электроэнергии являются ключевыми практическими инструментами для достижения цели уменьшения потерь в электрических сетях, поэтому напрямую регламентируются государственной политикой страны и отражены во многих законах и актах» [15].

«Известно, что основные направления для задачи минимизации потерь электроэнергии носят организационный либо технический характер (аспект). Организационные аспекты мероприятий по снижению потерь (МСП) приведены на рисунке 3» [9].

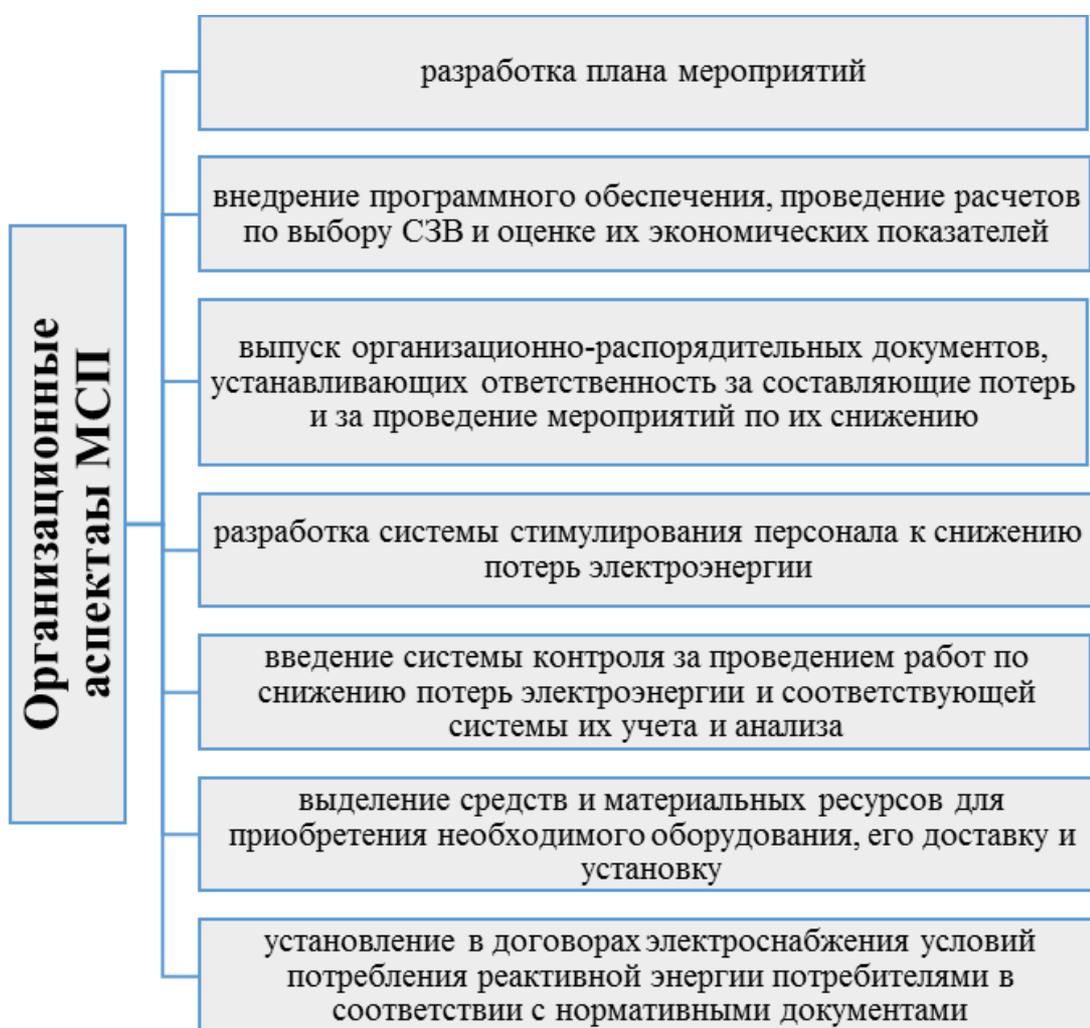


Рисунок 3 – «Организационные аспекты мероприятий по снижению потерь электроэнергии» [9]

«Технические аспекты мероприятий по снижению потерь электроэнергии приведены на рисунке 4» [9].

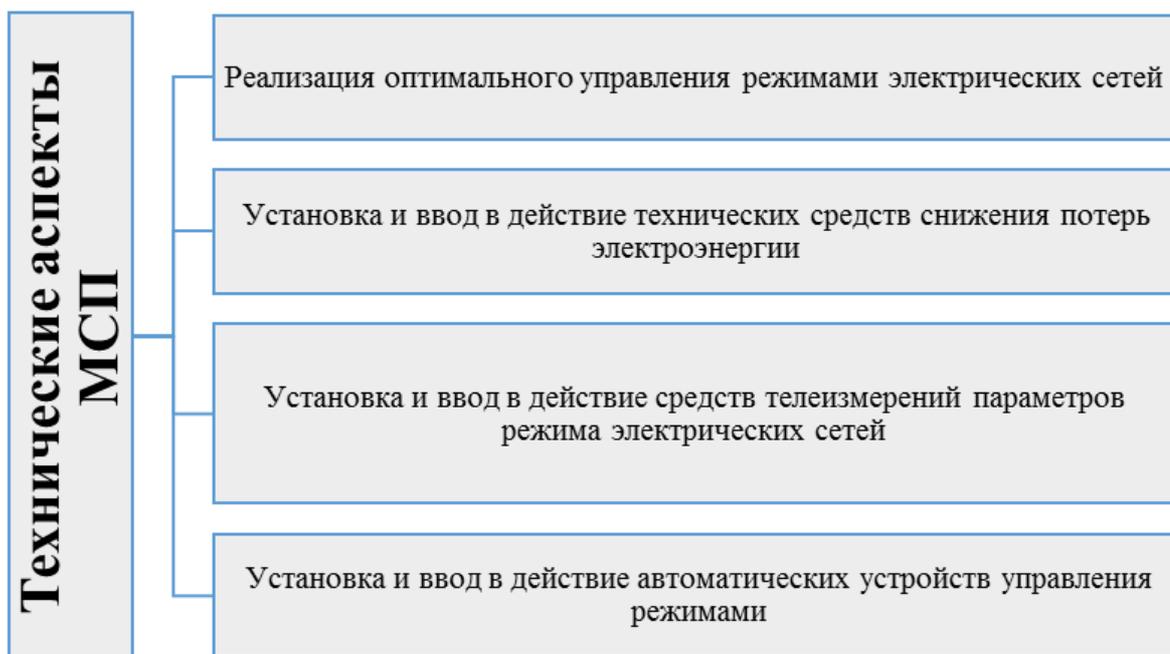


Рисунок 4 – «Технические аспекты мероприятий по снижению потерь электроэнергии» [9]

«Мероприятия по усовершенствованию управления режимами электрических сетей приведены на рисунке 5» [9].



Рисунок 5 – «Мероприятия по усовершенствованию управления режимами сетей» [9]

«Мероприятия по автоматизации управления режимами электрических сетей приведены на рисунке 6» [9].

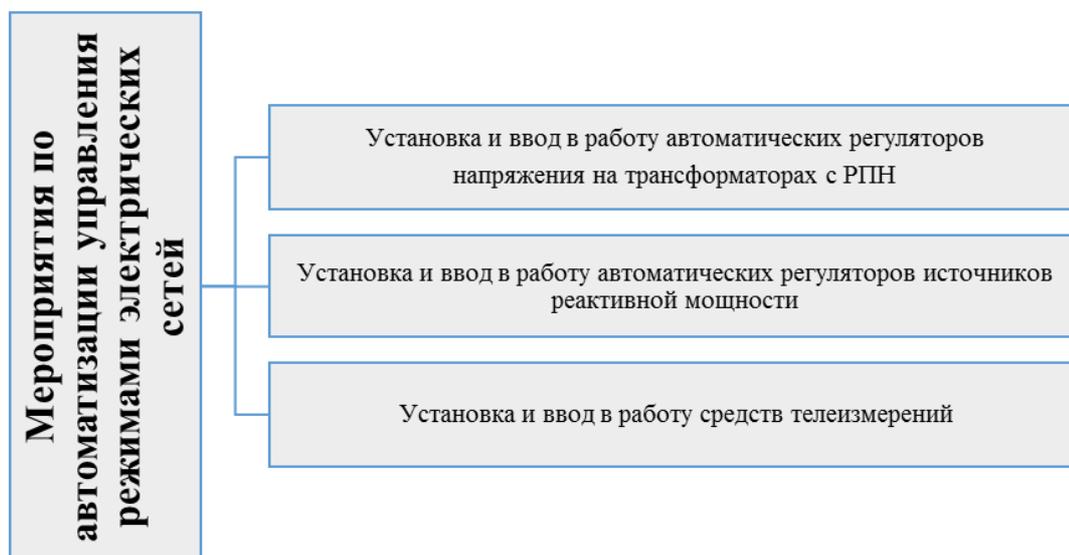


Рисунок 6 – «Мероприятия по автоматизации управления режимами» [9]

«Мероприятия по реконструкции электрических сетей приведены на рисунке 7» [9].



Рисунок 7 – «Мероприятиям по реконструкции электрических сетей» [9]

«Мероприятия по усовершенствованию учета потребления электроэнергии приведены на рисунок 8» [9].

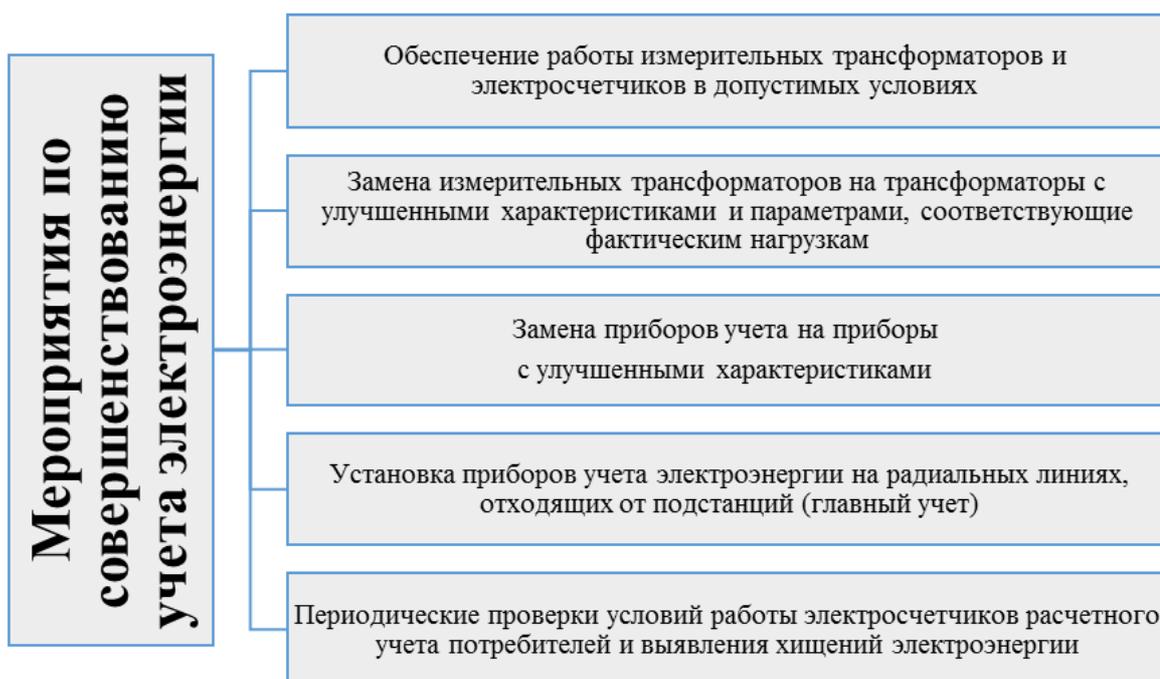


Рисунок 8 – «Мероприятия по усовершенствованию учета потребления электроэнергии» [9]

Таким образом, установлено, что эффективное управление и снижение потерь электроэнергии в системах электроснабжения организаций требует комплексного подхода, который включает в себя совершенствование технической инфраструктуры, улучшение систем управления и мониторинга, обучение персонала и внедрение новых технологий.

На основании приведённой информации далее в работе проводится решение поставленных задач.

## 1.2 Краткая характеристика объекта исследования

Объектом исследования в работе является жилой комплекс современного типа, который является отдельно стоящим многоэтажным домом бизнес-класса.

Согласно техническим условиям, площадь земельного участка, выделяемая под застройку данного жилого комплекса муниципальными властями, равна 4173,4 м<sup>2</sup>.

Участок застройки расположен по следующему адресу (границы участка застройки): Приморский край, городской округ Большой Камень, ул. Матросова – ул. Генерала Макарова– ул. Блюхера – парковая зона.

В работе детально рассматривается проектирование жилого дома данной застройки, расположенного по адресу: Приморский край, городской округ Большой Камень, ул. Генерала Макарова, 9 (многоквартирный дом № 3 данной застройки).

Границы участка застройки на территории городского округа Большой Камень Приморского края показаны на рисунке 9.

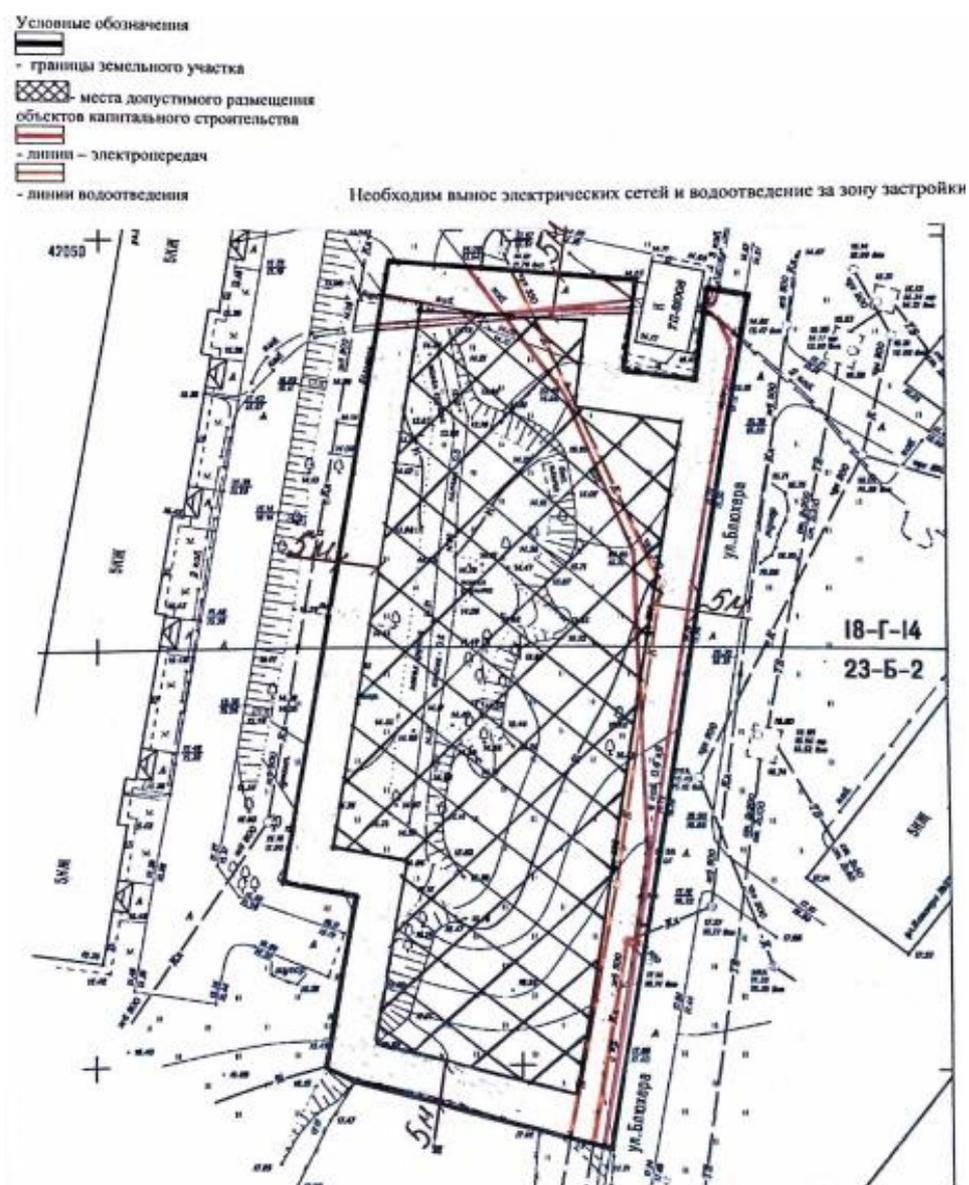


Рисунок 9 – Границы участка застройки на территории городского округа Большой Камень Приморского края

Согласно технологическому плану, рассматриваемый в работе жилой дом будет находиться на балансе и обслуживании управляющей компании «Форпост» и будут рассматриваться в работе детально (исходя из темы работы).

Также разрешена постройка объектов инфраструктуры и муниципальных объектов (в работе не рассматривается).

Финансирование работ по строительству предполагается осуществлять без привлечения средств бюджетов бюджетной системы Российской Федерации, юридических лиц, созданных Российской Федерацией, субъектом Российской Федерации, муниципальным образованием, юридических лиц, доля в уставном (складочном) капитале которых Российской Федерации, субъекта Российской Федерации, муниципального образования составляет более 50 процентов.

В проектной документации предусмотрено благоустройство планируемой под строительство территории. Проезды и тротуары имеют асфальтобетонное покрытие. Проезды запроектированы с бортовым камнем. Озеленение участка выполняется с учетом природных условий района и предусмотрено посадкой декоративных деревьев и кустарников. Проектной документацией предусмотрена посадка деревьев - берёзы плосколистной, абрикоса (дички), липы маньчжурской; из кустарников – форзиции, чубушника (жасмина), сирени обыкновенной, спиреи японской. Устраиваются газоны с посевом многолетних трав и цветов по слою растительного грунта.

Сведения о природных и техногенных условиях территории, на которой планируется осуществлять строительство:

- климатический район и подрайон: IIIГ;
- инженерно-геологические условия: II (средней сложности);
- ветровой район: IV;
- снеговой район: II;
- интенсивность сейсмических воздействий, баллы: 6.

Технические характеристики и показатели жилого дома, расположенного по адресу: Приморский край, городской округ Большой Камень, ул. Генерала Макарова, 9 (многоквартирный дом № 3 данной застройки), представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики и показатели жилого многоквартирного дома №3

Параметр (показатель)	Единица измерения	Значение параметра (показателя )
Этажность	шт.	9
Площадь застройки	м <sup>2</sup>	952,00
Площадь застройки 1 блок-секции	м <sup>2</sup>	487,0
Площадь застройки 2 блок-секции	м <sup>2</sup>	473,00
Строительный объем	м <sup>3</sup>	18245,60
Площадь жилого здания	м <sup>2</sup>	4173,40
Площадь жилого здания одной блок-секции	м <sup>2</sup>	2086,70
Площадь жилого здания с учетом цокольного этажа	м <sup>2</sup>	4963,80
Площадь жилого здания одной блок-секции с учетом цокольного этажа	м <sup>2</sup>	2481,90
Общая площадь нежилых помещений одной блок-секции	м <sup>2</sup>	415,00

«Рассматриваемое в работе многоэтажное жилое здание (многоквартирный дом №3 участка застройки) является многоэтажным домом бизнес-класса. Оно расположено в одном высотном многоэтажном сооружении, имеющего девять этажей, в котором расположены торговые потребители и потребители сферы обслуживания (первый этаж здания), а также жилые потребители: квартиры бизнес-класса улучшенной планировки и повышенной потребляемой мощности (второй – девятый этажи).

Таким образом, установлено, что многоэтажное жилое здание (многоквартирный дом №3 участка застройки) состоит из совокупности нежилых помещений, расположенных на первом этаже, и квартир, находящихся со второго по девятый этажи.

В виду того, что рассматриваемое в работе многоэтажное жилое здание (многоквартирный дом №3 участка застройки) состоит из равноценных

секций, которые распределены равномерно по данному высотному многоэтажному зданию, а также имеют одинаковую суммарную нагрузку, следовательно, в работе необходимо рассматривать всю систему электроснабжения данного многоэтажного сооружения как совокупность однотипных панельных секций.

Как было указано ранее, данное многоэтажное сооружение относится к объектам бизнес-класса, и, согласно современных требований, должно быть оснащено полным комплексом системы жизнеобеспечения (бойлерная, компрессорная, вентиляция)» [12].

«Все технические системы данного комплекса жизнеобеспечения размещаются в подвальных и чердачных помещениях объекта. По степени надежности электроснабжения, сооружение, в котором расположен многоэтажный дом бизнес-класса, относится ко II категории потребителей. Таким образом, для данной категории надёжности необходимо предусмотреть два независимых источника питания» [12,15].

В техническом подполье 1 блок-секции расположены: электрощитовая, водомерный узел и помещение уборочного инвентаря жилого дома.

Класс здания – II.

Уровень ответственности здания – II.

Степень огнестойкости – II.

Здание запроектировано каркасно-монолитным с шагом колонн 7×6, 6×6, 6×3м. Фундаменты – столбчатые железобетонные. Колонны – монолитные железобетонные сечением 400×400.

Перекрытие – безбалочное из монолитного железобетона толщиной 200мм. Лестницы – из сборных железобетонных маршей и площадок. Вентиляционные блоки – кирпичные, опираются на перекрытия. Наружные стены - теплоэффективная кладка, состоящая из двух продольных вёрст, между которыми находятся утеплитель, гидроветрозащитная плёнка и воздушная прослойка.

Кровля – скатная, водосток – наружный организованный. Выход на кровлю предусмотрен из лестничной клетки.

В каждой блок-секции жилого дома предусмотрена лестничная клетка типа Л1 с остеклёнными проёмами на каждом. Каждый этаж жилой блок-секции имеет один эвакуационный выход.

Расчетный класс энергетической эффективности проектируемого многоквартирного жилого дома - «С+». Наружная верста толщиной 250 мм выполняется из лицевого пустотелого керамического кирпича. Внутренняя верста толщиной 190мм выполняется из андезитобазальтовых блоков М50 объёмным весом 1450кг/м<sup>3</sup> на цементно-песчаном растворе М50.

Утеплитель толщиной 150мм– из базальтового волокна Хабаровского завода «Базалит ДВ». Слой, примыкающий к наружной версте, - «БазалитВенти-В» - 50мм. Слой, примыкающий к внутренней версте – «БазалитВенти-Н» - 100мм.

Наружные стены цокольного этажа выполнены из монолитной ж/б стенки толщиной 300мм. Предусмотрено утепление экструдированным пенополистиролом «Пеноплэкс» толщиной 100 мм.

Перекрытие пола над неотапливаемым техподпольем выполнено из монолитной ж/б плиты толщиной 200 мм. Предусмотрено утепление пенополистирольными плитами ПСБ-С толщиной 70 мм.

Оконные блоки и балконные двери выполнены из ПВХ профилей с двухкамерным белым стеклопакетом марки 4М1-10- 4М1-10-4М1.

Оконные конструкции балконов выполнены из ПВХ профилей с однокамерным белым стеклопакетом марки 4М1-16-4М1.

Двери наружные – усиленные металлические утеплённые.

Чердачное перекрытие выполнено из сборной ж/б плиты толщиной 200мм. Утепление предусмотрено плитами пенополистирол ПСБ С 50 ГОСТ 15588-2014 толщиной 180мм.

Проектируемое здание оборудовано:

– эффективным утеплителем наружных стен и чердачного перекрытия;

- отопительными электрическими приборами;
- энергосберегающими осветительными приборами;
- оборудованием, обеспечивающим выключение освещения в отсутствии людей в местах общего пользования (датчики движения, выключатели);
- дверными доводчиками;
- второй дверью в тамбурах, обеспечивающей минимальные потери тепловой энергии;
- ограничителями открывания окон.

Понижение уровня уличного шума достигается за счет утеплителя наружных стен, применения окон с тройным остеклением, уплотнения притворов по периметру проемов. Предусмотрена звукоизоляции мест пересечения ограждающих конструкций с инженерными коммуникациями. Под крепление инженерного оборудования предусмотрены отдельные вибро- и звукоизолирующие прокладки.

«Электроснабжение проектируемого многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки) планируется осуществить от трансформаторной подстанции напряжением 10/0,4 кВ (далее – ТП-10/0,4 кВ).

В данном строении многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки) предусмотрено наличие пяти равноценных и одинаковых панельных секций, в каждой из которых предусмотрена собственная парадная.

При этом коммуникации всех парадных многоквартирный дом №3 участка застройки разделены с целью обеспечения надёжности схемы. При этом каждая панель имеет собственное вводное распределительное устройство, получающее питание кабельными линиями электропередачи от шин 0,4 кВ питающей РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ» [18].

Расположение панельных секций многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки) представлено на рисунке 10.

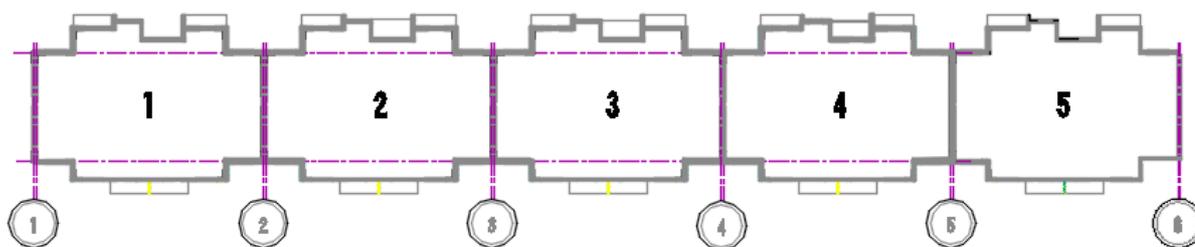


Рисунок 10 – Расположение панельных секций многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)

В состав проектируемого дома входят такие группы потребителей: жилые потребители (квартиры), нежилые потребители (магазины и ресторан), а также электрифицируемые коммуникации.

«Состав и характеристики нежилых потребителей каждой секции проектируемого многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки) в работе представлен в форме таблицы 2» [14].

Таблица 2 – «Состав и характеристики нежилых потребителей секции многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)» [14]

Потребитель (коммуникация)	Этаж	Номинальная мощность потребителя, $P_{ном}$ , кВт	Кол-во потребителей, шт.	Суммарная установленная проектная нагрузка, $P_{уст}$ , кВт	Категория ЭП по надежности
Магазин продовольственных товаров	1	50,0	1	50,0	II
Магазин непродовольственных товаров	1	40,0	1	40,0	II
Ресторан (с кафетерием)	1	120,0	1	120,0	II
Всего нежилых потребителей секций многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)			3	210,0	II

«Состав и характеристики квартир (жилых потребителей) многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки), приведён в таблице 3» [14].

Таблица 3 – «Состав и характеристики квартир (жилых потребителей) секции многоэтажного жилого здания (дом №3 участка застройки)» [14]

Потребитель (коммуникация)	Этаж	Номинальная мощность потребителя, $P_{ном}$ , кВт	Кол-во потребителей, шт.	Суммарная установленная проектная нагрузка, $P_{уст}$ , кВт	Категория ЭП по надежности и
Квартиры (3 комнаты)	2-4	8,0	60	480,0	II
Квартиры (4 комнаты)	5-6	10,0	30	300,0	II
Квартиры (5 комнат)	7	12,0	15	180,0	II
Квартиры (6 комнат)	8	15,0	10	150,0	II
Пентхаус	9	20,0	5	100,0	II
Всего			120	1210,0	II

«Состав и характеристики электрифицируемых коммуникаций многоэтажного жилого здания представлены в форме таблицы 4» [14].

Таблица 4 – «Состав и характеристики электрифицируемых коммуникаций многоэтажного жилого здания (дом №3 участка застройки)» [14]

Потребитель (коммуникация)	Номинальная мощность потребителя, $P_{ном}$ , кВт	Кол-во потребителей, шт.	Суммарная установленная нагрузка, $P_{уст}$ , кВт	Категория ЭП
Лифты грузовые	7,5	5	37,5	I
Лифты пассажирские	4,5	5	22,5	I
Автономная система отопления	22,0	5	110,0	II
Система кондиционирования и увлажнения воздуха	3,0	5	15,0	II
Система пожаротушения	2,0	5	10,0	I
Система фильтрации воздуха	1,2	5	6,0	II
Система нагрева воды	3,0	5	15,0	II
Система резервного водообеспечения	3,0	5	15,0	II
Система резервного водоотведения	3,0	5	15,0	II
Системы телекоммуникаций	0,5	5	2,5	I
Пост охраны	5,0	5	25,0	II
Диспетчерский центр	5,0	1	5,0	II
Освещение коридоров и лестничных клеток	0,2	45	9,0	II
Наружное освещение парадных	0,5	5	2,5	II
Подземный паркинг	12,0	1	12,0	II
Наземный паркинг	5,0	1	5,0	II
Всего		108	307,0	I, II

Приведённая информация по объекту используется в работе далее.

Выводы по разделу 1.

В работе проведён анализ исходных данных на проектирование. Рассмотрены основные сведения о проблеме потерь электроэнергии в системах электроснабжения Российской Федерации, выделены основные факторы, приводящие к потерям электроэнергии в системах электроснабжения, рассмотрена принятая классификация потерь электроэнергии, описаны основные мероприятия по уменьшению потерь электроэнергии в системах электроснабжения организаций.

Приведена краткая характеристика объекта исследования. Установлено, что объектом исследования в работе выступает проектируемый жилой дом участка застройки, расположенного по адресу: Приморский край, городской округ Большой Камень, ул. Генерала Макарова, 9 (многоквартирный дом № 3 данной застройки). Указано, что данный дом после окончания строительства будет находиться на балансе управляющей компании «Форпост». Установлено, что в состав проектируемого дома входят такие группы потребителей: жилые потребители (квартиры), нежилые потребители (магазины и ресторан), а также электрифицируемые коммуникации. Приведены основные технические характеристики потребителей проектируемого жилого дома.

Таким образом, исходя из результатов первого раздела работы, в следующем разделе необходимо решить такие актуальные задачи:

- с целью уменьшения технических потерь электроэнергии, возникающих в результате неправильного проектирования, необходимо разработать комплекс технических решений по проектированию жилого многоквартирного дома с выбором рациональных сечений кабелей питающей и распределительной сетей, мощности и количества трансформаторов на питающей подстанции, электрических аппаратов;
- с целью уменьшения «инструментальных» и коммерческих потерь электроэнергии на объекте, предлагается выбрать и обосновать оптимальную АСКУЭ.

## 2 Разработка технических решений на объекте

### 2.1 Разработка комплекса мероприятия по минимизации потерь электроэнергии на объекте

Далее в работе, для решения поставленной основной цели исследований, необходимо провести разработку комплекса мероприятия по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения проектируемого жилого многоэтажного дома участка застройки, который будет находиться на балансе управляющей компании «Форпост».

Основываясь на перечень основных факторов, приводящих к потерям электроэнергии, а также принимая в учёт основные мероприятия по минимизации потерь электроэнергии, предлагается внедрить на объекте проектирования комплекс мероприятий, состоящий из трёх основных этапов (рисунок 11).



Рисунок 11 – Комплекс мероприятия по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения проектируемого жилого многоэтажного дома

«Первый этап плана реализации предложенного комплекса предполагает тщательное и качественное нормирование потерь электроэнергии. При этом такое нормирование необходимо осуществить для каждой группы потерь электроэнергии отдельно, так как они имеют различную природу и не могут быть представлены одной расчётной составляющей» [19].

«Второй этап плана реализации предложенного комплекса предполагает внедрение организационных мероприятий по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения многоквартирного дома №3 участка застройки. К ним относятся: разработка плана работ по минимизации потерь электроэнергии, принятие организационной документации, направленной на поощрение работников, выполняющих предписания по снижению потерь электроэнергии, внедрение инструкций и положений по правильному ведению технологического процесса, наказание виновных, проведение разъяснительной работы среди работников и потребителей» [19].

«На третьем этапе плана реализации предложенного комплекса осуществляется непосредственная разработка и внедрение комплекса технических мероприятий для минимизации каждой группы потерь с учётом технических характеристик и параметров объекта» [4].

При этом, в системе электроснабжения проектируемого жилого многоэтажного дома, предлагается минимизация групп потерь электроэнергии за счёт внедрения следующих основных мероприятий:

- технические потери электроэнергии предлагается минимизировать за счёт внедрения правильных схемных решений на стадии проектирования и правильного выбора и проверки рациональных сечений кабелей питающей и распределительной сетей, мощности и количества трансформаторов на питающей подстанции, электрических аппаратов;
- инструментальные потери электроэнергии предлагается уменьшить за счёт применения АСКУЭ, обладающей значительно меньшими

погрешностями измерений, чем классические системы и приборы учёта электроэнергии;

- коммерческие потери электроэнергии предлагается полностью искоренить путём установки АСКУЭ;
- потери на собственные нужды в системе электроснабжения проектируемого жилого многоэтажного дома отсутствуют.

Таким образом, в результате проведённого анализа, выбраны наиболее эффективные с технико-экономической точки зрения мероприятия по минимизации уровня потерь электроэнергии в системе электроснабжения проектируемого жилого многоэтажного дома, которые сводятся к решению следующих основных задач в работе:

- для минимизации технических потерь электроэнергии на объекте необходимо провести качественное и эффективное проектирование схемы электроснабжения жилого дома, с последующим выбором и проверкой всех её структурных элементов (проводников, аппаратов, трансформаторов питающей подстанции). При этом, с целью повышения точности расчёта, также необходимо рассчитать электрические нагрузки на объекте;
- для минимизации коммерческих и инструментальных потерь электрической энергии, на объекте предлагается внедрить современную АСКУЭ, которая даст технико-экономический эффект за счёт значительно меньших суммарных погрешностей измерительной системы, а также предотвратит возможные кражи электроэнергии. При этом в работе, на основе сравнительного анализа ведущих разработок данной продукции, предлагается выбрать марку и производителя АСКУЭ.

Далее в работе проводится последовательное решение поставленных задач.

Таким образом, при решении указанных задач в достаточном объёме, основная цель работы будет достигнута.

## 2.2 Выбор схемы электроснабжения многоэтажного жилого дома

«Электроснабжение многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки) осуществляется от ТП-10/0,4 кВ, расположенном в непосредственной близости от объекта проектирования (расстояние – 50 м). Как было указано ранее, многоэтажный дом бизнес-класса, относится ко II категории надёжности, поэтому питание системы электроснабжения всех потребителей данного объекта осуществляется по радиальной схеме двумя кабельными линиями от разных секций шин 0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ» [5]. «Схема электрических соединений питающей ТП-10/0,4 кВ многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки), представлена на рисунке 12» [10].

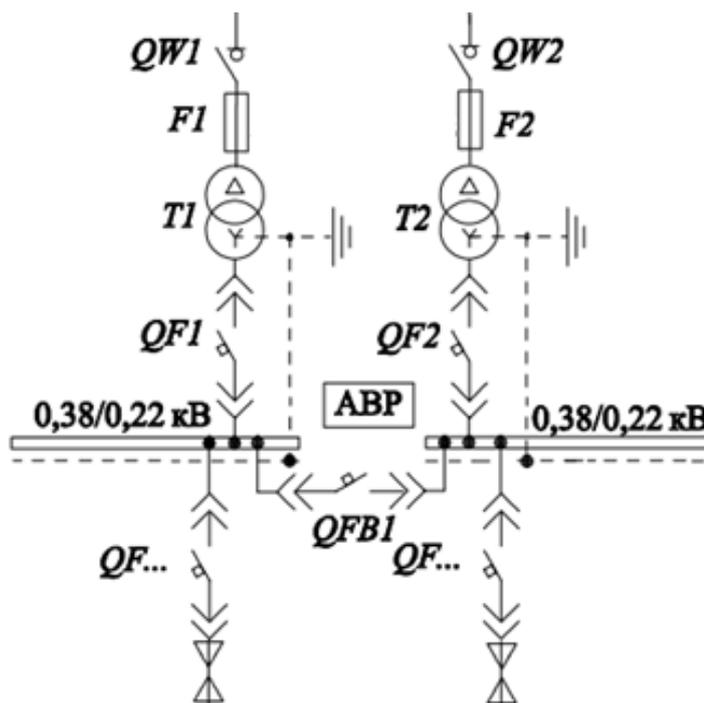


Рисунок 12 – Схема электрических соединений питающей ТП-10/0,4 кВ многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)

«Для приёма и распределения электроэнергии в системе электроснабжения многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки), предусматривается вводное распределительное

устройство (ВРУ), непосредственно устанавливаемый в подвальном помещении данного объекта в первой секции дома.

От ВРУ получают питание силовые распределительные шкафы (СРШ) потребителей. При этом каждый СРШ потребителей I и II категорий надёжности, к которым относятся подавляющее большинство потребителей объекта, питается по радиальной схеме кабельными линиями от шин ВРУ согласно основным положениям» [5]. «Также для обеспечения надёжности в схеме предусматривается автоматическое включение резерва (АВР) на секциях шин СРШ потребителей.

В схеме электроснабжения многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки) предусмотрены автоматы ввода, устанавливаемые во ВРУ, а также линейные автоматы, обеспечивающие защиту и коммутацию кабельных линий, питающих СРШ от шин ВРУ.

От СРШ непосредственно получают питание потребители многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки), а также других потребителей проектируемого объекта, на вводе к которым в их щитках устанавливаются автоматические выключатели для защиты кабельных линий, питающих их от соответствующих СРШ.

Для освещения многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки) предусмотрены вводные и распределительные щитки рабочего и аварийного (эвакуационного) освещения.

Такие щитки устанавливаются в каждой секции проектируемого многоэтажного дома.

От распределительных щитков освещения питаются группы осветительных установок объектов общего пользования (лестничных клеток, тамбуров, проходов, наружное освещение секций дома). При этом распределительная сеть лифтов и части освещения совмещена, что разрешено требованиями» [11]. «Для данной цели применяется стандартная схема, представленная на рисунке 13» [15].

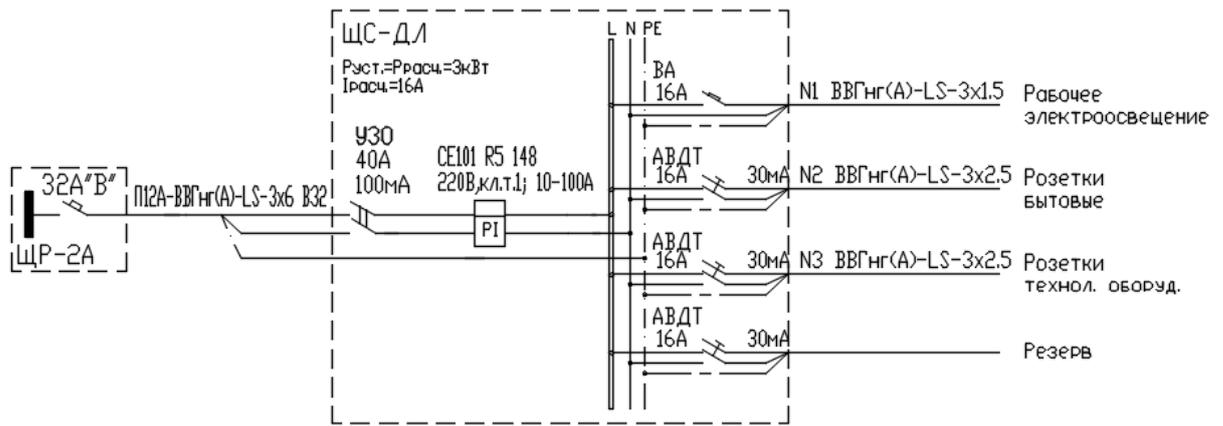


Рисунок 13 – Принятая схема распределительной сети лифтов и освещения секций многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)

«Принятая схема распределительной сети системы электроснабжения квартир, принятая в работе, представлена на рисунке 14» [5].

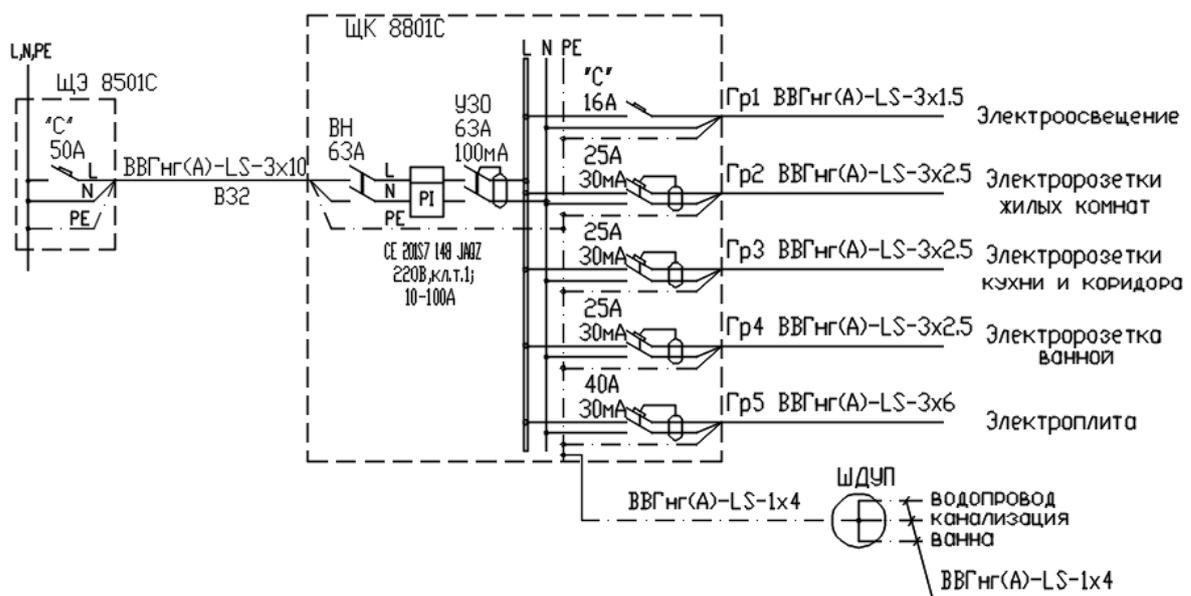


Рисунок 14 – Принятая схема распределительной сети системы электроснабжения квартир многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)

Принятые и обоснованные выше схемы питающей и распределительной сети системы электроснабжения многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки), показаны в работе на графическом листе 2.

### 2.3 Расчёт электрических нагрузок многоэтажного жилого дома

Цели и задачи расчета силовых нагрузок в системе электроснабжения многоквартирного дома вытекают из необходимости обеспечения эффективной, устойчивой и безопасной работы электроэнергетической инфраструктуры.

Научно обоснованный подход к проведению такого анализа направлен на достижение следующих целей и решение соответствующих задач [16]:

- оптимизация нагрузочной способности, определение точных параметров мощности, на которых будут функционировать электропотребители внутри многоквартирного дома. Это позволяет эффективно использовать электроэнергию, избегая избыточной потребляемой мощности или перегрузок системы, а также увеличения потерь электроэнергии;
- обеспечение устойчивости системы: расчет силовых нагрузок нацелен на обеспечение равномерного распределения нагрузки по фазам и предотвращение перегрузок, что способствует устойчивой работе электроснабжения, минимизируя риски отказов и снижения качества электроэнергии.
- гарантирование нормативной безопасности: один из главных аспектов состоит в соблюдении электротехнических стандартов и норм, которые обеспечивают безопасную эксплуатацию системы. Расчеты позволяют оценить соответствие текущей системы требованиям стандартов.
- планирование и резервирование ресурсов: целью является определение дополнительных мощностных резервов, которые обеспечивают возможность приспособления к изменениям в нагрузке в будущем, таким как увеличение числа потребителей или внедрение новых технологий (перспективная нагрузка).

Первоочередной задачей расчёта нагрузок, является выявление и классификация всех электропотребителей в многоквартирном доме, а также определение их установленных (проектных) мощностей.

Второй основной задачей является правильное распределение суммарной мощности нагрузки между фазами системы электроснабжения многоквартирного жилого дома.

Далее для питающих силовых и осветительных щитков требуется провести анализ одновременности работы различных потребителей и учесть этот аспект в расчетах для точного определения суммарной нагрузки.

Таким образом, расчет нагрузок в системе электроснабжения многоквартирного дома имеет глубокое научное и практическое значение для обеспечения надежной и безопасной работы электрической инфраструктуры, соответствия стандартам и оптимизации энергопотребления.

«Далее в работе проводится расчёт электрических нагрузок многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки).

Значение расчётных силовых нагрузок на вводе отдельных групп потребителей» [16]:

$$P_{p.n} = K_o P_{ном}, \text{кВт}, \quad (1)$$

$$Q_{p.n} = P_{p.n} \cdot \text{tg}\varphi, \text{квар}, \quad (2)$$

$$S_{p.n} = \sqrt{P_{p.n}^2 + Q_{p.n}^2}, \text{кВА}, \quad (3)$$

«Где  $P_{p.n}$  – активная мощность, кВт;

$Q_{p.n}$  – реактивная мощность, квар;

$S_{p.n}$  – полная мощность, кВА;

$P_{ном.}$  – номинальная активная мощность потребителей, кВт;

$K_o$  – коэффициент одновременности нагрузки ( $K_o = 1$  [16]);

$\text{tg } \varphi$  – коэффициент реактивной мощности» [5].

«Расчёт проводится для магазина продовольственных товаров одной из секций многоквартирного дом №3 участка застройки по (1 – 3)» [5]:

$$P_{p.n} = 50 \cdot 1 = 50 \text{ кВт.}$$

$$Q_{p.n} = 50 \cdot 0,48 = 24 \text{ квар.}$$

$$S_{p.n} = \sqrt{50^2 + 24^2} = 55 \text{ кВА.}$$

«Аналогично проведён расчёт нагрузок на вводе остальных потребителей и результаты приведены в таблице 5» [9].

Таблица 5 – «Расчетные силовые нагрузки на вводе отдельных потребителей многоэтажного многоквартирного дома №3 участка застройки» [9]

Наименование потребителя	$P_{ном.},$ кВт	$P_{p.n},$ кВт	$Q_{p.n},$ квар	$S_{p.n},$ кВА
<b>Нежилые потребители</b>				
Магазин продовольственных товаров	50,0	50,0	24,0	55,0
Магазин непродовольственных товаров	40,0	40,0	19,2	44,4
Ресторан (с кафетерием)	120,0	120,0	57,6	133,1
<b>Электрифицируемые коммуникации</b>				
Лифты грузовые	7,5	7,5	3,6	8,3
Лифты пассажирские	4,5	4,5	2,2	5,0
Автономная система отопления	22,0	22,0	-	22,2
Система кондиционирования и увлажнения воздуха	3,0	3,0	1,4	3,3
Система пожаротушения	2,0	2,0	1,0	2,2
Система фильтрации воздуха	1,2	1,2	0,6	1,3
Система нагрева воды	3,0	3,0	-	3,0
Система резервного водообеспечения	3,0	3,0	1,4	3,3
Система резервного водоотведения	3,0	3,0	1,4	3,3
Системы телекоммуникаций	0,5	0,5	-	0,5
Пост охраны	5,0	5,0	2,0	6,0
Освещение коридоров и лестничных клеток	0,2	0,2	0,01	0,3
Наружное освещение парадных	0,5	0,5	0,2	0,6
<b>Квартиры (жилые потребители)</b>				
Квартиры (3 комнаты)	9,0	9,0	-	9,0
Квартиры (4 комнаты)	11,1	11,1	-	11,1
Квартиры (5 комнат)	13,3	13,3	-	13,3
Квартиры (6 комнат)	15,8	15,8	-	15,8
Пентхаус	22,2	22,2	-	22,2

«Значение расчётных силовых нагрузок на вводе СРШ потребителей офисных помещений многоэтажного жилого здания» [4]:

$$P_{p.СРШ} = K_o P_{p.п} n, кВт, \quad (4)$$

$$Q_{p.СРШ} = P_{p.СРШ} \cdot tg\varphi, квар, \quad (5)$$

$$S_{p.СРШ} = \sqrt{P_{p.СРШ}^2 + Q_{p.СРШ}^2}, кВА, \quad (6)$$

«где  $P_{p.СРШ}$  – расчётная активная мощность СРШ, кВт;

$Q_{p.СРШ}$  – расчётная реактивная мощность СРШ, квар;

$S_{p.СРШ}$  – расчётная полная мощность СРШ, кВА;

$K_o$  – коэффициент одновременности максимумов нагрузки [6];

$n$  – количество однотипных потребителей, шт;

$tg \varphi$  – коэффициент реактивной мощности» [9].

Таким образом, при расчёте групповых сетей многоэтажного многоквартирного дома №3 участка застройки, требуется определить коэффициент одновременности максимума нагрузок, с целью расчёта максимальной нагрузки на каждую ветвь питающей сети. Таким образом, вся проектируемая нагрузка будет учтена в работе.

«Проводится расчёт нагрузки для СРШ магазина продовольственных товаров многоэтажного жилого здания по (4 – 6)» [9]:

$$P_{p.СРШ} = 0,85 \cdot 50 = 42,5 кВт,$$

$$Q_{p.СРШ} = 42,5 \cdot 0,48 = 20,4 квар,$$

$$S_{p.СРШ} = \sqrt{42,5^2 + 20,4^2} = 47,1 кВА.$$

«Расчетные силовые нагрузки на вводе СРШ потребителей представлены в работе в форме таблицы 6» [9].

Таблица 6 – «Расчетные силовые нагрузки на вводе СРШ потребителей многоэтажного многоквартирного дома №3 участка застройки» [9]

Наименование потребителя	$P_{p.n},$ кВт	$n,$ шт	$K_o$	$P_{p.СРШ},$ кВт	$Q_{p.СРШ},$ квар	$S_{p.СРШ},$ кВА
Нежилые потребители						
Магазин продовольственных товаров	50,0	-	0,85	42,5	20,4	47,1
Магазин непродовольственных товаров	40,0	-	1	40,0	19,2	44,4
Ресторан (с кафетерием)	120,0	-	1	120,0	57,6	133,1
Всего (нежилые потребители)	-	-	-	202,5	97,2	224,6
Электрифицируемые коммуникации						
Лифты грузовые	7,5	5	0,9	33,8	16,2	37,5
Лифты пассажирские	4,5	5	0,9	20,3	9,7	22,5
Автономная система отопления	22,0	5	0,9	109,8	-	109,8
Система кондиционирования воздуха	3,0	5	0,9	13,5	6,5	15,0
Система пожаротушения	2,0	5	0,9	9,0	4,3	10,0
Система фильтрации воздуха	1,2	5	0,9	5,4	2,6	6,0
Система нагрева воды	3,0	5	0,9	13,5	-	13,5
Система резервного водообеспечения	3,0	5	0,9	13,5	6,5	15,0
Система резервного водоотведения	3,0	5	0,9	13,5	6,5	15,0
Системы телекоммуникаций	0,5	5	0,9	2,3	-	2,3
Пост охраны	5,0	5	0,9	23,0	-	23,0
Диспетчерский центр	5,0	-	1	5,0	2,4	5,5
Освещение коридоров и лес-х клеток	0,2	45	0,6	5,4	2,6	6,0
Наружное освещение парадных	0,5	5	0,9	2,3	1,1	2,6
Подземный паркинг	12,0	-	1	12,0	5,8	13,3
Наземный паркинг	5,0	-	1	5,0	2,4	5,5
Всего (коммуникации)	-	105	-	276,5	132,7	307,3
Квартиры (жилые потребители)						
Квартиры (3 комнаты)	8,0	60	0,75	183,0	-	183,0
Квартиры (4 комнаты)	10,0	30	0,8	187,2	-	187,2
Квартиры (5 комнат)	12,0	15	0,85	133,1	-	133,1
Квартиры (6 комнат)	15,0	10	0,87	113,1	-	113,1
Пентхаус	20,0	5	0,9	99,8	-	99,8
Всего (квартиры)	-	120	-	645,8	310,0	716,2
Всего по жилому дому	-	235	-	1124,8	539,9	1248,1

«Расчетная нагрузка уличного освещения прилегающей территории многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)» [19]:

$$P_{осв.} = P_{уд.осв.} \cdot S, Вт, \quad (7)$$

«где  $P_{уд.осв.}$  – удельная мощность уличного освещения, Вт/м;

$S$  – освещаемая площадь, м<sup>2</sup>» [19].

«Реактивная и полная нагрузка уличного освещения прилегающей территории многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)» [19]:

$$Q_{\text{осв.}} = P_{\text{осв.}} \cdot \text{tg } \varphi, \text{вар}, \quad (8)$$

$$S_{\text{осв.}} = \sqrt{P_{\text{осв.}}^2 + Q_{\text{осв.}}^2}, \text{кВА}. \quad (9)$$

Проводится расчет нагрузки уличного освещения прилегающей территории многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки) по приведённым выше условиям:

$$P_{\text{осв.}} = (300 + 200 + 240 + 1000) \cdot 2,5 = 4350 \text{Вт} = 4,35 \text{кВт},$$

$$Q_{\text{осв.}} = 4,35 \cdot 0,48 = 2,1 \text{квар},$$

$$S_{\text{п.}} = \sqrt{4,35^2 + 2,1^2} = 4,83 \text{кВА}.$$

«Суммарные нагрузки многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки) с учётом силовой и осветительной нагрузки уличного освещения (суммарная нагрузка на шинах 0,4 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ) определяются методом суммирования с учётом коэффициента одновременности максимума нагрузки» [7]:

$$P_{\Sigma} = K_o (\Sigma P_{\text{р.СРШ}} + P_{\text{осв.}}), \text{кВт}, \quad (10)$$

$$Q_{\Sigma} = K_o (\Sigma Q_{\text{р.СРШ}} + Q_{\text{осв.}}), \text{квар}, \quad (11)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2}, \text{кВА}, \quad (12)$$

«Где  $\Sigma P_{\text{р.СРШ}}$ ,  $\Sigma Q_{\text{р.СРШ}}$ ,  $\Sigma S_{\text{р.СРШ}}$  – соответственно суммарные активные, реактивные и полные силовые нагрузки СРШ потребителей

многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки);

$P_{осв}$ ,  $Q_{осв}$ ,  $S_{осв}$  – соответственно активные, реактивные и полные нагрузки уличного освещения многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки);

$K_o$  – коэффициент одновременности максимумов нагрузки на шинах ТП-10/0,4 кВ» [2].

«Суммарная нагрузка на шинах 0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки) по (10) – (12)» [9]:

$$P_{\Sigma} = (1124,8 + 4,35) \cdot 0,95 = 1072,7 \text{ кВт},$$

$$Q_{\Sigma} = (539,9 + 2,1) \cdot 0,95 = 514,9 \text{ квар},$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{1072,7^2 + 514,9^2} = 1189,9 \text{ кВА}.$$

«На основе полученных результатов электрических нагрузок, далее в работе проводится выбор и проверка элементов проектируемой системы электроснабжения многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)» [9].

## **2.4 Выбор и проверка силовых трансформаторов питающей подстанции**

Выбор и проверка силовых трансформаторов для питающей подстанции жилого дома представляют собой сложную и важную инженерную задачу.

Этот процесс включает в себя строгий анализ требований к электроснабжению, расчеты технических параметров и, на этом основании, выбор трансформаторов определённых марок и мощностей.

«Номинальная мощность трансформаторов подстанции многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)» [14]:

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{\sum P_p}{N\beta_t}, \text{ кВА}, \quad (13)$$

«Где  $S_{\text{ном.т.р}}$  – полная номинальная расчетная мощность силового трансформатора, рекомендуемого для установки на подстанции, кВА;

$\sum P_p$  – суммарная расчетная активная нагрузка многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки), кВт;

$N$  – число силовых трансформаторов, рекомендованных к установке на подстанции, шт.;

$\beta_t$  – коэффициент загрузки силовых трансформаторов, установленных на подстанции, о.е.» [14].

«Номинальная мощность трансформаторов ТП-10/0,4 кВ многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки) по (13)» [14]:

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{1072,7}{2 \cdot 0,8} = 670,4 \text{ кВА}.$$

«Согласно результатам расчета, в работе для установки на питающей ТП-10/0,4 кВ многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки) выбирается два силовых трансформатора марки ТМГ-1000/10» [5].

«Действительные значения коэффициентов загрузки силовых трансформаторов в нормальном и послеаварийном режимах определяются по известным выражениям» [9]:

$$K_3^H = \frac{\Sigma S_p}{S_{ном.тр.} \cdot N}, \quad (14)$$

$$K_3^{n.ав.} = \frac{\Sigma S_p}{S_{ном.тр.} \cdot (N - 1)}, \quad (15)$$

«Где  $\Sigma S_p$  – расчетная полная нагрузка проектируемого многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки), кВА» [14].

«Полученные по формулам (14) и (15) коэффициенты не должны превышать значений» [9]:

$$K_3^H \leq 0,9; K_3^{n.ав.} \leq 1,5. \quad (16)$$

«Расчётные коэффициенты загрузки трансформаторов на питающей подстанции в нормальном и послеаварийном режимах» [9]:

$$K_3^H = \frac{1189,9}{1000 \cdot 2} = 0,59,$$

$$K_3^{n.ав.} = \frac{1189,9}{1000 \cdot (2 - 1)} = 1,19.$$

«Условия проверки (16) выполняется» [14]:

$$0,59 < 0,9,$$

$$1,19 < 1,5.$$

«Расчётная реактивная мощность компенсирующего устройства 0,4 кВ для установки на шинах 0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки) с учётом выбранного типа силовых трансформаторов» [10]:

$$Q_T = \sqrt{(N\beta_T S_{\text{ном.т}})^2 - P_p^2}, \quad (17)$$

«где  $N$  – число трансформаторов на ТП-10/0,4 кВ, шт.;

$\beta_T$  – коэффициент загрузки трансформаторов ТП-10/0,4 кВ» [5].

«Расчётная мощность конденсаторных установок (КУ)» [19]:

$$Q_{\text{н.к}} = Q_p - Q_T, \quad (18)$$

«где  $Q_p$  – расчётная реактивная нагрузка системы электроснабжения многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки), квар» [14].

«Суммарная расчётная мощность КУ системы электроснабжения многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)» [19]:

$$Q_{\text{КУ}} = n \cdot Q_{\text{н.к}}. \quad (19)$$

«Для системы электроснабжения многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)» [13]:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{\text{КУ}})^2}. \quad (20)$$

«Проверка выбранных трансформаторов в нормальном режиме с учётом выбранных КУ по допустимому коэффициенту загрузки» [13]:

$$K_3^n = \frac{0,5 \cdot S_p}{S_{\text{ном.т}}} \leq 0,85. \quad (21)$$

«В послеаварийном режиме» [13]:

$$K_3^{n.ав} = \frac{S_p}{S_{ном.т}} \leq 1,7. \quad (22)$$

«Согласно (17) и (18)» [14]:

$$Q_T = \sqrt{(2 \cdot 0,8 \cdot 1000)^2 - 1072,2^2} = 1187,5 \text{ квар.}$$

$$Q_{н.к} = 514,9 - 1187,2 = -672,3 \text{ квар.}$$

«Поскольку в результате расчётов получилось отрицательное число мощности КУ, следовательно, конденсаторные установки напряжением 0,4 кВ на питающей ТП-10/0,4 кВ объекта проектирования не устанавливаются» [7].

## 2.5 Выбор и проверка проводников многоэтажного жилого дома

«В работе принимаются следующие кабельные марки кабельных линий напряжением 0,38/0,22 кВ с учётом способа их прокладки:

- питающей сети – кабельная линия марки АВБШПнг с использованием двух силовых кабелей, питающая ВРУ многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки), от РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ, а также СРШ от ВРУ. При этом для питания ВРУ объекта от РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ предусматривается прокладка кабелей в траншее, остальные питающие линии прокладываются в строительных кабельных блоках;
- распределительной сети – кабельные линии марки ВВГнгFRLS и ВВГнгLS с использованием силовых кабелей для питания потребителей I и II категорий электроснабжения по радиальной схеме от ВРУ до СРШ потребителей и, далее, от СРШ потребителей непосредственно к самим потребителям (предусмотрена прокладка всех кабелей в строительных кабельных блоках)» [2].

«Расчётный рабочий ток линии» [7]:

$$I_{p.} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.}}. \quad (23)$$

«Максимальный расчётный ток линии» [11]:

$$I_{p.маx} = 1,4 I_{p.маx}. \quad (24)$$

«Проверка кабельной линии по условию их нагрева» [11]:

$$I_{дон} \geq I_{p.маx}, \quad (25)$$

«Где  $I_{дон}$  – длительно – допустимый ток силового кабеля стандартного сечения, А;

$I_{p.маx}$  – максимальный ток участка (линии) с учётом перегрузок и резервирования, А» [1].

«Известно, что кабели напряжением выше 1 кВ выбираются по экономической плотности тока» [2]:

$$F_э = \frac{I_{p.}}{j_э}. \quad (26)$$

«Расчётный ток питающей кабельной линии 10 кВ» [2]:

$$I_{p.} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,8 \text{ А.}$$

«Расчётное сечение питающей кабельной линии 10 кВ объекта проектирования» [2]:

$$F_9 = \frac{57,8}{1,6} = 36,1 \text{ мм}^2.$$

«С учётом полученных результатов, предварительно принимается к установке силовой трёхжильный кабель марки АСБл-10 (3×35) с  $I_{дон}=145 \text{ А}$ » [12].

«Максимальный расчётный ток линии» [2]:

$$I_{p.\max} = 1,4 \cdot 57,8 \approx 80,92 \text{ А}.$$

«Условие проверки кабельной линии 10 кВ выполняется» [11]:

$$145 \text{ А} \geq 80,92 \text{ А}.$$

«Известно, что выбор проводников сетей низкого напряжения заключается в определении тока, протекающего по кабелю в нормальном режиме.

При выборе поправочных коэффициентов вычисляется значение суммарного коэффициента» [2]:

$$K_{\text{общ.}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (27)$$

$$K_{\text{общ.}} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,9.$$

«Для кабелей должны выполняться условия выбора и проверки, приведённые далее.

Проверка в нормальном режиме работы» [5]:

$$I'_{дон} \geq I''_p, \text{ А}. \quad (28)$$

«Значение расчетного тока кабельной линии в нормальном режиме определяется так» [2]:

$$I_p^n = \frac{S_\Sigma}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot n}, A, \quad (29)$$

«где  $S_\Sigma$  – расчётная суммарная нагрузка линии,  $кВА$ ;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение,  $кВ$ ;

$n$  – количество силовых кабелей в линии, по которым осуществляется электроснабжение потребителей, *шт.*» [2].

$$I'_{дон} \geq K_{общ} \cdot I_{дон}, A, \quad (30)$$

«где  $K_{общ}$  – суммарный поправочный коэффициент,  $K_{общ} = 0,9$ ;

$I_{дон}$  – длительный допустимый ток кабеля,  $A$ » [5].

«Проводится расчёт и выбор кабельной линии, питающей ВРУ многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки), от РУ-0,4  $кВ$  ТП-10/0,4  $кВ$ » [2].

«По выражению (29)» [2]:

$$I_p^n = \frac{1189,9}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 2} = 903,9 A.$$

«Принимается для прокладки в двух кабельных линиях по три кабеля с алюминиевыми жилами марки АВБШПнг  $5 \times 185$ ,  $F=185$   $мм^2$ ,  $I_{дон}=345$   $A$ , предусматривается прокладка кабелей в земляной траншее.

Проверка по (30) выполняется» [20]:

$$3 \cdot 365 \cdot 0,9 = 931,5 A \geq 903,9 A.$$

«Окончательно принимается для питания ВРУ многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки), от РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ, кабели с алюминиевыми жилами марки АВБШПнг 5×185. Аналогичные расчеты проведены для остальных линий 0,38/0,22 кВ объекта и результаты представлены в таблице 7 (выбор кабелей питающей сети)» [2].

«Таблица 7 – Выбор кабелей питающей сети напряжением 0,38/0,22 кВ многоэтажного жилого многоквартирного дома №3 участка застройки» [2]

Линия (потребитель)	Количество кабелей, <i>n, шт</i>	Расчетный ток участка, $I_p^H, A$	$I'_{доп}, A$	Марка кабеля
Питающая КЛ (от РУ-0,4 кВ ко ВРУ)	2	903,9	931,5	3АВБШПнг 5×185
Кабели от ВРУ к СРШ потребителей				
Нежилые потребители				
Магазин продовольственных товаров	1	71,6	77,4	ВВГнгLS 5×10
Магазин непродовольственных товаров	1	67,5	77,4	ВВГнгLS 5×10
Ресторан (с кафетерием)	1	202,2	227,7	ВВГнгLS 5×70
Электрифицируемые коммуникации				
Лифты грузовые	1	57,0	58,6	ВВГнгFRLS 5×6
Лифты пассажирские	1	34,2	36,0	ВВГнгFRLS 5×4
Автономная система отопления	1	166,8	184,5	ВВГнгLS 5×50
Система кондиционирования воздуха	1	22,8	36,0	ВВГнгLS 5×16
Система пожаротушения	1	66,3	75,2	ВВГнгFRLS 5×10
Система фильтрации воздуха	1	9,1	36,0	ВВГнгFRLS 5×2,5
Система нагрева воды	1	55,8	56,0	ВВГнгLS 5×6
Система резервного водообеспечения	1	56,6	58,0	ВВГнгLS 5×6
Система резервного водоотведения	1	22,8	36,0	ВВГнгLS 5×6
Системы телекоммуникаций	1	3,9	36,0	ВВГнгLS 5×2,5
Пост охраны	1	39,5	46,8	ВВГнгLS 5×4
Диспетчерский центр	1	8,4	36,0	ВВГнгLS 5×2,5
Освещение коридоров и лестничных клеток	1	9,1	36,0	ВВГнгLS 5×2,5
Наружное освещение парадных	1	3,9	36,0	ВВГнгLS 5×2,5
Подземный паркинг	1	20,0	36,0	ВВГнгLS 5×2,5
Наземный паркинг	1	8,4	36,0	ВВГнгLS 5×2,5
Квартиры (жилые потребители)				
Квартиры (3 комнаты)	1	278,0	312,3	ВВГнгLS 5×120
Квартиры (4 комнаты)	1	284,4	312,3	ВВГнгLS 5×120
Квартиры (5 комнат)	1	202,2	227,7	ВВГнгLS 5×70
Квартиры (6 комнат)	1	171,8	184,5	ВВГнгLS 5×50
Пентхаус	1	151,6	155,7	ВВГнгLS 5×35

«Аналогично осуществляется выбор кабелей распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки) (линии от СРШ к отдельным потребителям) с приведением результатов расчёта, выбора и проверки в форме таблицы 8.

При этом, так как нежилые потребители объекта проектирования (магазин продовольственных товаров, магазин непродовольственных товаров и ресторан (с кафетерием)) имеют единые объекты, сечение распределительной сети для них не выбирается и регламентируется арендодателем» [10].

Таблица 8 – Выбор кабелей распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)

Линия (потребитель)	Количество кабелей, <i>n, шт</i>	Расчетный ток участка, $I_p^H, A$	$I'_{дон}, A$	Марка кабеля
Электрифицируемые коммуникации				
Лифты грузовые	1	49,8	64,6	ВВГнгFRLS 3×6
Лифты пассажирские	1	39,5	50,2	ВВГнгFRLS 3×4
Автономная система отопления	1	37,5	40,8	ВВГнгLS 3×4
Система кондиционирования и увлажнения воздуха	1	35,1	39,5	ВВГнгLS 3×4
Система пожаротушения	1	48,3	62,3	ВВГнгFRLS 3×6
Система фильтрации воздуха	1	34,2	41,5	ВВГнгFRLS 3×4
Система нагрева воды	1	39,8	50,1	ВВГнгLS 3×4
Система резервного водообеспечения	1	9,2	30,6	ВВГнгLS 3×2,5
Система резервного водоотведения	1	8,9	40,5	ВВГнгLS 3×4
Системы телекоммуникаций	1	0,9	30,6	ВВГнгLS 3×2,5
Пост охраны	1	9,2	41,7	ВВГнгLS 3×4
Освещение коридоров и лестничных клеток	1	0,8	29,6	ВВГнгLS 3×2,5
Наружное освещение парадных	1	0,9	31,0	ВВГнгLS 3×2,5
Квартиры (жилые потребители)				
Квартиры (3 комнаты)	1	19,2	36,5	ВВГнгLS 3×4
Квартиры (4 комнаты)	1	21,8	40,6	ВВГнгLS 3×6
Квартиры (5 комнат)	1	26,1	46,2	ВВГнгLS 3×10
Квартиры (6 комнат)	1	29,5	48,6	ВВГнгLS 3×10
Пентхаус	1	34,2	55,7	ВВГнгLS 3×16

Выбранные кабельные линии показаны в графической части работы.

## 2.6 Выбор и проверка электрических аппаратов многоэтажного жилого дома

Выбор и проверка электрических аппаратов в системе электроснабжения жилого многоквартирного дома – это важнейший этап проектирования, который направлен на обеспечение надежной и безопасной работы не только самой системы электроснабжения данного предприятия, но и всей энергосистемы в целом.

В работе выбор и проверка электрических аппаратов проводится в распределительных устройствах РП-10/0,4 кВ системы электроснабжения многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки).

Известно, что наиболее важным высоковольтным электрическим аппаратом на подстанциях переменного напряжения энергосистем являются высоковольтные выключатели. Поэтому в первую очередь проводится выбор и проверки.

«Выбор выключателей высокого напряжения производится, исходя из следующих условий:

- по номинальному напряжению» [18]:

$$U_{уст} \leq U_n \quad (31)$$

где « $U_{уст}$ ,  $U_{ном}$  – соответственно напряжения установки и номинальное напряжение выключателя (параметр завода-изготовителя)» [18];

- «по максимальному рабочему току» [16]:

$$I_{раб.макс} \leq I_n \quad (32)$$

где « $I_{раб.макс}$ ,  $I_n$  – соответственно, максимальный рабочий ток ПАВ режима электроустановки и номинальное значение тока выключателя (параметр завода-изготовителя)» [16];

– «проверка выключателя на симметричный ток отключения» [18]:

$$I_{пт} \leq I_{откн.н} \quad (33)$$

где « $I_{пт}$  – значение периодической составляющей тока короткого замыкания в момент начала расхождения дугогасительных контактов;

$I_{откн.н}$  – номинальный ток отключения выключателя, кА» [18];

– «проверка выключателя на отключение асимметричного тока» [7]:

$$(\sqrt{2} \cdot I_{пт} + i_{ат}) \leq \sqrt{2} \cdot I_{откн.н} (1 + \beta_n), \quad (34)$$

где « $i_{ат}$  – значение аperiodической составляющей тока короткого замыкания в момент расхождения контактов;

$\beta_n$  – номинальное значение относительного содержания аperiodической составляющей в отключаемом токе КЗ;

$\tau$  – наименьшее время от начала короткого замыкания до момента расхождения дугогасительных контактов, определяется так» [7]:

$$t = t_{з.мин} + t_{с.в}, \quad (35)$$

где « $t_{з.мин}$  – минимальное время действия релейной защиты, с;

$t_{с.в}$  – собственное время отключения выключателя, с» [7];

– «на электродинамическую устойчивость выбранный выключатель проверяется по значению предельного сквозного тока КЗ» [18]:

$$i_y \leq i_{нр.с}, \quad (36)$$

где « $i_{нр.с}$  – действующее значение предельного сквозного тока КЗ;

$i_y$  – ударный ток короткого замыкания в цепи выключателя» [18];

– «проверка выключателя на термическую стойкость по значению теплового импульса» [18]:

$$B_k \leq I_T^2 t_T, \quad (37)$$

где « $B_k$  – тепловой импульс по расчёту,  $A^2 \cdot c$ ;

$I_T$  – предельный ток термической устойчивости,  $A^2 \cdot c$ ;

$t_T$  – длительность протекания тока устойчивости,  $c$ » [18].

«При этом тепловой импульс с учётом токов короткого замыкания и отключения цепи» [18]:

$$B_k = I_k^2 (t_{отк} + T_a). \quad (38)$$

«Предварительно принимается для установки на объекте проектирования выключатель вакуумный нового образца и модификации, для установки в ячейках РУ, марки ВВ/TEL-10-20/1000 (производитель – фирма «Таврида Электрик»). Результаты выбора и проверки выключателей высокого напряжения для установки на питающем РП-10 кВ выполняются» [18]:

$$U_{ном} = 10 \text{ кВ} = U_{сети} = 10 \text{ кВ}.$$

$$I_{ном} = 1000 \text{ А} > I_{расч} = 80,8 \text{ А}.$$

$$I_{откл} = 20 \text{ кА} > I_{к1} = 8,71 \text{ кА}.$$

$$i_{пр.скв} = 20 \text{ кА} > i_{ук1} = 14,24 \text{ кА}.$$

«Выбранные выключатели высокого напряжения удовлетворяют всем требуемым условиям. Таким образом, окончательно принимается в схеме электроснабжения многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки) два выключателя марки ВВ/TEL-10-20/1000 (производитель – фирма «Таврида Электрик»)» [18].

«Совместно с данными выключателями в ячейках также устанавливаются ограничители перенапряжения марки ОПН-КР/TEL-10/12 УХЛ1. Также вместе с высоковольтными выключателями, на питающем РП-10 кВ устанавливаются измерительные трансформаторы тока, выбор и проверка которых проведена в форме таблицы 9» [18].

Таблица 9 – Результаты выбора трансформаторов тока для установки в ячейках питающего РП-10 кВ многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)

Наименование аппарата	Условие выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
Трансформаторы тока ТПОЛМ-10	$U_{сети} \leq U_{ном.}$	$U_{сети} = 10 \text{ кВ.}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ.}$
	$I_{max} \leq I_{ном.}$	$I_{max} = 80,8 \text{ А.}$	$I_{ном} = 100 \text{ А.}$
	$i_y \leq i_{дин.}$	$i_y = 14,24 \text{ кА.}$	$i_{дин.} = 20 \text{ кА.}$
	$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T.$	$I_T^2 \cdot t_T = 8,71^2 \cdot 3 =$ $= 227,6 \text{ кА}^2\text{с.}$	$B_K = 20^2 \cdot 3 =$ $= 1200 \text{ кА}^2\text{с.}$

«Для защиты в сети 10 кВ принимаются выключатели нагрузки с предохранителями. Выбираются выключатели нагрузки (таблица 10)» [18].

Таблица 10 – Результаты выбора выключателей нагрузки для установки в РУ-10 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)

Наименование аппарата	Условие выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
Выключатели нагрузки ВНПу-10/ 250-10-УЗ	$U_{сети} \leq U_{ном.}$	$U_{сети} = 10 \text{ кВ.}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ.}$
	$I_{max} \leq I_{ном.}$	$I_{max} = 80,8 \text{ А.}$	$I_{ном} = 250 \text{ А.}$
	$I_{н.т} \leq I_{отк.ном.}$	$I_{н.т} = 8,71 \text{ кА.}$	$I_{отк.ном} = 20 \text{ кА.}$
	$i_y \leq i_{дин.}$	$i_y = 14,24 \text{ кА.}$	$i_{дин.} = 20 \text{ кА.}$
	$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T.$	$I_T^2 \cdot t_T = 8,71^2 \cdot 3 =$ $= 227,6 \text{ кА}^2\text{с.}$	$B_K = 20^2 \cdot 3 =$ $= 1200 \text{ кА}^2\text{с.}$

«Также для применения совместно с выключателями нагрузки выбирается предохранители марки ПК103-10-100-31,5/УЗ. Все выбранные электрические аппараты 10 кВ показаны на графическом листе 2» [18].

«Проводится выбор и проверка современных электрических аппаратов напряжением 0,38/0,22 кВ системы электроснабжения многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)» [8].

«Номинальные токи автомата и уставки теплового расцепителя» [15]:

$$I_{ном.а} \geq I_p, \quad (39)$$

$$I_{у.т.р} \geq 1,1 \cdot I_p. \quad (40)$$

«Ток электромагнитного расцепителя» [15]:

$$I_{ном.э.р} \geq K_{то} \cdot I_p \geq I_k. \quad (41)$$

«Уставка теплового и электромагнитного расцепителей» [15]:

$$I_{у.э.р} \geq K \cdot I_{у.т.р}, \quad (42)$$

«где  $K$  – кратность тока уставки электромагнитного расцепителя» [19].

«Ток срабатывания теплового расцепителя» [18]:

$$I_{тр(расц.)} = 1,2 \cdot I_{раб.и}, A. \quad (43)$$

«Проверка выбора автоматических выключателей» [18]:

$$I_{тр} \geq I_{тр(расц.)}, A, \quad (44)$$

$$I_{тр} \leq I_{нав}, A. \quad (45)$$

«Результаты выбора автоматов питающей сети 0,38/0,22 кВ многоэтажного жилого многоквартирного дома №3 участка застройки приведены в таблице 11» [18].

Таблица 11 – «Результаты выбора трёхфазных автоматов питающей сети напряжением 0,38/0,22 кВ многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)» [18]

Линия	$I_p,$ $A$	Марка автомата	$I_{ном.а},$ $A$	$I_{у.т.р.},$ $A$	$I_{у.э.р.},$ $A$	$I_{в.а.},$ $кА$
Вводной автомат	903,9	Siemens SENTRON VL1600	1600	1600	4800	45
Нежилые потребители						
Магазин продовольственных товаров	71,6	Siemens SENTRON VL100	100	100	300	45
Магазин непродовольственных товаров	67,5	Siemens SENTRON VL100	80	80	240	45
Ресторан (с кафетерием)	202,2	Siemens SENTRON VL250	250	250	750	45
Электрифицируемые коммуникации						
Лифты грузовые	57,0	Siemens SENTRON VL80	80	80	240	45
Лифты пассажирские	34,2	Siemens SENTRON VL50	50	50	150	45
Автономная система отопления	166,8	Siemens SENTRON VL250	250	200	600	45
Система кондиционирования воздуха	22,8	Siemens SENTRON VL32	32	32	96	45
Система пожаротушения	15,2	Siemens SENTRON VL25	25	25	75	45
Система фильтрации воздуха	9,1	Siemens SENTRON VL16	16	16	48	45
Система нагрева воды	22,8	Siemens SENTRON VL32	32	32	96	45
Система резервного водообеспечения	22,8	Siemens SENTRON VL32	32	32	96	45
Система резервного водоотведения	22,8	Siemens SENTRON VL32	32	32	96	45
Системы телекоммуникаций	3,9	Siemens SENTRON VL10	10	10	30	45
Пост охраны	39,5	Siemens SENTRON VL50	50	50	150	45
Диспетчерский центр	8,4	Siemens SENTRON VL16	16	16	48	45
Освещение коридоров и лестничных клеток	9,1	Siemens SENTRON VL16	16	16	48	45
Наружное освещение парадных	3,9	Siemens SENTRON VL10	10	10	30	45
Подземный паркинг	20,0	Siemens SENTRON VL25	25	25	75	45
Наземный паркинг	8,4	Siemens SENTRON VL16	16	16	48	45
Квартиры (жилые потребители)						
Квартиры (3 комнаты)	278,0	Siemens SENTRON VL400	400	350	1050	45
Квартиры (4 комнаты)	284,4	Siemens SENTRON VL400	400	350	1050	45
Квартиры (5 комнат)	202,2	Siemens SENTRON VL250	250	250	750	45
Квартиры (6 комнат)	171,8	Siemens SENTRON VL200	200	200	600	45
Пентхаус	151,6	Siemens SENTRON VL200	200	200	600	45

«Выбор автоматов для защиты кабелей распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ многоэтажного жилого здания (многоквартирный

дом №3 участка застройки) проведен аналогично и результаты приведены в таблице 12» [18].

Таблица 12 – Выбор автоматических выключателей для защиты кабелей распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)

Линия	$I_p$ , А	Марка автомата	$I_{ном.а}$ , А	$I_{у.т.р.}$ , А	$I_{у.э.р.}$ , А	$I_{в.а.}$ , кА
Электрифицируемые коммуникации						
Лифты грузовые	49,8	Siemens 3P C 20A 5SL6106-7	20	20	60	6
Лифты пассажирские	39,5	Siemens 3P C 16A 5SL6106-7	16	16	48	6
Автономная система отопления	37,5	Siemens 1P C 50A 5SL6106-7	50	50	150	6
Система кондиционирования и увлажнения воздуха	35,1	Siemens 1P C 50A 5SL6106-7	50	50	150	6
Система пожаротушения	48,3	Siemens 3P C 20A 5SL6106-7	20	20	60	6
Система фильтрации воздуха	34,2	Siemens 1P C 50A 5SL6106-7	50	50	150	6
Система нагрева воды	39,8	Siemens 3P C 20A 5SL6106-7	20	20	60	6
Система резервного водообеспечения	9,2	Siemens 3P C 10A 5SL6106-7	10	10	30	6
Система резервного водоотведения	8,9	Siemens 1P C 25A 5SL6106-7	25	25	75	6
Системы телекоммуникаций	0,9	Siemens 1P C 06A 5SL6106-7	6	6	18	6
Пост охраны	9,2	Siemens 1P C 25A 5SL6106-7	25	25	75	6
Освещение коридоров и лестничных клеток	0,8	Siemens 1P C 06A 5SL6106-7	6	6	18	6
Наружное освещение парадных	0,9	Siemens 1P C 10A 5SL6106-7	10	10	30	6
Квартиры (жилые потребители)						
Квартиры (3 комнаты)	19,2	Siemens 1P C 32A 5SL6106-7	32	32	96	6
Квартиры (4 комнаты)	21,8	Siemens 1P C 32A 5SL6106-7	32	32	96	6
Квартиры (5 комнат)	26,1	Siemens 1P C 40A 5SL6106-7	40	40	120	6
Квартиры (6 комнат)	29,5	Siemens 1P C 40A 5SL6106-7	40	40	120	6
Пентхаус	34,2	Siemens 1P C 50A 5SL6106-7	50	50	150	6

«Все выбранные в работе автоматы для защиты и коммутации питающей и распределительной сети объекта удовлетворяют требованиям выбора и проверок.

Также подходят для установки все аппараты напряжением 10 кВ» [18].

Все аппараты показаны в работе на графическом листе 2.

## **2.7 Выбор автоматизированной системы контроля и управления электроэнергией многоэтажного жилого дома**

Для минимизации коммерческих и инструментальных потерь электрической энергии, на объекте предлагается внедрить современную АСКУЭ, которая даст технико-экономический эффект за счёт значительно меньших суммарных погрешностей измерительной системы, а также предотвратит возможные кражи электроэнергии.

При этом в работе, на основе сравнительного анализа ведущих разработок данной продукции, предлагается выбрать марку и производителя АСКУЭ.

Выбор оптимальной автоматизированной системы контроля и управления электроэнергией для многоэтажных жилых комплексов представляет собой многогранный аналитический процесс, предполагающий анализ ряда факторов, охватывающих как технические аспекты, так и экономические соображения. Сущностная структура принимаемого решения подчиняется принципу сопряжения опережающего планирования и системного подхода.

Важной отправной точкой является глубокий анализ потребностей данной жилой структуры, с пониманием функциональных требований к автоматизированной системе, таких как мониторинг и управление электроосвещением, климатическими параметрами, и уровнем энергопотребления как на индивидуальном, так и на общем уровне.

Следующий аспект – бюджетное планирование. Принятие управленческих решений в этой сфере зависит от выделенных финансовых ресурсов на интеграцию и эксплуатацию автоматизированной системы. Оно подразумевает оценку оптимального баланса между качеством и стоимостью решения.

Сегодня на рынке существует множество вариантов систем управления, включая концепции «Умного дома» и «Умного здания». Выбор между ними

требует анализа технических характеристик и функциональных возможностей, с учетом предполагаемого диапазона задач и желаемой степени автоматизации.

Также следует учитывать масштабируемость системы. Гибкость и легкость интеграции дополнительных функций или расширение масштаба системы являются значимыми аспектами, позволяющими адаптировать систему к будущим изменениям в потребностях.

Аспект интеграции – еще один неотъемлемый элемент выбора. Совместимость с существующими системами безопасности, информационной инфраструктурой и прочими подсистемами в жилом многоквартирном здании требует тщательного анализа, чтобы избежать конфликтов и обеспечить согласованное функционирование.

Поддержка удаленного управления через сеть интернет также является критически важным параметром. Это позволяет операторам и жильцам мониторить и регулировать систему в режиме реального времени, обеспечивая высокий уровень гибкости и реакции.

Уровень энергоэффективности системы также имеет свою значимость. Современные требования к экономии энергоресурсов обязывают уделить внимание возможностям мониторинга и управления энергопотреблением, а также оптимизации энергетических процессов.

Принятие решения также предполагает учет совместимости выбранной системы с существующим оборудованием и технологической базой.

Кроме того, важной составляющей является анализ обзоров и рекомендаций от экспертов и пользователей, опираясь на опыт применения аналогичных систем управления в аналогичных контекстах.

Согласно учету этих факторов, осуществляется выбор целесообразного варианта системы управления электроэнергией, способного наилучшим образом соответствовать запросам и ожиданиям, предъявляемым к многоквартирным жилым комплексам.

На основе анализа ведущих мировых и отечественных разработок в данном направлении, в работе предложено применить АСКУЭ на основе

современных трёхфазных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М.

Автоматизированная система контроля и управления электроэнергией (АСКУЭ) на основе современных трёхфазных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М обладает несколькими значительными преимуществами, способствующими более эффективному и удобному управлению энергопотреблением в многоэтажных жилых домах:

- высокая точность измерений: электронные счётчики марки ЦЭ6823М обеспечивают высокую точность измерений электроэнергии, что позволяет более точно определить расход электроэнергии для отдельных квартир или зон здания;
- многозонность и многотарифность: программируемые счётчики марки ЦЭ6823М могут разделять потребление электроэнергии на разные зоны или группы потребителей, что полезно для более детального анализа и управления энергопотреблением в различных частях здания;
- удаленный мониторинг: современные программируемые счётчики марки ЦЭ6823М могут быть интегрированы в системы дистанционного мониторинга. Это позволяет операторам или администраторам следить за потреблением электроэнергии удаленно, что упрощает процессы управления и обнаружения ненормальных режимов, а также хищений электроэнергии;
- программируемость и настройка: программируемые счётчики марки ЦЭ6823М предоставляют возможность настройки параметров в соответствии с конкретными потребностями здания, включая всех его потребителей. Данный аспект включает установку пороговых значений, временных интервалов мониторинга и других параметров;
- автоматизированное оповещение: при достижении определенных уровней потребления электроэнергии или других событий, программируемые счётчики марки ЦЭ6823М могут автоматически

отправлять уведомления на указанные адреса электронной почты или мобильные устройства;

- энергоэффективность: АСКУЭ на базе современных программируемых счётчиков марки ЦЭ6823М позволяет более активно следить за потреблением электроэнергии и выявлять потенциальные зоны энергоизбыточного потребления, а также несанкционированный доступ к сетям;
- интеграция с другими системами: современные счётчики марки ЦЭ6823М могут быть интегрированы с другими системами управления зданием, такими как системы безопасности, системы климат-контроля и другими аналогичными системами многоквартирного жилого дома;
- качественный учёт параметров и потребления электроэнергии: программируемые счётчики марки ЦЭ6823М облегчают учёт и формирование счетов для отдельных абонентов или зон, что важно для многоэтажных жилых комплексов с разными владельцами;
- экономия времени и ресурсов: автоматизация процессов сбора данных о потреблении электроэнергии и анализа позволяет снизить затраты на ручной контроль и оптимизировать ресурсы;
- долгосрочная надежность: современные программируемые счётчики марки ЦЭ6823М обладают повышенной надежностью и долгим сроком службы, что обеспечивает стабильность системы управления электроэнергией.

Конструктивное выполнение современных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М, которые рекомендовано использовать в работе на объекте проектирования, представлен на рисунке 15.



Рисунок 15 – Конструктивное выполнение современных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М

Функциональная схема АСКУЭ многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки) представлена на рисунке 16.

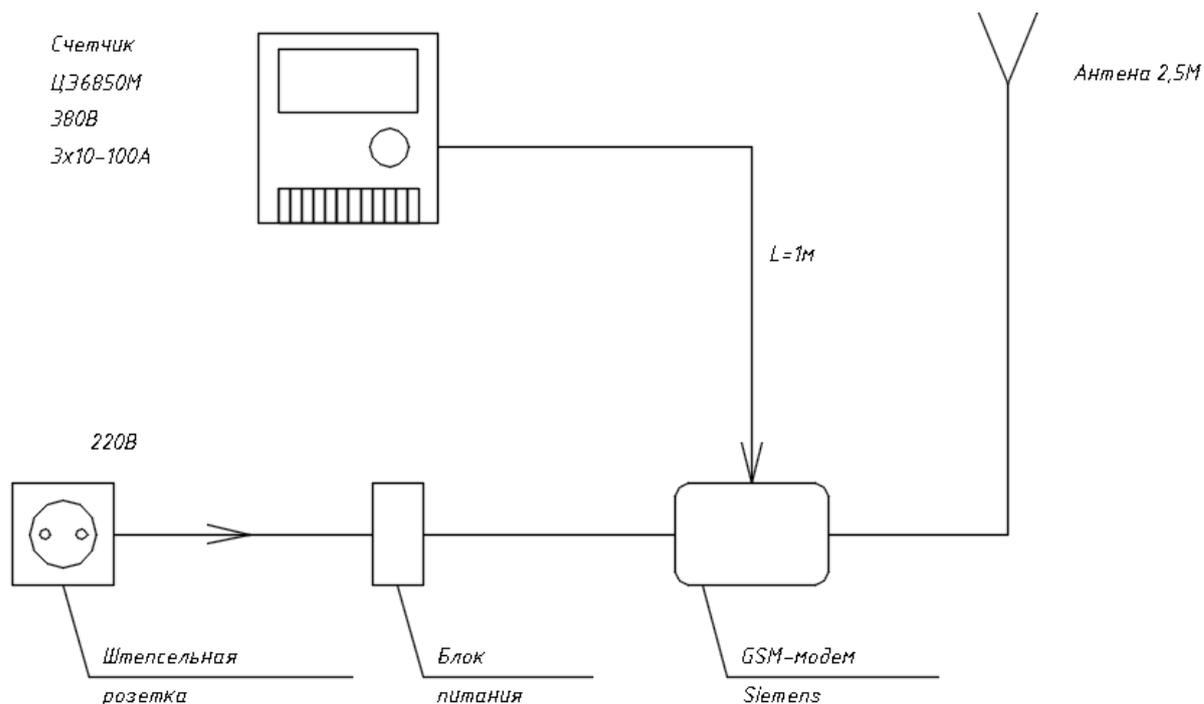


Рисунок 16 – Функциональная схема АСКУЭ многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)

Структурная схема АСКУЭ многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки) представлена на рисунке 17.

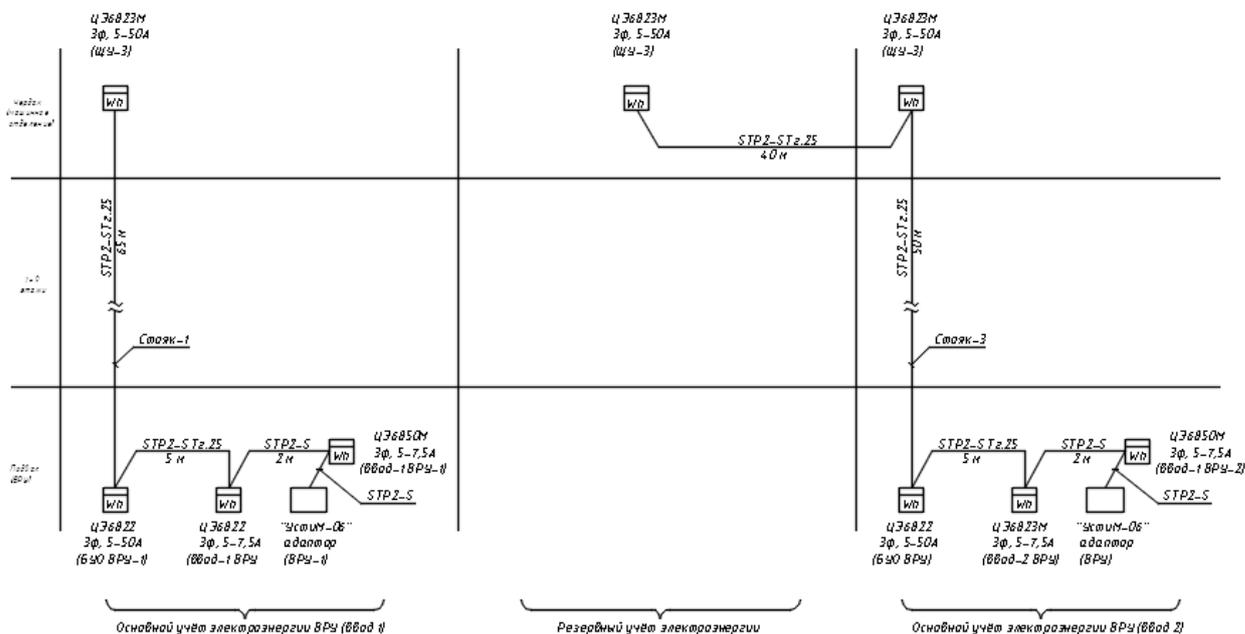


Рисунок 17 – Структурная схема АСКУЭ многоэтажного жилого здания (многоквартирный дом №3 участка застройки)

Таким образом, выбор АСКУЭ на базе трёхфазных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М оправдывается вышеуказанными преимуществами, обеспечивая более эффективное, гибкое и интеллектуальное управление электроэнергией в многоэтажных жилых комплексах.

Выводы по разделу 2.

Проведена разработка комплекса мероприятия по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения проектируемого жилого многоэтажного дома участка застройки, который будет находиться на балансе управляющей компании «Форпост».

При этом, в системе электроснабжения проектируемого жилого многоэтажного дома, предложено осуществить минимизацию групп потерь электроэнергии за счёт внедрения следующих основных мероприятий:

- технические потери электроэнергии предлагается минимизировать за счёт внедрения правильных схемных решений на стадии проектирования и правильного выбора и проверки рациональных

сечений кабелей питающей и распределительной сетей, мощности и количества трансформаторов на питающей подстанции, электрических аппаратов;

- инструментальные потери электроэнергии предлагается уменьшить за счёт применения АСКУЭ, обладающей значительно меньшими погрешностями измерений, чем классические системы и приборы учёта электроэнергии;
- коммерческие потери электроэнергии предлагается полностью искоренить путём установки АСКУЭ;
- потери на собственные нужды в системе электроснабжения проектируемого жилого многоэтажного дома отсутствуют.

Таким образом, в результате проведённого анализа, выбраны наиболее эффективные с технико-экономической точки зрения мероприятия по минимизации уровня потерь электроэнергии в системе электроснабжения проектируемого жилого многоэтажного дома, которые сводятся к решению следующих основных задач в работе:

- для минимизации технических потерь электроэнергии на объекте необходимо провести качественное и эффективное проектирование схемы электроснабжения жилого дома, с последующим выбором и проверкой всех её структурных элементов (проводников, аппаратов, трансформаторов питающей подстанции). При этом, с целью повышения точности расчёта, также необходимо рассчитать электрические нагрузки на объекте;
- для минимизации коммерческих и инструментальных потерь электрической энергии, на объекте предлагается внедрить современную АСКУЭ, которая даст технико-экономический эффект за счёт значительно меньших суммарных погрешностей измерительной системы, а также предотвратит возможные кражи электроэнергии. При этом в работе, на основе сравнительного анализа

ведущих разработок данной продукции, предлагается выбрать марку и производителя АСКУЭ.

Выбраны и подтверждены основные технические решения в системе электроснабжения проектируемого многоэтажного жилого многоэтажного дома, обеспечивающие минимизацию технических потерь электроэнергии на стадии проектирования объекта:

- выбраны и обоснованы рациональные, надёжные и экономичные схемные решения для применения в питающей и распределительной сети системы электроснабжения многоэтажного жилого дома;
- на питающей подстанции выбраны и проверены два силовых трансформатора марки ТМГ-1000/10;
- выбраны и проверены рациональные, экономичные и надёжные сечения кабельных линий питающей сети напряжением 10 кВ, приняты два кабеля марки АСБл-10 (3×35);
- выбраны и проверены рациональные, экономичные и надёжные сечения кабельных линий питающей сети напряжением 0,38/0,22 кВ, в результате чего приняты два кабеля марки АВБШПнг 5×185;
- в качестве кабелей распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ выбраны и проверены негорючие и надёжные кабели марки ВВГнг-LS (ВВГнгFRLS);
- выбраны новые, современные и надёжные электрические аппараты для защиты и коммутации электрической сети напряжением 10 кВ и 0,38/0,22 кВ.

Установлено, что выбор АСКУЭ на базе трёхфазных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М оправдывается многими преимуществами, обеспечивая более эффективное, гибкое и интеллектуальное управление электроэнергией в многоэтажных жилых комплексах.

Далее в работе необходимо провести технико-экономическое обоснование принятых технических решений и мероприятий по минимизации потерь электроэнергии на объекте исследования.

### **3 Технико-экономическое обоснование технических решений по минимизации потерь электроэнергии на объекте.**

Ранее в работе для минимизации коммерческих и инструментальных потерь электрической энергии, на объекте предложено внедрить современную АСКУЭ на базе трёхфазных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М, которая даст технико-экономический эффект за счёт значительно меньших суммарных погрешностей измерительной системы, а также предотвратит возможные кражи электроэнергии.

На основе данных фактов, проводится технико-экономическое обоснование технических решений по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения проектируемого многоэтажного жилого многоэтажного дома.

На первом этапе рассчитывается энергопотребление многоэтажного жилого многоэтажного дома за календарный год:

$$W_m = P_m \cdot T_z, \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (46)$$

где  $\Delta P_m$  - максимальная потребляемая активная нагрузка многоэтажного жилого многоэтажного дома, кВт;  
 $T_z$  - суммарное время работы системы электроснабжения многоэтажного жилого многоэтажного дома за календарный год за год, ч.

С учётом рассчитанной максимальной потребляемой активной нагрузки многоэтажного жилого дома и непрерывной работы системы электроснабжения данного жилого объекта в течении календарного года, энергопотребление рассматриваемого в работе объекта проектирования за календарный год будет составлять:

$$W_m = 1072,7 \cdot 8760 = 9396852 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Для определение технической эффективности внедрения систем АСКУЭ, учитывается погрешность измерительных систем. Таким образом, эффект внедрения будет включать перспективные инструментальные потери электроэнергии в сравниваемых измерительных системах.

При этом проводится сравнение выбранной АСКУЭ на базе трёхфазных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М, которая имеет погрешность не более 2% (при условии программирования и обучения на нейросетях), и классических измерительных систем на базе индукционных счётчиков, имеющих до 15% суммарной погрешности.

Таким образом, максимальная приведённая погрешность измерительной системы определяется таким образом [1]:

$$\Delta W_m = k_m \cdot W_m, \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (47)$$

где  $k_m$  - коэффициент максимальная приведённая погрешность измерительной системы, т.е.

Максимальная приведённая погрешность измерительной системы выбранной АСКУЭ на базе трёхфазных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М:

$$\Delta W_{m1} = 9396852 \cdot 0,02 \approx 187937 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Максимальная приведённая погрешность измерительной системы классических измерительных систем на базе индукционных счётчиков:

$$\Delta W_{m2} = 9396852 \cdot 0,15 \approx 1409527,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Разница между двумя сравниваемыми измерительными системами будет являться перспективными инструментальными потерями электроэнергии:

$$\Delta W_m = \Delta W_{m2} - \Delta W_{m1}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}. \quad (48)$$

Таким образом:

$$\Delta W_m = 1409527,8 - 187937 = 1221590,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Следовательно, при внедрении в систему электроснабжения жилого многоквартирного дома выбранной АСКУЭ на базе трёхфазных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М, технический эффект снижения перспективных инструментальных потерь за календарный год при максимальном потреблении электроэнергии будет составлять 1221590,8 кВт·ч.

Экономический эффект внедрения в систему электроснабжения жилого многоквартирного дома выбранной АСКУЭ на базе трёхфазных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М будет определяться, исходя из стоимости рассчитанных перспективных инструментальных потерь за календарный год при максимальном потреблении электроэнергии:

$$E_m = C \cdot \Delta W_m, \text{ руб}, \quad (49)$$

где  $C$  – стоимость потреблённого 1 кВт·ч, руб.

Для Приморского края стоимость потреблённого 1 кВт·ч составляет 4,69 руб. (одноставочный тариф).

Таким образом, экономический эффект внедрённых мероприятий на объекте за календарный год составит:

$$E_m = 4,69 \cdot 1221590,8 = 5729260,8 \text{ руб.}$$

Следовательно, при внедрении в систему электроснабжения жилого многоэтажного дома выбранной АСКУЭ на базе трёхфазных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М, экономический эффект снижения перспективных инструментальных потерь за календарный год при максимальном потреблении электроэнергии будет составлять 5729260,8 руб.

Выводы по разделу 3.

В работе проведено технико-экономическое обоснование технических решений по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения проектируемого многоэтажного жилого многоэтажного дома.

В результате проведения расчётов, установлено, что при внедрении в систему электроснабжения жилого многоэтажного дома выбранной АСКУЭ на базе трёхфазных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М, технический эффект снижения перспективных инструментальных потерь за календарный год при максимальном потреблении электроэнергии будет составлять 1221590,8 кВт·ч, а экономический эффект при тех же условиях составит 5729260,8 руб.

## Заключение

В результате выполнения работы проведена разработка проекта минимизации потерь электроэнергии за счёт ввода в эксплуатацию современных автоматизированных систем контроля и управления электроэнергией (далее – АСКУЭ) в многоквартирных домах управляющей компании «Форпост».

Проведён анализ исходных данных на проектирование. Рассмотрены основные сведения о проблеме потерь электроэнергии в системах электроснабжения Российской Федерации, выделены основные факторы, приводящие к потерям электроэнергии в системах электроснабжения, рассмотрена принятая классификация потерь электроэнергии, описаны основные мероприятия по уменьшению потерь электроэнергии в системах электроснабжения организаций.

Приведена краткая характеристика объекта исследования. Установлено, что объектом исследования в работе выступает проектируемый жилой дом участка застройки, расположенного по адресу: Приморский край, городской округ Большой Камень, ул. Генерала Макарова, 9 (многоквартирный дом № 3 данной застройки). Указано, что данный дом после окончания строительства будет находиться на балансе управляющей компании «Форпост».

Установлено, что в состав проектируемого дома входят такие группы потребителей: жилые потребители (квартиры), нежилые потребители (магазины и ресторан), а также электрифицируемые коммуникации.

Приведены основные технические характеристики потребителей проектируемого жилого дома.

Проведена разработка комплекса мероприятия по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения проектируемого жилого многоэтажного дома участка застройки, который будет находиться на балансе управляющей компании «Форпост».

При этом, в системе электроснабжения проектируемого жилого многоэтажного дома, предложено осуществить минимизацию групп потерь электроэнергии за счёт внедрения следующих основных мероприятий:

- технические потери электроэнергии предлагается минимизировать за счёт внедрения правильных схемных решений на стадии проектирования и правильного выбора и проверки рациональных сечений кабелей питающей и распределительной сетей, мощности и количества трансформаторов на питающей подстанции, электрических аппаратов;
- инструментальные потери электроэнергии предлагается уменьшить за счёт применения АСКУЭ, обладающей значительно меньшими погрешностями измерений, чем классические системы и приборы учёта электроэнергии;
- коммерческие потери электроэнергии предлагается полностью искоренить путём установки АСКУЭ;
- потери на собственные нужды в системе электроснабжения проектируемого жилого многоэтажного дома отсутствуют.

Таким образом, в результате проведённого анализа, выбраны наиболее эффективные с технико-экономической точки зрения мероприятия по минимизации уровня потерь электроэнергии в системе электроснабжения проектируемого жилого многоэтажного дома, которые сводятся к решению следующих основных задач в работе:

- для минимизации технических потерь электроэнергии на объекте необходимо провести качественное и эффективное проектирование схемы электроснабжения жилого дома, с последующим выбором и проверкой всех её структурных элементов (проводников, аппаратов, трансформаторов питающей подстанции). При этом, с целью повышения точности расчёта, также необходимо рассчитать электрические нагрузки на объекте;

- для минимизации коммерческих и инструментальных потерь электрической энергии, на объекте предлагается внедрить современную АСКУЭ, которая даст технико-экономический эффект за счёт значительно меньших суммарных погрешностей измерительной системы, а также предотвратит возможные кражи электроэнергии. При этом в работе, на основе сравнительного анализа ведущих разработок данной продукции, предлагается выбрать марку и производителя АСКУЭ.

Выбраны и подтверждены основные технические решения в системе электроснабжения проектируемого многоэтажного жилого многоэтажного дома, обеспечивающие минимизацию технических потерь электроэнергии на стадии проектирования объекта:

- выбраны и обоснованы рациональные, надёжные и экономичные схемные решения для применения в питающей и распределительной сети системы электроснабжения многоэтажного жилого дома;
- на питающей подстанции выбраны и проверены два силовых трансформатора марки ТМГ-1000/10;
- выбраны и проверены рациональные, экономичные и надёжные сечения кабельных линий питающей сети напряжением 10 кВ, приняты два кабеля марки АСБл-10 (3×35);
- выбраны и проверены рациональные, экономичные и надёжные сечения кабельных линий питающей сети напряжением 0,38/0,22 кВ, в результате чего приняты два кабеля марки АВБШПнг 5×185;
- в качестве кабелей распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ выбраны и проверены негорючие и надёжные кабели марки ВВГнг-LS (ВВГнгFRLS);
- выбраны новые, современные и надёжные электрические аппараты для защиты и коммутации электрической сети напряжением 10 кВ и 0,38/0,22 кВ.

Установлено, что выбор АСКУЭ на базе трёхфазных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М оправдывается многими преимуществами, обеспечивая более эффективное, гибкое и интеллектуальное управление электроэнергией в многоэтажных жилых комплексах.

Проведено технико-экономическое обоснование технических решений по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения проектируемого многоэтажного жилого многоэтажного дома.

В результате проведения расчётов, установлено, что при внедрении в систему электроснабжения жилого многоэтажного дома выбранной АСКУЭ на базе трёхфазных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М, технический эффект снижения перспективных инструментальных потерь за календарный год при максимальном потреблении электроэнергии будет составлять 1221590,8 кВт·ч, а экономический эффект при тех же условиях составит 5729260,8 руб.

Таким образом, разработанный комплекс мероприятий по минимизации потерь электроэнергии, при внедрении в систему электроснабжения жилого многоэтажного дома будет иметь как технический, так и экономический эффект.

## Список используемых источников

1. АСКУЭ: виды, принцип работы, плюсы и минусы [Электронный ресурс]: URL: <https://www.panpwr.ru/blog/tpost/mv3u92ijau-askue-vidi-printsip-raboti-plyusi-i-minu> (дата обращения: 17.11.2023).
2. Аспекты построения АСКУЭ [Электронный ресурс]: URL: [http://electroline.com.ua/ru/stati/aspekti\\_postroenija\\_sovremennih\\_askue.html](http://electroline.com.ua/ru/stati/aspekti_postroenija_sovremennih_askue.html) (дата обращения: 17.11.2023).
3. ГОСТ 32144-2013. «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения: 17.11.2023).
4. ГОСТ Р 59279-2020 «Схемы принципиальные электрические распределительных устройств от 35 до 750 кВ подстанций». [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200177281> (дата обращения: 17.11.2023).
5. ДСТУ 3860-99 Энергосбережение. Методика расчета технологических потерь электроэнергии в действующих сетях электроснабжения 220 кВ и выше [Электронный ресурс]: URL: [https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=99070](https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=99070) (дата обращения: 17.11.2023).
6. Методика определения и отнесения потерь в межгосударственных линиях электропередачи [Электронный ресурс]: URL: [https://www.soups.ru/fileadmin/files/company/international/icdevelopment/minutes/kotk/regulations\\_KOTK/method\\_determ\\_losses\\_sng.pdf](https://www.soups.ru/fileadmin/files/company/international/icdevelopment/minutes/kotk/regulations_KOTK/method_determ_losses_sng.pdf) (дата обращения: 17.11.2023).
7. Норматив потерь электроэнергии в электрических сетях. Воротницкий В.В. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.news.elteh.ru/arh/2003/24/11.php> (дата обращения: 17.11.2023).
8. Нормативные документы [Электронный ресурс]: URL:

<https://gorseti62.ru/potrebiteilyam/peredacha-elektricheskoy-energii/normativnye-dokumenty/> (дата обращения: 17.11.2023).

9. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. 4-е изд., перераб. и доп. М: Энергоатомиздат, 2017. 174 с.

10. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. 4-е изд., перераб. и доп. М: Энергоатомиздат, 2018. 392 с.: ил.

11. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) / 7-е изд-е. М.: Альвис, 2018. 632 с.

12. Приказ Минэнерго России от 30 декабря 2018 года № 326 «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям» [Электронный ресурс]: URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_85593/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_85593/) (дата обращения: 17.11.2023).

13. Расчет потерь электроэнергии [Электронный ресурс]: URL: [https://www.consultant.ru/law/podborki/raschet\\_poter\\_jelektrojenergii/](https://www.consultant.ru/law/podborki/raschet_poter_jelektrojenergii/) (дата обращения: 17.11.2023).

14. Рогалев Н.Д. Экономика энергетики: учебное пособие для ВУЗов. М.: «МЭИ», 2018. 288 с.

15. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение. Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 328 с.

16. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ЭНАС, 2012. 312 с.

17. Счетчик электроэнергии трехфазный многотарифный микропроцессорный ЦЭ6823М [Электронный ресурс]: URL: <http://www.energomera.ru/ru/products/meters/ce6823m> (дата обращения: 17.11.2023).

18. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об энергосбережении, повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

19. Фризен В.Э., Назаров С.Л. Расчет и выбор электрооборудования низковольтных распределительных сетей промышленных предприятий. Екатеринбург: Издательство УГУ, 2018. 184 с.

20. Щербаков Е.Ф., Александров Д.С. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях. М.: Форум, Инфра-М, 2018. 596 с.