

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 Реконструкция системы электроснабжения ресторана «Вкусно и точка»

Обучающийся

С.В. Нижмаков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.А. Андреев

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

Консультант

О.Н. Головач

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

Тольятти 2023

## Аннотация

Развитие организаций общественного питания – это процесс, направленный на улучшение качества услуг, удовлетворение потребностей потребителей и рост прибыли предприятий.

В работе рассмотрен ресторан «Вкусно и точка», расположенный по адресу: Нижний Новгород, улица Космонавта Комарова, 18. В данном ресторане вводится в эксплуатацию новое оборудование и расширяются занимаемые площади. Поэтому проведение реконструкции системы электроснабжения в ресторане «Вкусно и точка» актуально.

Основной целью работы является разработка проекта реконструкции системы электроснабжения ресторана «Вкусно и точка». Объектом исследования в работе является ресторан быстрого питания «Вкусно и точка». Предметом исследования выступает система электроснабжения ресторана быстрого питания «Вкусно и точка», включая схему нормальных электрических соединений объекта, а также основное электрооборудование ресторана.

Данная ВКР содержит пояснительную записку объемом 63 страницы, дополняемой 10 таблицами, 9 рисунками, а также 6 чертежами формата А1.

## **Abstract**

The development of public catering organizations is a process aimed at improving the quality of services, meeting the needs of consumers and increasing the profits of enterprises.

The paper considers the restaurant «Vkusno i Tochka», located at the address: Nizhny Novgorod, Kosmonavta Komarov Street, 18. New equipment is being put into operation in this restaurant and the occupied areas are expanding. Therefore, the reconstruction of the power supply system in the restaurant «Vkusno i Tochka» is relevant.

The main purpose of the work is to develop a project for the reconstruction of the power supply system of the restaurant «Vkusno i Tochka». The object of research in the work is the fast food restaurant «Vkusno i Tochka». The subject of the study is the power supply system of the Vkusno i Tochka fast food restaurant, including the scheme of normal electrical connections of the facility, as well as the main electrical equipment of the restaurant.

This WRC contains an explanatory note of 63 pages, supplemented by 10 tables, 9 figures, and 6 A1 format drawings.

## Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	8
1.1 Краткая характеристика ресторана «Вкусно и точка» .....	8
1.2 Требования к системам и схемам электроснабжения предприятий общественного питания.....	14
2 Реконструкция системы электроснабжения ресторана.....	19
2.1 Выбор и обоснование схемы электроснабжения ресторана.....	19
2.2 Расчёт осветительной нагрузки ресторана «Вкусно и точка».....	22
2.3 Определение расчетных электрических нагрузок .....	28
2.4 Расчет и выбор силового трансформатора питающей сети ресторана	32
2.5 Выбор сечения кабелей системы электроснабжения ресторана.....	34
2.6 Расчёт токов короткого замыкания в системе электроснабжения ресторана.....	38
2.7 Расчет и выбор аппаратов защиты системы электроснабжения ресторана.....	47
2.8 Расчет капиталовложений в систему электроснабжения ресторана ...	50
3 Выбор системы контроля и управления электроэнергией ресторана.....	54
Заключение .....	58
Список используемых источников.....	61

## Введение

В работе рассматривается ресторан быстрого питания «Вкусно и точка», который относится к организациям общественного питания, получившим мощный импульс для развития и совершенствования в последние десятилетия и годы.

Развитие организаций общественного питания – это процесс, направленный на улучшение качества услуг, удовлетворение потребностей потребителей и рост прибыли предприятий.

Сегодня организации общественного питания сталкиваются с рядом вызовов, таких как изменения потребительского поведения, конкуренция, сезонность и изменение рыночной конъюнктуры.

Для успешного развития организаций общественного питания необходимо уделять внимание следующим аспектам:

- качество услуг и продукции – важным элементом успеха является качество приготовленных блюд и сервиса, который предоставляется гостям. Организации общественного питания должны постоянно совершенствовать свои процессы и инвестировать в обучение и развитие своего персонала;
- ассортимент продукции – организации общественного питания должны предоставлять широкий ассортимент продукции, учитывая потребности и предпочтения своих клиентов;
- инновации – для поддержания конкурентоспособности, организации общественного питания должны следить за новыми тенденциями и внедрять инновации в свою деятельность, такие как новые технологии приготовления блюд, новые методы сервиса и управления;
- маркетинг и реклама – успешное продвижение организации общественного питания требует умения привлекать новых клиентов и удерживать старых. Необходимо проводить эффективную

рекламную кампанию и использовать социальные сети для продвижения бренда;

- развитие бренда – создание уникального имиджа и развитие бренда являются ключевыми моментами для привлечения новых клиентов и удержания старых.

В целом, развитие организаций общественного питания требует постоянного развития и совершенствования процессов, внедрения новых технологий и инноваций, а также повышения качества услуг.

Целью работы является разработка проекта реконструкции системы электроснабжения организации общественного питания, ресторана «Вкусно и точка», в связи с подключением новых помещений к существующей системе электроснабжения объекта и вводом в эксплуатацию нового оборудования.

Данная тема актуальна, так как в результате внедрения мероприятий по реконструкции ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» предполагается увеличение прибыли за счёт ввода в эксплуатацию новых помещений и оборудования, а также приток клиентов и повышение надёжности и безопасности системы электроснабжения.

Объектом исследования в работе является ресторан быстрого питания «Вкусно и точка».

Предметом исследования выступает система электроснабжения ресторана быстрого питания «Вкусно и точка», включая схему нормальных электрических соединений объекта, а также основное электрооборудование ресторана.

Для достижения указанной цели, в работе должны быть решены следующие основные задачи:

- характеристика ассортимента продукции, назначения, цели работы, оборудования и помещений ресторана быстрого питания «Вкусно и точка»;
- обоснование выбора схемы электроснабжения ресторана «Вкусно и точка» с учётом необходимого внесения изменений;

- расчет электрических нагрузок оборудования и сетей ресторана «Вкусно и точка»;
- расчет токов короткого замыкания, выбор и проверка проводников, а также аппаратов защиты и коммутации системы электроснабжения ресторана быстрого питания «Вкусно и точка»;
- выбор новой современной системы контроля и управления электроэнергией ресторана «Вкусно и точка».

Данные результаты работы должны быть проверены согласно нормативно-правовым документам отрасли.

Таким образом, установлено, что в работе необходимо разработать проект реконструкции системы электроснабжения ресторана «Вкусно и точка», который будет актуальным, отвечать критериям надёжности, экономичности, безопасности, бесперебойности питания, а также экологичности.

## 1 Анализ исходных данных

### 1.1 Краткая характеристика ресторана «Вкусно и точка»

Рассматриваемый в работе ресторан «Вкусно и точка» территориально расположен в Нижнем Новгороде, на улице Космонавта Комарова 18. Данный ресторан относится к объектам ресторанного бизнеса сети быстрого питания.

Территориальное расположение ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» показано на карте Нижнего Новгорода на рисунке 1.

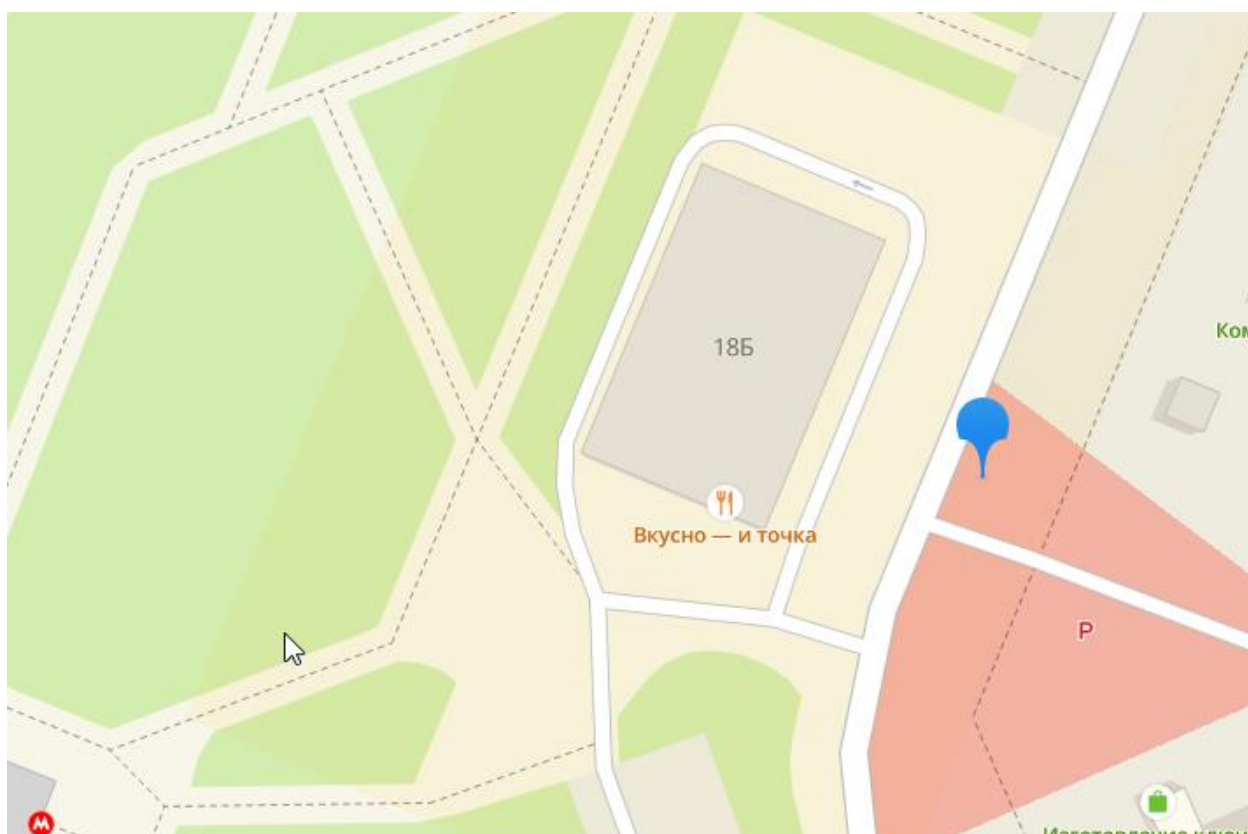


Рисунок 1 – Территориальное расположение ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» показано на карте Нижнего Новгорода

Известно, что основные цели и задачи ресторана быстрого питания могут варьироваться в зависимости от его бизнес-модели, местонахождения и конкурентной среды.



В общем случае, основные цели и задачи ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» могут быть сформулированы следующим образом:

- предоставление быстрого и качественного питания для своих клиентов. Ресторан быстрого питания «Вкусно и точка» должен обеспечивать быструю подачу заказов и качественную продукцию, чтобы удовлетворить потребности своих клиентов;
- минимизация затрат и максимизация прибыли. Ресторан быстрого питания «Вкусно и точка» должен стремиться к снижению затрат на продукцию и обслуживание клиентов, а также к максимизации прибыли;
- привлечение новых клиентов и удержание старых. Ресторан быстрого питания «Вкусно и точка» должен разработать эффективную маркетинговую стратегию, чтобы привлечь новых клиентов и удерживать старых;
- развитие бренда. Ресторан быстрого питания «Вкусно и точка» должен развивать свой бренд и создавать уникальный имидж, чтобы выделиться на фоне конкурентов;
- обеспечение безопасности и качества продукции. Ресторан быстрого питания «Вкусно и точка» должен соблюдать все стандарты качества и безопасности при приготовлении и хранении продукции, чтобы защитить здоровье своих клиентов;
- оптимизация производственных процессов. Ресторан быстрого питания «Вкусно и точка» должен оптимизировать производственные процессы, чтобы улучшить качество обслуживания, снизить затраты на продукцию и улучшить прибыльность.

Таким образом, в целом, основная цель ресторанов быстрого питания «Вкусно и точка» – обеспечение быстрого и качественного питания для своих клиентов и максимизация прибыли. Для достижения этой цели рестораны должны решать множество задач, связанных с управлением

производственными процессами, маркетингом, управлением персоналом и обеспечением качества продукции.

Ресторан быстрого питания «Вкусно и точка» предлагает разнообразное меню, включающее в себя популярные блюда, такие как бургеры, картофель фри, мороженое и напитки. Для детей доступно специальное детское меню, а также особое меню с завтраками. Клиенты могут выбирать как отдельные блюда, так и комбо-наборы, включающие бургер, нагетсы или креветки, картофель и напиток. Бургеры могут быть приготовлены с говяжьей, куриной или рыбной котлетой.

Рассматриваемый в работе ресторан быстрого питания «Вкусно и точка» находится в одноэтажном помещении, в котором расположено основное производственное оборудование, а также помещения для обслуживания клиентов и вспомогательные помещения, а именно: зал обслуживания клиентов (гостевой зал), кассовый зал, горячий цех, холодный цех, котломоечная, моечная столовой посуды, мясной цех, овощной цех, загрузочная, санитарный узел, зал для VIP-клиентов, два холла, барная стойка, выдача готовых блюд.

Площадь помещений первого этажа, которые будут использованы для создания проектируемого ресторана, равна 330 квадратным метрам. Размеры помещений составляют 16,5 метров в длину и 20 метров в ширину.

В связи с производственной необходимостью, а также с целью обеспечения удобства работников ресторана «Вкусно и точка» планируется пристроить участок на втором этаже, который будет занимать частично второй этаж. В данное новое строение будут входить следующие помещения: раздевалка, офис, склад, душевая, санитарный узел.

Общая площадь новых помещений второго этажа ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» составляет 42 м<sup>2</sup> (суммарная длина составляет 6 м, ширина – 7 м).

Таким образом, суммарная площадь ресторана, с учётом ввода в эксплуатацию новых помещений, составит 372 м<sup>2</sup>.

В результате решения данного вопроса будут обеспечены и значительно улучшены удобства для работников, а также административного персонала ресторана «Вкусно и точка».

Именно данный аспект обуславливает реконструкцию объекта, так как электрооборудование и электрические сети новых помещений проектируемого второго этажа ресторана «Вкусно и точка» необходимо подключить к существующей сети данного ресторана, следовательно, необходимо внести изменения в существующую схему электрических соединений объекта проектирования.

Далее в работе проводится описание объекта проектирования, а также расчёты и выбор технических решений с учётом новых помещений второго этажа ресторана.

Согласно условиям окружающей среды, помещения, которые будут использованы для создания проектируемого ресторана, могут быть разделены на две категории.

На первом этаже расположены сухие отапливаемые помещения с нормальной средой, такие как зал обслуживания клиентов, кассовый зал, зал для VIP-клиентов, холлы, барная стойка и выдача готовых блюд. На втором этаже расположены раздевалка, офис и склад. Кроме того, помещения на первом этаже относятся к отапливаемым помещениям с повышенной влажностью, обусловленной требуемой технологией и характером работ на объекте. Эти помещения включают в себя горячий цех, холодный цех, котломоечную, моечную столовой посуды, мясной цех, овощной цех, загрузочную и санитарный узел. На втором этаже расположены душевая и санитарный узел.

План расположения указанных помещений ресторана «Вкусно и точка» с учётом новых объектов представлен на рисунке 2.

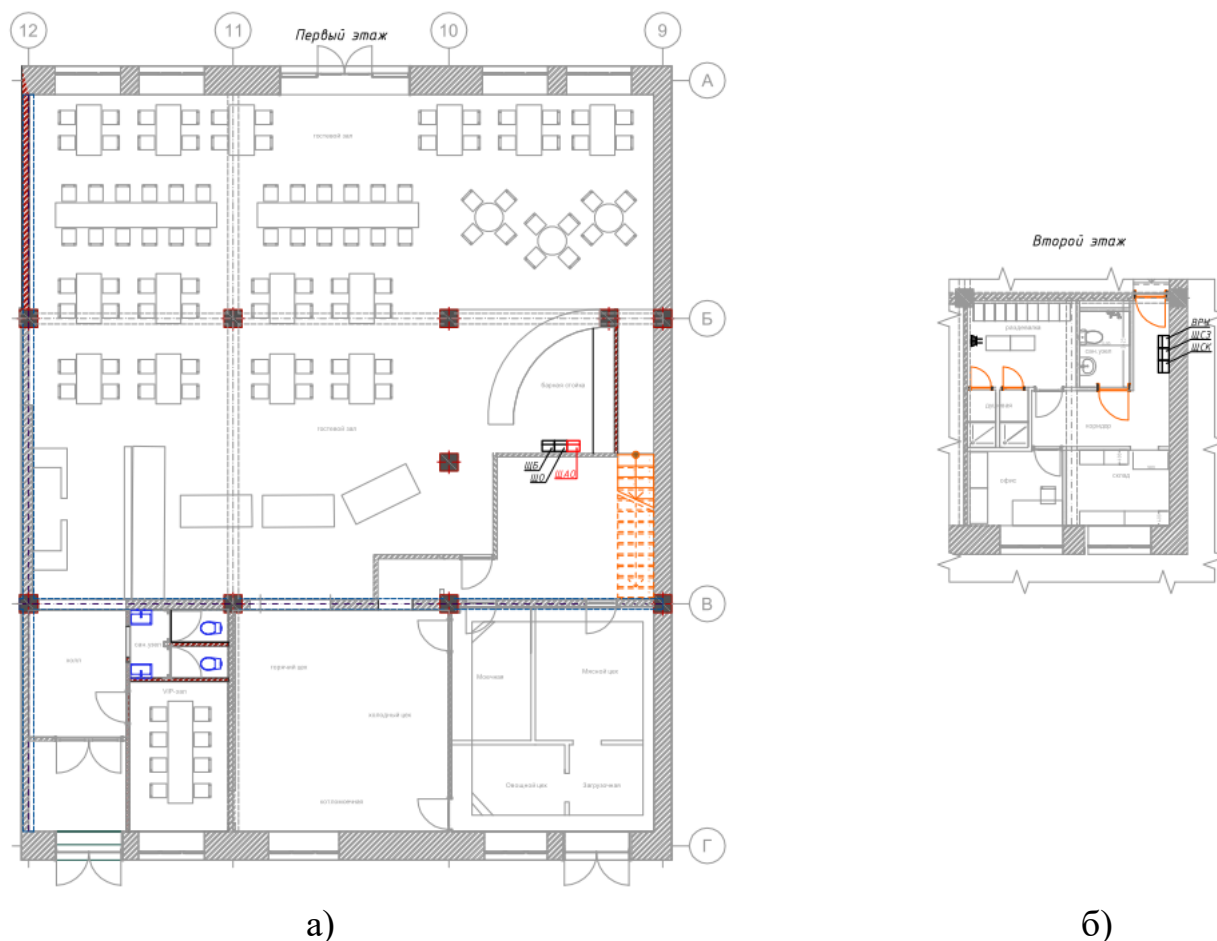


Рисунок 2 – План расположения помещений ресторана быстрого питания «Вкусно и точка»: а) план первого этажа; б) план участка второго этажа

При проектировании системы электроснабжения ресторана учитываются технические условия, генеральный план расположения объекта на земельном участке города и задание на проектирование.

Основные группы потребителей электрической энергии в проектируемом ресторане включают в себя основное технологическое оборудование, которое используется в производственных помещениях, технологическое оборудование, необходимое для собственных нужд (вентиляция, пожарная сигнализация, водоснабжение, теплоснабжение и т. д.), а также осветительные приборы для систем рабочего и аварийного освещения ресторана.

Характеристика потребителей ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика потребителей электроэнергии (основного электрооборудования) ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» с учётом новых объектов второго этажа

Номер оборудования, по плану	Наименование потребителя электроэнергии (основного электрооборудования)	Руст., кВт	Кол-во, шт.	Руст., кВт
1	Система автоматической пожарной сигнализации	1	1	1
2	Видеонаблюдение	0,5	1	0,5
3	Локальная сеть (СКС)	0,5	1	0,5
4	Тепловые завесы	4	3	12
5	Нагреватели	30	2	60
6	Вентиляционные системы	7,5	1	7,5
7	Кондиционеры	4,72	2	9,44
8	Барное оборудование	11,5	1	11,5
9	Розеточные сети гостевого зала	6,5	1	6,5
10	Бойлер	3	1	3
11	Полотенцесушитель	2	1	2
12	Кассовое оборудование	2	6	12
13	Холодильная камера	1,5	2	3
14	Посудомойка	10,75	1	10,75
15	Плита	12,5	2	25
16	Гриль	4,5	1	4,5
17	Пароконвектомат	12,5	1	12,5
18	Расстоечный шкаф	2,53	1	2,53
19	Розетки в зоне выдачи блюд	2	2	4
20	Розетки второго этажа	2	5	10
21	Оборудование кухни	2	7	14
22	Рабочее освещение	2,92	1	2,92
23	Аварийное освещение	0,35	1	0,35
Всего по ресторану		–	–	215,5

План расположения потребителей электроэнергии (основного электрооборудования) ресторана быстрого питания «Вкусно и точка», характеристика которых приведена в таблице 1, с учётом электрооборудования новых помещений второго этажа, представлен на рисунке 3.

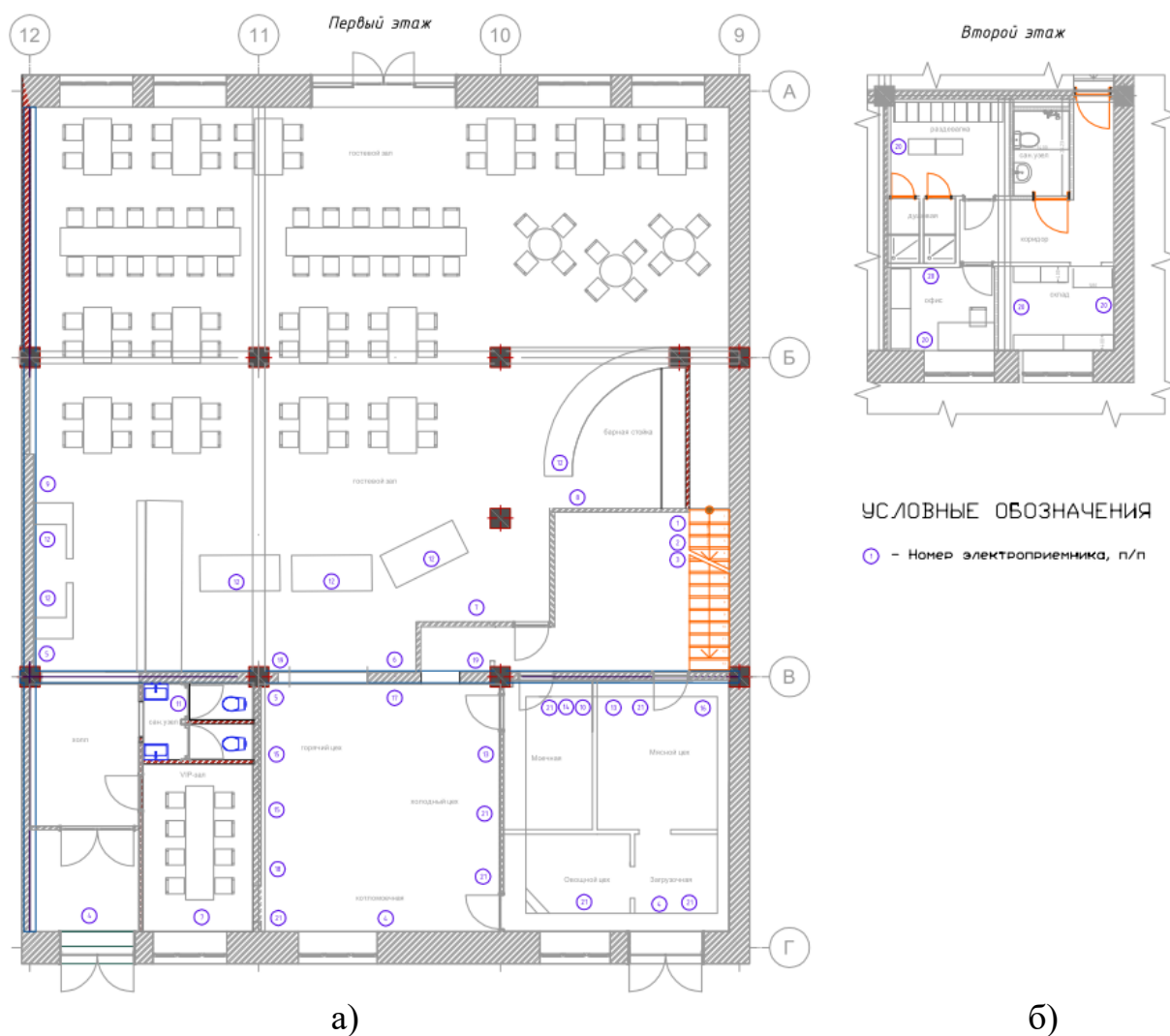


Рисунок 3 – План расположения потребителей электроэнергии (основного электрооборудования) ресторана быстрого питания «Вкусно и точка»: а) план первого этажа; б) план участка второго этажа

На основании технических характеристик оборудования и помещений ресторана «Вкусно и точка», с учётом ввода в эксплуатацию дополнительного оборудования второго этажа объекта, решаются поставленные задачи.

## 1.2 Требования к системам и схемам электроснабжения предприятий общественного питания

Далее в работе, для достижения поставленной цели, требуется привести основные требования к системам электроснабжения предприятий

общественного питания, к которым также относится ресторан быстрого питания «Вкусно и точка».

Основными требованиями к системам электроснабжения предприятий общественного питания являются:

- безопасность: система должна быть безопасной для персонала и посетителей ресторана. Это включает в себя правильное заземление, использование аппаратуры защиты от короткого замыкания, а также соблюдение всех норм и требований, установленных соответствующими нормативно-правовыми документами;
- надежность: система должна обеспечивать надежную и бесперебойную работу оборудования, чтобы избежать простоев и сбоев в работе ресторана;
- эффективность: система должна быть эффективной и экономичной, чтобы снизить затраты на электроэнергию и обслуживание оборудования;
- гибкость: система должна быть гибкой и адаптивной, чтобы удовлетворять изменяющимся потребностям ресторана и обеспечивать возможность расширения в будущем;
- соответствие нормам и стандартам: система должна соответствовать всем нормам и стандартам, установленным соответствующими органами государственного контроля и надзора;
- простота эксплуатации: система должна быть простой в эксплуатации и обслуживании, чтобы минимизировать затраты на обслуживание и ремонт;
- удобство использования: система должна быть удобной в использовании для персонала ресторана, чтобы обеспечить быстрое и эффективное обслуживание клиентов.

Схемы для электроснабжения предприятий общественного питания могут быть различными, в зависимости от специфики ресторана и требований, предъявляемых к системе электроснабжения.

Некоторые из наиболее распространенных схем электроснабжения предприятий общественного питания включают в себя следующие типы, перечисленные ниже:

- однофазная схема: в этой схеме используется одна фаза переменного тока. Она может быть применена для маленьких ресторанов, которые не имеют большого количества электроприборов и потребляют небольшое количество электроэнергии;
- трехфазная схема: в этой схеме используются три фазы переменного тока. Она наиболее подходит для средних и крупных ресторанов, которые используют много электроприборов и потребляют большое количество электроэнергии;
- смешанная схема: в этой схеме используются как однофазные, так и трехфазные цепи. Эта схема может быть применена в ресторанах, где некоторые оборудования работают на однофазном токе, а другие на трехфазном токе;
- автономная схема: в этой схеме используется генератор, который обеспечивает электроэнергией ресторан при отключении центрального электроснабжения. Такая схема может быть применена в ресторанах, которые находятся в удаленных местах или на территориях с нестабильной электросетью.

Выбор конкретной схемы зависит от потребностей ресторана и требований, установленных нормативно-правовыми документами.

Схемы электроснабжения предприятий общественного питания должны соответствовать определенным требованиям и стандартам, чтобы обеспечить безопасность и надежность работы оборудования и персонала.

Основные требования к схемам электроснабжения предприятий общественного питания заключаются в следующем:

- надежность источников электроснабжения: предприятия общественного питания должны иметь надежные источники



- электрообеспечения, которые обеспечивают стабильное и качественное питание всему оборудованию и системам;
- резервное электрообеспечение: в случае, если объект относится к I или II категории надёжности, необходимо наличие автоматического резервного источника питания, такого как дизель-генератор или батареи, которые могут обеспечить непрерывность работы в случае аварийного отключения основного электрообеспечения;
  - защита от перегрузок и коротких замыканий: схемы электрообеспечения должны быть оснащены защитными устройствами, такими как предохранители, автоматические выключатели и дифференциальные реле, которые предотвращают повреждение оборудования и опасные ситуации для персонала;
  - разделение линий питания: линии электрообеспечения должны быть разделены на разные группы в зависимости от типа оборудования и нагрузки. Это позволит уменьшить влияние перегрузок и помех на работу оборудования;
  - заземление и уравнивание потенциалов: все металлические конструкции и оборудование должны быть правильно заземлены и уравниваются для предотвращения поражения электрическим током.

Все приведённые требования обязательны к исполнению при проектировании и реконструкции систем электрообеспечения предприятий общественного питания.

Выводы по разделу 1.

В результате проведения анализа объекта проектирования, установлено, что в связи с производственной необходимостью, а также с целью обеспечения удобства работников ресторана «Вкусно и точка», планируется пристроить участок на втором этаже. В данное новое строение будут входить следующие помещения: раздевалка, офис, склад, душевая, санитарный узел. Общая площадь новых помещений второго этажа ресторана

быстрого питания «Вкусно и точка» составит 42 м<sup>2</sup> (суммарная длина составляет 6 м, ширина – 7 м). Таким образом, суммарная площадь ресторана, с учётом ввода в эксплуатацию новых помещений, увеличится и составит 372 м<sup>2</sup>. В результате решения данного вопроса будут обеспечены и значительно улучшены удобства для работников, а также персонала ресторана «Вкусно и точка».

Данный аспект обуславливает реконструкцию системы электроснабжения, так как электрооборудование и электрические сети новых помещений проектируемого второго этажа ресторана «Вкусно и точка» необходимо подключить к существующей сети данного ресторана, следовательно, необходимо внести изменения в существующую схему электрических соединений объекта проектирования.

Приведена характеристика потребителей электроэнергии (основного электрооборудования) ресторана быстрого питания «Вкусно и точка», с учётом новых объектов второго этажа. Таким образом, в работе необходимо также проверить технические решения по питающей сети ресторана с учётом подключения новых потребителей на объекте.

На основании технических характеристик оборудования и помещений ресторана «Вкусно и точка», с учётом ввода в эксплуатацию дополнительного оборудования второго этажа объекта, далее в работе решаются поставленные задачи.

## **2 Реконструкция системы электроснабжения ресторана**

### **2.1 Выбор и обоснование схемы электроснабжения ресторана**

Рассматриваемая в работе система электроснабжения ресторана «Вкусно и точка» относится к III категории надежности.

В соответствии с электроснабжением ресторана, которое регулируется договором с сетью 220/380 В главного распределительного щита (ГРЩ), используется один силовой кабель марки ВВГнг-LS с выбранным и проверенным в дальнейшей работе сечением, так как ресторан относится к объектам средней мощности III категории надежности в соответствии с требованиями [1].

Согласно требованиям [5], на объекте имеется вводное распределительное устройство (ВРУ), которое получает питание на напряжении 0,38/0,22 кВ от трансформаторной подстанции энергосистемы по радиальной схеме.

Кабель марки ВВГнг-LS используется для питания распределительной сети от ВРУ.

В системе электроснабжения реконструируемого ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» расположены следующие распределительные щиты согласно требованиям технологического процесса ресторана, получающие питание от ВРУ по радиальной схеме и располагающиеся у его стен с внешней стороны:

- ЩСК (технологическое оборудование);
- ЩСЗ (розеточные сети);
- ЩВК (вентиляция);
- ЩБ (щит бара).

От этих щитов получают питание однофазные потребители сети ресторана быстрого питания «Вкусно и точка».

Для защиты электрической силовой сети от ненормальных режимов, таких как токи КЗ и перегрузки, используются автоматические выключатели.

Они включают в себя автомат ввода ВРУ (трёхфазный), трёхфазные автоматы ввода распределительных щитов (ЩСК, ЩСЗ, ЩВК, ЩБ) и однофазные автоматы для защиты однофазных потребителей.

Все выключатели были выбраны и представлены на принципиальной схеме, которая содержит таблицу с марками и номинальными токами.

Чтобы защитить персонал от поражения электрическим током при повреждении изоляции оборудования и сетей, используется защитное заземление в соответствии с требованиями [15], включая рекомендуемую систему заземления TN-C-S.

Принцип работы силовой сети состоит в передаче напряжения от ВРУ к распределительным щитам (ЩСК, ЩБ, ЩВК, ЩСЗ) и затем к соответствующим потребителям.

Для защиты и коммутации всех звеньев цепи используются автоматические выключатели, которые установлены в соответствующих щитах и ВРУ. Во ВРУ установлен вводной выключатель (QF1), который защищает всю систему электроснабжения от внешних токов КЗ, а также вводные выключатели к щитам ЩСК, ЩБ, ЩВК, ЩСЗ (QF-QF5), необходимые для защиты и коммутации данных щитов.

Для защиты и коммутации однофазных потребителей ресторана установлены линейные однофазные выключатели (QF6-QF26) в щитах ЩСК, ЩБ, ЩВК, ЩСЗ.

Марки всех выключателей и номинальные токи представлены в таблицах после их выбора и проверки в работе далее.

Однолинейная принципиальная схема ресторана до проведения реконструкции представлена в работе в графической части. Там же показана и однолинейная принципиальная схема ресторана до проведения реконструкции.

Установлено, что освещение в системе электроснабжения ресторана выполнено с учётом современных требований и норм [8]. В ресторане предусматривается два вида освещения: рабочее (ЩРО) и аварийное (ЩАО). Каждый щиток освещения имеет отдельное питание по радиальной схеме от ВРУ ресторана и дополнительного источника бесперебойного питания (ИБП), так как согласно [11], щитки должны иметь различные источники питания.

Для питания ЩАО принят однофазный ИБП марки 9130i6000T-XL. Светодиодные светильники степени защиты IP20 устанавливаются в помещениях, а уличное освещение имеет степень защиты IP54.

Для защиты осветительной сети от ненормальных режимов, таких как токи КЗ и перегрузки, используются автоматические выключатели: трёхфазные автоматы ввода распределительных щитов (ЩРО и ЩАО) и однофазные автоматы для защиты распределительных линий освещения.

Осветительная сеть работает по принципу последовательной передачи напряжения от ВРУ к щитку рабочего освещения (ЩРО) и далее к соответствующим линиям освещения помещений ресторана.

Щиток аварийного освещения (ЩАО) получает питание от ИБП и в нормальном режиме отключен.

При отсутствии напряжения в сети рабочего освещения автоматически включается автомат аварийного освещения (QF3 на схеме), и лампы сети аварийного освещения получают питание от ИБП.

Такая схема обеспечивает бесперебойное питание освещения ресторана и обеспечивает необходимую безопасность людей в соответствии с требованиями ПУЭ и ПТБ.

С учётом того, что в работе в результате реконструкции ресторана вводятся в эксплуатацию новые помещения второго этажа объекта, следовательно, для них нужно предусмотреть искусственное освещение. Для освещения новых помещений применяются современные светодиодные

светильники и источники света. Электрическая принципиальная схема осветительной сети ресторана показана в графической части работы.

## **2.2 Расчёт осветительной нагрузки ресторана «Вкусно и точка»**

Далее в работе проводится расчёт осветительной нагрузки и выбор источников света для помещений ресторана быстрого питания «Вкусно и точка».

С учётом того, что в работе в результате реконструкции ресторана вводятся в эксплуатацию новые помещения второго этажа объекта, следовательно, для них нужно предусмотреть искусственное освещение. Для освещения новых помещений применяются современные светодиодные светильники и источники света.

Для расчёта освещения помещений ресторана можно использовать различные методы, включая следующие:

- метод расчёта по нормам освещённости. Этот метод заключается в определении требуемой освещённости для каждого помещения ресторана в соответствии с нормативными документами (например, [13] и [14]). Затем определяется количество светильников и их мощность, необходимых для достижения требуемой освещённости;
- метод расчёта по коэффициенту использования светового потока. Этот метод основывается на определении коэффициента использования светового потока помещения, который зависит от формы и размеров помещения, световых свойств его поверхностей и расположения источников света. Затем определяется необходимый световой поток, который должен быть получен от светильников, и выбираются светильники с соответствующей мощностью и световым потоком;
- метод расчёта по суммарной мощности светильников. Этот метод заключается в определении суммарной мощности светильников,

необходимых для обеспечения требуемой освещённости в помещении. Затем выбираются светильники с соответствующей мощностью.

При выборе метода расчёта необходимо учитывать особенности помещения, требования нормативных документов, а также предпочтения заказчика.

В работе принимается метод расчёта по коэффициенту использования светового потока.

Расчёт освещения проводится на примере помещения мясного цеха ресторана.

Принимается для данного объекта ресторана: светильник марки PHILIPS MASSIVE Hearst White («потолочного подвесного типа монтажа с установкой одной светодиодной лампы») [17].

«Оптимальное расстояние между светильниками» [7]:

$$\lambda_c \cdot H_p \leq L \leq \lambda_э \cdot H_p, \quad (1)$$

где « $H_p$  – расчётная высота подвеса светильника, м» [7];

« $\lambda_c, \lambda_э$  – выгоднейшие расстояния между светильниками, м» [7].

«Расчётная высота подвеса выбранного типа светильника» [7]:

$$H_p = H_o - h_{св} - h_{раб}, \quad (2)$$

где « $H_o$  – высота помещения, м» [7];

« $h_{св}$  – высота свеса светильника, м» [7];

« $h_{раб}$  – высота освещаемой рабочей поверхности от пола, м» [7].

«Число светильников по длине помещения, шт.» [7]:

$$N_A = \frac{A - 2l_A}{L} + 1. \quad (3)$$

«Число светильников по ширине помещения, шт.» [7]:

$$N_B = \frac{B - 2l_B}{L} + 1. \quad (4)$$

«Общее число светильников, шт.» [7]:

$$N_{\Sigma} = N_A \cdot N_B. \quad (5)$$

«Действительное расстояние между светильниками и рядами» [7]:

$$L_A = \frac{A}{N_A - a}. \quad (6)$$

$$L_B = \frac{B}{N_B - a}. \quad (7)$$

«Расчёт размещения светильников по выражениям (1 – 7) на примере мясного цеха ресторана» [7]:

$$H_p = 4,6 - 0,6 - 1,5 = 2,5 \text{ м.}$$

$$0,5 \cdot 2,5 = 1,75 \leq L = 2.$$

$$N_A = \frac{4,5 - 2 \cdot 0,5}{2} + 1 \approx 3 \text{ шт.}$$

$$N_B = \frac{4 - 2 \cdot 0,5}{2} + 1 \approx 3 \text{ шт.}$$

$$N_{\Sigma} = 3 \cdot 3 = 9 \text{ шт.}$$

$$L_A = \frac{4,5}{3} = 1,5 \text{ м.}$$

$$L_B = \frac{4}{3} = 1,33 \text{ м.}$$



«Расчёт освещения проводится методом коэффициента использования светового потока» [12]:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{N \cdot \eta_u}, \quad (8)$$

где « $E_n$  – заданная минимальная освещенность, лк» [13];

« $K_z$  – коэффициент запаса» [13];

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

« $Z$  – коэффициент неравномерности освещения» [14];

« $N$  – общее количество светильников, шт.» [10];

« $\eta_u$  – коэффициент использования светового потока, о.е.» [13]

«Индекс помещения» [7]:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)}. \quad (9)$$

«Отклонение светового потока» [7]:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{ис} - \Phi}{\Phi} \cdot 100\%. \quad (10)$$

«Индекс помещения» [7]:

$$i = \frac{4,5 \cdot 4}{2,5 \cdot (4,5 + 4)} = 0,85.$$

«Световой поток лампы светильника» [14]:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 18 \cdot 1,15 \cdot 1,1}{9 \cdot 0,75} = 1012 \text{ лм.}$$

«Выбирается светодиодная LED лампа типа Philips Ecohome LED Bulb 11W E27 3000K 1PF/20RCA со стандартным световым потоком  $\Phi_{ст} = 1150$  лм» [10].

«Отклонение расчетного светового потока» [7]:

$$\Delta\Phi = \frac{1150 - 1012}{1012} \cdot 100 = 13,6\%.$$

«Эскиз размещения источников освещения мясного цеха ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» представлен на рисунке 4» [22].

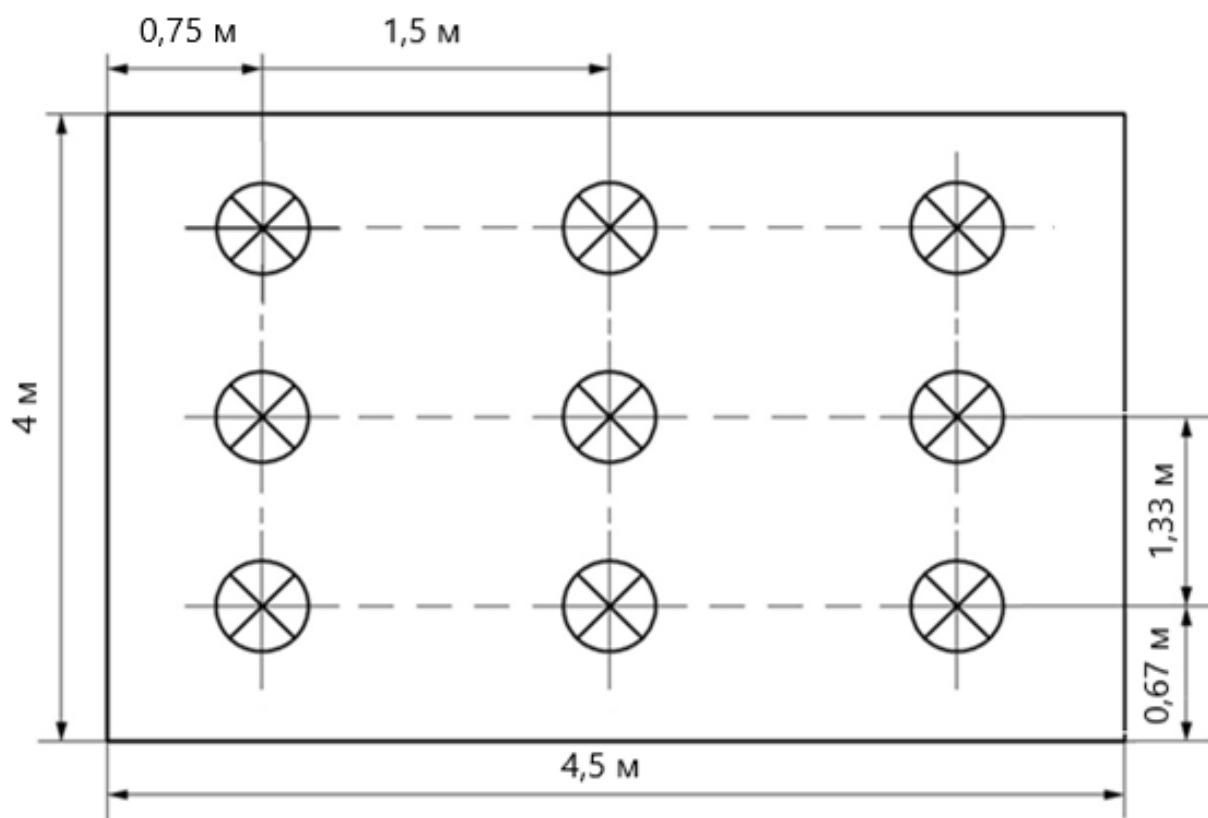


Рисунок 4 – Эскиз размещения источников освещения мясного цеха

«Расчёт освещения остальных помещений ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» выполнен аналогично» [6]. «Результаты светотехнического расчёта помещений ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» приведены в таблице 2» [6].

Таблица 2 – Результаты светотехнического расчёта помещений ресторана

Помещение	Тип источника света	S, м <sup>2</sup>	Ен, лк	N <sub>A</sub> × N <sub>B</sub> = N <sub>Σ</sub> , шт
1 этаж ресторана				
Гостевой зал	Philips Ecohome LED Bulb 11W	240,0	200	8×8=64
Барная стойка	Philips Ecohome LED Bulb 11W	12,0	300	4×2=8
Холл	Philips Ecohome LED Bulb 11W	24,0	200	5×3=15
VIP-зал	Philips Ecohome LED Bulb 11W	27,0	200	3×3=9
Санузел	Philips Ecohome LED Bulb 11W	5,0	150	2×2=4
Горячий цех	Philips Ecohome LED Bulb 11W	24,0	300	5×3=15
Холодный цех	Philips Ecohome LED Bulb 11W	24,0	300	5×3=15
Котломоечная	Philips Ecohome LED Bulb 11W	16,0	250	4×2=8
Моечная	Philips Ecohome LED Bulb 11W	14,0	250	3×2=6
Мясной цех	Philips Ecohome LED Bulb 11W	18,0	300	3×3=9
Овощной цех	Philips Ecohome LED Bulb 11W	10,5	300	3×3=9
Загрузочная	Philips Ecohome LED Bulb 11W	9,0	300	4×2=8
Зона выдачи блюд	Philips Ecohome LED Bulb 11W	12,0	300	4×3=12
Зона кассовых аппаратов	Philips Ecohome LED Bulb 11W	9,0	300	4×2=8
2 этаж				
Раздевалка	Philips Ecohome LED Bulb 11W	16,0	200	3×2=6
Душевая	Philips Ecohome LED Bulb 11W	12,0	200	2×2=4
Коридор	Philips Ecohome LED Bulb 11W	18,0	150	2×2=4
Сан.узел	Philips Ecohome LED Bulb 11W	5,0	150	2×2=4
Склад	Philips Ecohome LED Bulb 11W	16,0	200	3×3=9
Офис	Philips Ecohome LED Bulb 11W	16,0	200	3×3=9
Всего по ресторану				226

«Дополнительно принимается 0,5 кВт на наружное освещение ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» (реклама, подсветка, освещение здания, подъездов и прочие аналогичные потребители)» [6].

«Аварийное освещение принимается 10% от рабочего освещения. Лампы аварийного освещения выделяются из состава рабочего освещения ресторана» [6]. Таким образом, в работе проведён проверочный расчёт освещения первого этажа помещений ресторана быстрого питания «Вкусно и точка», а также расчёт с последующим выбором светильников и источников освещения новых помещений второго этажа объекта проектирования.

### 2.3 Определение расчетных электрических нагрузок

В связи с вводом в эксплуатацию новых потребителей сети ресторана быстрого питания «Вкусно и точка», необходимо провести расчёт нагрузок объекта для последующего выбора проводников и аппаратов второго этажа ресторана, а также проверки соответствующего оборудования первого этажа объекта. Результаты нагрузок будут применены в работе далее при выборе проводников и аппаратов. «Расчетные нагрузки ресторана определяется методом коэффициента спроса» [17].

«Активная нагрузка потребителей ресторана» [17]:

$$P_p = P_{ном} \cdot k_c, \quad (11)$$

где « $k_c$  – коэффициент спроса» [17].

«Реактивная нагрузка потребителей ресторана» [17]:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi. \quad (12)$$

«Полная расчётная нагрузка потребителей ресторана» [17]:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (13)$$

«Расчетный ток потребителей ресторана» [17]:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}. \quad (14)$$

«В работе рассматривается детальный расчет силовых электрических нагрузок на примере потребителя-1 (система автоматической пожарной сигнализации)» [17].

«Активная и реактивная нагрузки» [17]:

$$P_p = 1,0 \cdot 1 = 1,0 \text{ кВт.}$$

$$Q_p = 1,0 \cdot 0,2 = 0,2 \text{ квар.}$$

«Полная расчётная нагрузка» [17]:

$$S_p = \sqrt{1,0^2 + 0,2^2} = 1,02 \text{ кВА.}$$

«Расчетный ток» [17]:

$$I_p = \frac{1,02}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1,57 \text{ А.}$$

«Аналогично рассчитаны нагрузки для других потребителей сети ресторана» [17]. При расчёте суммарной электрической нагрузки ресторана быстрого питания, учитывается значение осветительной нагрузки, рассчитанной ранее, а также силовой нагрузки, определённой в данном подразделе. Расчёты проводятся с учётом новых потребителей силовой нагрузки второго этажа. «Результаты расчета силовых и осветительных электрических нагрузок отдельных групп потребителей ресторана быстрого питания «Вкусно и точка», а также суммарной нагрузки объекта, с учётом нагрузки новых потребителей второго этажа объекта, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчёта электрических нагрузок потребителей ресторана быстрого питания «Вкусно и точка»

Наименование электроприемника	$R_{ном}$ , кВт	Кол -во	$P_{у\sum}$ , кВт	$K_c$	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , кВар	$S_p$ , кВА	$I_p$ , А
Система автоматической пожарной сигнализации	1	1	1	1,0	0,98	0,20	1	0,20	1,02	1,57
Видеонаблюдение	0,5	1	0,5	1,0	0,98	0,20	0,5	0,10	0,51	0,78
Локальная сеть (СКС)	0,5	1	0,5	1,0	0,98	0,20	0,5	0,10	0,51	0,78
Тепловые завесы	4	3	12	0,9	0,85	0,62	10,8	6,69	12,71	19,55
Нагреватели (П1, П2)	30	2	60	0,8	0,95	0,33	48	15,78	50,53	77,74
Вентиляционные системы	7,5	1	7,5	0,8	0,75	0,88	6	5,29	8,00	12,31
Кондиционеры	4,72	2	9,44	0,5	0,75	0,88	4,72	4,15	6,28	9,67
Барное оборудование	11,5	1	11,5	0,7	0,93	0,40	7,774	3,07	8,36	12,86
Розеточные сети гостевого зала	6,5	1	6,5	1,0	0,95	0,33	6,5	2,14	6,84	10,52
Бойлер	3	1	3	1,0	0,95	0,33	3	0,99	3,16	4,86
Полотенцесушитель	2	1	2	0,4	0,95	0,33	0,8	0,26	0,84	1,29
Кассовое оборудование	2	6	12	0,4	0,95	0,33	4,8	1,58	5,05	7,77
Холодильная камера	1,5	2	3	0,7	0,75	0,88	2,1	1,85	2,80	4,31
Посудомойка	10,75	1	10,75	0,7	0,9	0,48	7,525	3,64	8,36	12,86
Плита	12,5	2	25	0,7	1,0	0,33	17,5	5,75	18,42	28,34
Гриль	4,5	1	4,5	0,7	0,95	0,33	3,15	1,04	3,32	5,11
Пароконвектомат	12,5	1	12,5	0,7	0,9	0,48	8,75	4,24	9,72	14,95
Расстоечный шкаф	2,53	1	2,53	0,7	1,0	0,33	1,771	0,58	1,86	2,86
Розетки в зоне выдачи блюд	2	2	4	0,7	0,95	0,33	2,8	0,92	2,95	4,54
Розетки второго этажа	2	5	10	0,7	0,95	0,33	7	2,30	7,37	11,34
Оборудование кухни	2	7	14	0,7	0,95	0,33	9,8	3,22	10,32	15,88
Рабочее освещение	2,92	1	2,92	1	0,98	0,20	2,92	0,58	2,98	4,58
Аварийное освещение	0,29	1	0,29	1	0,98	0,20	0,29	0,06	0,30	0,46
Всего по ресторану быстрого питания «Вкусно и точка»	—	—	215,4	0,71	0,99	0,07	158,0	64,5	170,7	262,2

Далее требуется разделить электропотребители ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» по соответствующим распределительным щитам и определить нагрузку для каждого щита отдельно с учётом коэффициентов одновременности максимальной нагрузки.

Для этого используются формулы (11)-(14) и коэффициенты, описанные в [11].

В таблице 4 представлены результаты расчёта электрических нагрузок, приходящихся на распределительные щиты ресторана быстрого питания «Вкусно и точка».

Таблица 4 – Результаты расчёта электрических нагрузок распределительных щитов ресторана быстрого питания «Вкусно и точка»

Наименование распределительного щита и потребителей, питающихся от него	Рном, кВт	Кол-во	Р <sub>уΣ</sub> , кВт	Р <sub>р</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , кВар	S <sub>р</sub> , кВА	I <sub>р</sub> , А
<b>ЩСК (щит силовой технологического оборудования)</b>							
Кассовое оборудование	2	6	12	4,8	1,58	5,05	7,77
Холодильная камера	1,5	2	3	2,1	1,85	2,80	4,31
Посудомойка	10,75	1	10,8	7,53	3,64	8,36	12,86
Плита	12,5	2	25	17,5	5,75	18,42	28,34
Гриль	4,5	1	4,5	3,15	1,04	3,32	5,11
Пароконвектомат	12,5	1	12,5	8,75	4,24	9,72	14,95
Расстоечный шкаф	2,53	1	2,53	1,771	0,58	1,86	2,86
Оборудование кухни	2	7	14	9,8	3,22	10,32	15,88
Всего по ЩСК	–	–	–	49,9	19,7	53,7	82,5
<b>ЩБ (щит бара)</b>							
Система автоматической пожарной сигнализации	1	1	1	1	0,20	1,02	1,57
Видеонаблюдение	0,5	1	0,5	0,5	0,10	0,51	0,78
Локальная сеть (СКС)	0,5	1	0,5	0,5	0,10	0,51	0,78
Барное оборудование	11,5	1	11,5	7,774	3,07	8,36	12,86
Всего по ЩБ	–	–	–	8,8	3,1	9,34	14,4
<b>ЩВК (щит силовой вентиляции и кондиционирования)</b>							
Тепловые завесы	4	3	12	10,8	6,69	12,71	19,55
Нагреватели (П1, П2)	30	2	60	48	15,78	50,53	77,74
Вентиляционные системы	7,5	1	7,5	6	5,29	8,00	12,31
Кондиционеры	4,72	2	9,44	4,72	4,15	6,28	9,67
Всего по ЩВК	–	–	–	62,6	28,7	68,9	105,9
<b>ЩСЗ (розеточные сети)</b>							
Розеточные сети гостевого зала	6,5	1	6,5	6,5	2,14	6,84	10,52
Бойлер	3	1	3	3	0,99	3,16	4,86
Полотенцесушитель	2	1	2	0,8	0,26	0,84	1,29
Розетки в зоне выдачи блюд	2	2	4	2,8	0,92	2,95	4,54
Розетки второго этажа	2	5	10	7	2,30	7,37	11,34
Всего по ЩСЗ	–	–	–	18,1	5,9	19,1	29,3
Рабочее освещение	2,92	1	2,92	2,92	0,58	2,98	4,58
Аварийное освещение	0,29	1	0,29	0,29	0,06	0,30	0,46
Всего по ресторану быстрого питания «Вкусно и точка»	–	–	–	142,6	58,4	154,1	237,1

Результаты, полученные при расчёте электрических нагрузок ресторана быстрого питания «Вкусно и точка», используются в работе далее при выборе электрических аппаратов для защиты и коммутации электрической сети, а также сечения электрических сетей (кабелей).

## 2.4 Расчет и выбор силового трансформатора питающей сети ресторана

Далее проводится расчёт и выбор марки и мощности силового трансформатора на питающей подстанции системы электроснабжения ресторана быстрого питания «Вкусно и точка».

Ранее, до проведения реконструкции схемы электрических соединений ресторана, на питающей подстанции был установлен один силовой трансформатор марки ТМЗ-250/10 (мощность 250 кВА), так как ресторан относится к объектам средней мощности III категории надежности в соответствии с требованиями [11].

Следовательно, применение одного источника питания в качестве силового трансформатора, обосновано на основании нормативных документов и остаётся без изменений.

С учётом подключения дополнительной нагрузки к сети ресторана, путём ввода в эксплуатацию потребителей силовой и осветительной нагрузки второго этажа данного объекта, необходимо проверить мощность силового трансформатора подстанции.

Силовой трансформатор масляного типа на питающей подстанции ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» выбирается исходя из отношения:

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{P_{\text{р.}}}{N\beta_{\text{т}}}, \quad (15)$$

где « $S_{\text{ном.т.}}$ ,  $S_{\text{ном.т.р}}$  – соответственно, номинальная паспортная и

расчётная электрическая мощность трансформатора подстанции ресторана быстрого питания «Вкусно и точка»;

$N$ ,  $\beta_{\text{т}}$  – соответственно, число и коэффициент загрузки

трансформатора подстанции ресторана быстрого питания «Вкусно и точка».



$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{154,1}{1 \cdot 0,9} = 171,2 \text{ кВА.}$$

Таким образом, с учётом ввода в эксплуатацию дополнительных потребителей силовой и осветительной нагрузки ресторана быстрого питания «Вкусно и точка», суммарная нагрузка не превысит допустимый «порог мощности» трансформатора марки ТМЗ-250/10 питающей подстанции ресторана.

«Для проверки выбранных трансформаторов, действительные значения коэффициентов загрузки сравниваются с допустимыми значениями» [25].

«В нормальном режиме» [1]:

$$K_3^H \leq 0,85 \leq \frac{0,5 \cdot S_p}{S_{\text{ном.т}}}. \quad (16)$$

«Условия проверки выполняются» [1]:

$$K_3^H = \frac{171,2}{250} = 0,68 \leq 0,85.$$

Так как на питающей подстанции ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» установлен один силовой трансформатор, проверка в послеаварийном режиме работы (на допустимую перегрузку) не проводится.

Следовательно, в работе окончательно можно сделать вывод о том, что с учётом ввода в эксплуатацию дополнительных потребителей силовой и осветительной нагрузки ресторана быстрого питания «Вкусно и точка», суммарная нагрузка всего данного объекта не превысит допустимый «порог мощности» трансформатора марки ТМЗ-250/10 питающей подстанции ресторана.

## 2.5 Выбор сечения кабелей системы электроснабжения ресторана

При выборе сечения кабелей системы электроснабжения ресторана необходимо учитывать следующие факторы [24]:

- ток потребления. Необходимо рассчитать максимальный ток потребления для каждой линии электроснабжения и выбрать сечение кабеля, способное выдержать данный ток без перегрева;
- длина кабеля. Длина кабеля также влияет на выбор его сечения. Чем больше длина кабеля, тем больше его сопротивление, что может привести к потере напряжения в сети;
- условия эксплуатации. Некоторые условия эксплуатации, такие как высокая температура окружающей среды, влажность или механические нагрузки, также могут повлиять на выбор сечения кабеля;
- нормативные требования. Нормативные документы могут содержать требования к сечению кабеля в зависимости от мощности электрической нагрузки и других факторов;
- бюджет. Выбор слишком крупного сечения кабеля может быть слишком затратным, поэтому необходимо выбирать оптимальное сечение, учитывая требования безопасности и нормативные требования;
- при выборе сечения кабеля можно использовать таблицы, в которых указано максимально допустимое токовое нагружение для различных сечений кабеля при разных условиях эксплуатации. Также можно использовать специальные программы для расчёта сечения кабеля, которые учитывают все необходимые факторы.

На этом основании проводится выбор кабельных линий для питания и распределения электроэнергии в системе электроснабжения ресторана «Вкусно и точка».

Выбор кабельных линий в первую очередь проводится для подключения новых потребителей второго этажа объекта проектирования.

Также в работе проверяются решения по выбору действующих кабельных линий ресторана.

Учитывая специфику расположения объектов ресторана «Вкусно и точка», с учётом нормативных требований [2] и габаритов здания ресторана, принимается монтаж кабельных линий питающей и распределительной сети в железобетонных каналах закрытого типа в полу.

Подвод распределительной сети к потребителям с кабельных каналов осуществляется скрыто в трубах (в стенах).

Такой способ прокладки кабелей – современный, безопасный и экономичный, поэтому его рекомендуется применять на объектах гражданской структуры [18].

«Выбор проводников сетей низкого напряжения заключается в определении тока, протекающего по кабелю в нормальном и послеаварийном режиме» [2].

«При выборе поправочных коэффициентов вычисляется значение суммарного коэффициента» [5]:

$$K_{общ.} = K_{1,n} \cdot K_2 \cdot K_3. \quad (17)$$

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

«Для кабелей должны выполняться условия выбора и проверки» [8]:

«В нормальном режиме работы» [2]:

$$I_{доп}^I \geq I_p^H. \quad (18)$$

«Значение расчетного тока» [8]:

$$I_p^n = \frac{S_\Sigma}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot n}, \quad (19)$$

где « $S_\Sigma$  – расчётная суммарная нагрузка линии, кВА» [8];

« $U_{ном}$  – номинальное напряжение, кВ» [8];

« $n$  – количество силовых кабелей, шт.» [8].

«Таким образом» [19]:

$$I'_{дон} = K_{общ} I_{дон}, \quad (20)$$

где « $K_{общ}$  – суммарный поправочный коэффициент,  $K_{общ.} = 0,9$ » [6];

« $I_{дон}$  – длительный допустимый ток кабеля» [11].

«Для кабельных линий с резервированием» [18]:

$$I'_{дон} \geq I_p^{ав}, \quad (21)$$

«Расчётный ток послеаварийного режима» [13]:

$$I_p^{ав} = 1,4 I_p^n, \quad (22)$$

Проводится расчёт и выбор кабельной линии, питающей ГРЩ ресторана «Вкусно и точка» от трансформатора ТП-10/0,4 кВ.

В данной линии, исходя из значения расчётной нагрузки и тока максимального режима, с учётом подключения новых потребителей второго этажа ресторана, предварительно принимается один силовой кабель марки ВВГнг-LS 5×95 [12].

Проверка данного кабеля по допустимому току выполняется:

$$259 \cdot 0,95 = 246,1A \geq 237,1A.$$

Таким образом, кабель марки ВВГнг-LS 5×95 окончательно принят в качестве питающего кабеля ресторана от трансформатора питающей подстанции.

Выбор всех остальных кабелей – аналогичен и приведён в форме таблицы 5.

Таблица 5 – Результаты выбора кабельных линий ресторана быстрого питания «Вкусно и точка»

Наименование	Sp, кВА	Ip, А	Г <sub>доп</sub> , А	Марка кабеля
<b>ЩСК (щит силовой технологического оборудования)</b>				
Кассовое оборудование	5,05	7,77	25,7	ВВГнг-LS 3х2,5
Холодильная камера	2,80	4,31	25,7	ВВГнг-LS 3х2,5
Посудомойка	8,36	12,86	25,7	ВВГнг-LS 3х2,5
Плита	18,42	28,34	34,2	ВВГнг-LS 3х4
Гриль	3,32	5,11	25,7	ВВГнг-LS 3х2,5
Пароконвектомат	9,72	14,95	25,7	ВВГнг-LS 3х2,5
Расстоечный шкаф	1,86	2,86	25,7	ВВГнг-LS 3х2,5
Оборудование кухни	10,32	15,88	25,7	ВВГнг-LS 3х2,5
ЩСК (вводной кабель)	53,7	82,5	98,8	ВВГнг-LS 5х25
<b>ЩБ (щит бара)</b>				
Система автоматической пожарной сигнализации	1,02	1,57	25,7	ВВГнг-LS 3х2,5
Видеонаблюдение	0,51	0,78	25,7	ВВГнг-LS 3х2,5
Локальная сеть (СКС)	0,51	0,78	25,7	ВВГнг-LS 3х2,5
Барное оборудование	8,36	12,86	25,7	ВВГнг-LS 3х2,5
ЩБ (вводной кабель)	9,34	14,4	32,8	ВВГнг-LS 5х4
<b>ЩВК (щит силовой вентиляции и кондиционирования)</b>				
Тепловые завесы	12,71	19,55	25,7	ВВГнг-LS 3х2,5
Нагреватели (П1, П2)	50,53	77,74	79,8	ВВГнг-LS 3х16
Вентиляционные системы	8,00	12,31	25,7	ВВГнг-LS 3х2,5
Кондиционеры	6,28	9,67	25,7	ВВГнг-LS 3х2,5
ЩВК (вводной кабель)	68,9	105,9	120,7	ВВГнг-LS 5х35
<b>ЩСЗ (розеточные сети)</b>				
Розеточные сети гостевого зала	6,84	10,52	25,7	ВВГнг-LS 3х2,5
Бойлер	3,16	4,86	25,7	ВВГнг-LS 3х2,5
Полотенцесушитель	0,84	1,29	25,7	ВВГнг-LS 3х2,5
Розетки в зоне выдачи блюд	2,95	4,54	25,7	ВВГнг-LS 3х2,5
Розетки второго этажа	7,37	11,34	25,7	ВВГнг-LS 3х2,5
ЩСЗ (вводной кабель)	19,1	29,3	32,8	ВВГнг-LS 5х4
<b>Освещение</b>				
Рабочее освещение (вводной кабель)	2,98	4,58	27,6	ВВГнг-LS 5х2,5
Аварийное освещение (вводной кабель)	0,30	0,46	27,6	ВВГнг-LS 3х2,5

## **2.6 Расчёт токов короткого замыкания в системе электроснабжения ресторана**

Расчёт токов короткого замыкания в системе электроснабжения ресторана необходим для определения необходимых характеристик защитных устройств и выбора соответствующих автоматических выключателей и других средств защиты.

Расчёт проводится для каждой точки системы электроснабжения, где возможно возникновение короткого замыкания [4].

Для этого необходимо знать номинальное напряжение сети, мощность трансформатора питающей подстанции, а также сопротивление проводников и других элементов сети. С целью расчёта коэффициента короткого замыкания можно использовать таблицы и методики расчёта, приведённые в нормативных документах. Для системы электроснабжения ресторана быстрого питания «Вкусно и точка», необходимо провести расчёт токов короткого замыкания для каждого распределительного щита и точки электроснабжения.

Полученные результаты могут быть использованы для выбора подходящих защитных и коммутационных устройств, таких, как автоматические выключатели, а также других средств защиты в соответствии с требованиями нормативных документов [9].

Для решения поставленной задачи по расчёту токов короткого замыкания в системе электроснабжения ресторана быстрого питания «Вкусно и точка», составляется расчётная схема и нумеруется на ней все возможные точки КЗ.

Данная схема приведена на рисунке 5.

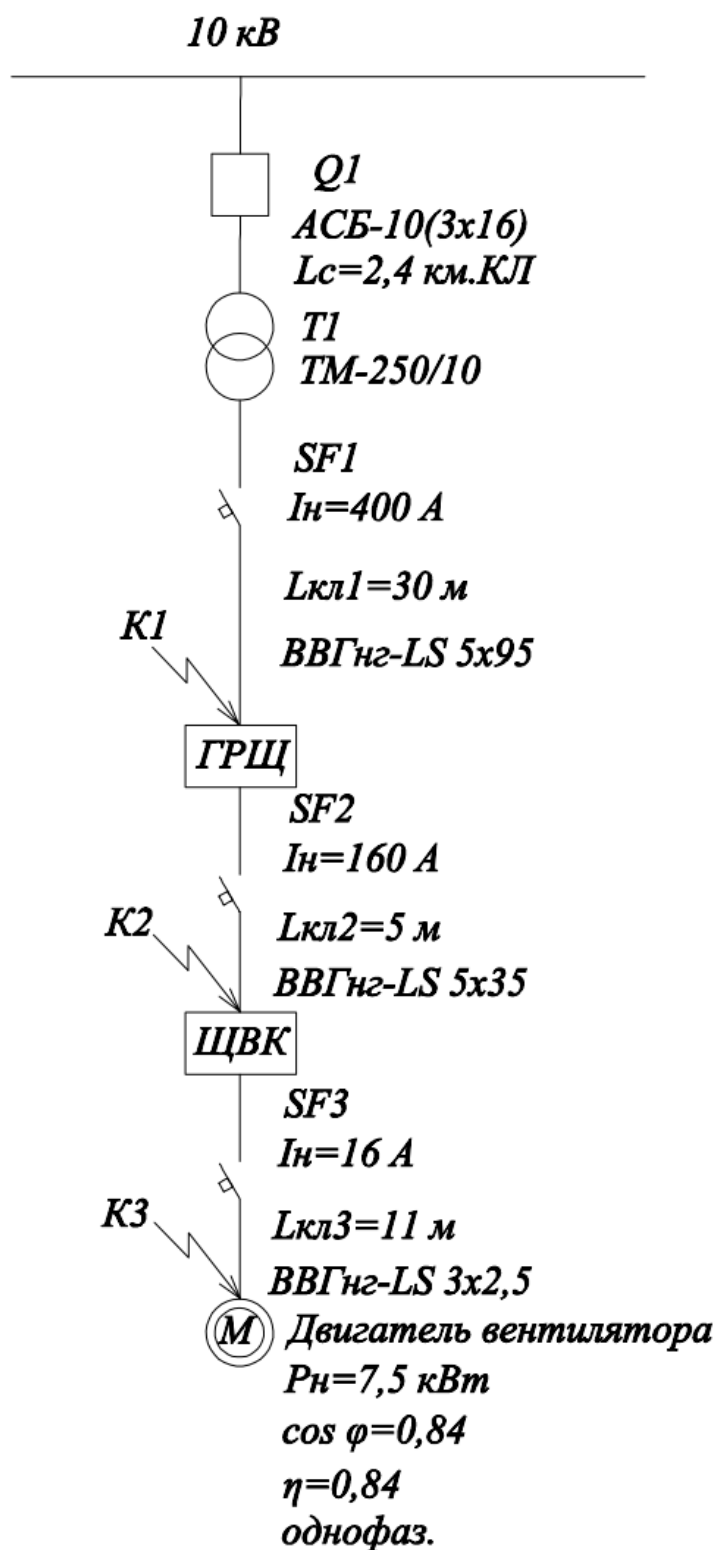


Рисунок 5 – Расчётная схема токов КЗ для системы электроснабжения ресторана быстрого питания «Вкусно и точка»

Исходя из расчётной схемы составляется схема замещения для расчёта токов КЗ в системе электроснабжения ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» (рисунок б).

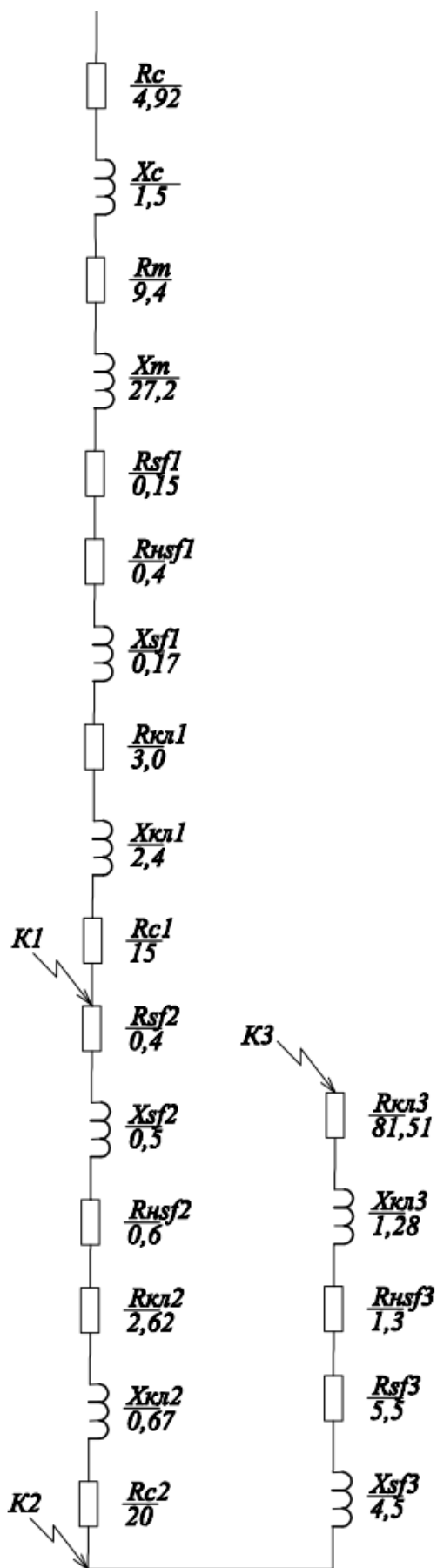


Рисунок 6 – Схема замещения для расчёта токов КЗ в системе электроснабжения ресторана быстрого питания «Вкусно и точка»



«Вычисляются сопротивления элементов и наносятся на схему замещения» [15].

«Системы» [15]:

$$I_c = \frac{S_m}{\sqrt{3} \cdot U_c}, A. \quad (23)$$

$$I_c = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 14,4 A.$$

«Удельное индуктивное сопротивление КЛ» [8]:

$$X'_c = x_o L_c, Ом; \quad (24)$$

$$R'_c = r_0 L_c, Ом; \quad (25)$$

$$X'_c = 0,4 \cdot 2,4 = 0,96 Ом;$$

$$R'_c = 1,28 \cdot 2,4 = 3,07 Ом.$$

«Сопротивления приводятся к низкому напряжению (НН) – 0,4 кВ» [5]:

$$R_c = R'_c \left( \frac{U_{НН}}{U_{ВН}} \right)^2, мОм. \quad (26)$$

$$X_c = X'_c \left( \frac{U_{НН}}{U_{ВН}} \right)^2, мОм. \quad (27)$$

$$R_c = 3,072 \cdot (0,4 / 10)^2 \cdot 10^3 = 4,92 мОм.$$

$$X_c = 0,96 \cdot (0,4 / 10)^2 \cdot 10^3 = 1,5 мОм.$$

«Сопротивления КЛ» [5]

$$R_{кл1} = r_{01} \cdot L_{кл1}, мОм, \quad (28)$$

где « $R_{кл1}$  – активное сопротивление КЛ» [5].

$$X_{кл1} = x_{01} \cdot L_{кл1}, \text{ мОм}, \quad (29)$$

где « $X_{кл1}$  – индуктивное сопротивление КЛ» [5].

«Значит, для КЛ1-КЛ3» [17]:

$$R_{кл1} = 0,1 \cdot 30 = 3,0 \text{ мОм}.$$

$$X_{кл1} = 0,08 \cdot 30 = 2,4 \text{ мОм}.$$

$$R_{кл2} = 0,524 \cdot 5 = 2,62 \text{ мОм}.$$

$$X_{кл2} = 0,133 \cdot 5 = 0,67 \text{ мОм}.$$

$$R_{кл3} = 7,41 \cdot 11 = 81,51 \text{ мОм}.$$

$$X_{кл3} = 0,116 \cdot 11 = 1,28 \text{ мОм}.$$

«Упрощается исходная схема замещения путём расчёта эквивалентных сопротивлений схемы на участках между точками КЗ» (рисунок 7)» [5].

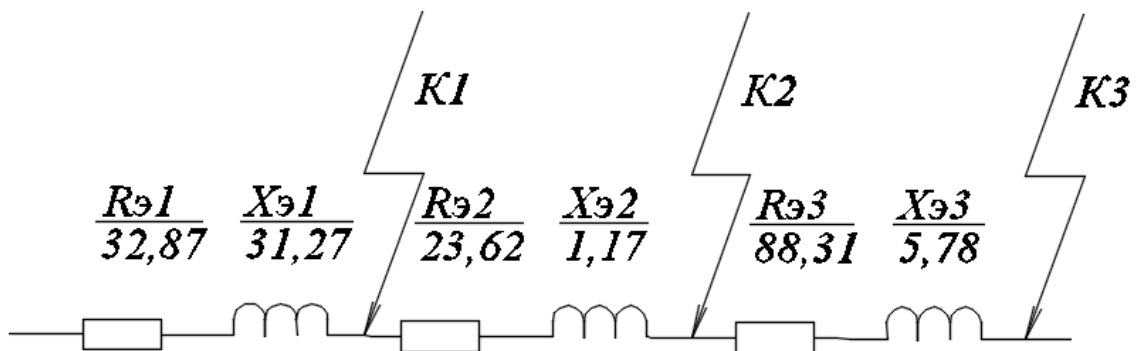


Рисунок 7 – «Схема замещения упрощенная»

«Эквивалентные сопротивления упрощённой схемы замещения (с учётом законов Ома и Кирхгофа)» [5]:

$$R_{э1} = R_c + R_m + R_{SF1} + R_{H_{SF1}} + R_{c1} + R_{кл1}, \text{ мОм}. \quad (30)$$

$$R_{э1} = 4,92 + 9,4 + 0,15 + 0,4 + 15 + 3 = 32,87 \text{ мОм}.$$

$$X_{э1} = X_c + X_m + X_{SF1} + X_{кл1}, \text{ мОм}. \quad (31)$$

$$X_{\rho 1} = 1,5 + 27,2 + 0,17 + 2,4 = 31,27 \text{ мОм.}$$

$$R_{\rho 2} = R_{SF2} + RH_{SF2} + R_{\kappa 12} + R_{c2}, \text{ мОм.} \quad (32)$$

$$R_{\rho 2} = 0,4 + 0,6 + 2,62 + 20 = 23,62 \text{ мОм.}$$

$$X_{\rho 2} = X_{SF2} + X_{\kappa 12}, \text{ мОм.} \quad (33)$$

$$X_{\rho 2} = 0,5 + 0,67 = 1,17 \text{ мОм.}$$

$$R_{\rho 3} = R_{SF3} + RH_{SF3} + R_{\kappa 13}, \text{ мОм.} \quad (34)$$

$$R_{\rho 3} = 5,5 + 1,3 + 81,51 = 88,31 \text{ мОм.}$$

$$X_{\rho 3} = X_{SF3} + X_{\kappa 13}, \text{ мОм.} \quad (35)$$

$$X_{\rho 3} = 4,5 + 1,28 = 5,78 \text{ мОм.}$$

«Сопровитвления к точкам КЗ» [5]:

$$R_{\kappa 1} = R_{\rho 1}, \text{ мОм.} \quad (36)$$

$$R_{\kappa 1} = 32,87 \text{ мОм.}$$

$$X_{\kappa 1} = X_{\rho 1}, \text{ мОм.} \quad (37)$$

$$X_{\kappa 1} = 31,27 \text{ мОм.}$$

$$Z_{\kappa 1} = \sqrt{R_{\kappa 1}^2 + X_{\kappa 1}^2}, \text{ мОм.} \quad (38)$$

$$Z_{\kappa 1} = \sqrt{32,87^2 + 31,27^2} = 45,37 \text{ мОм.}$$

$$R_{\kappa 2} = R_{\rho 1} + R_{\rho 2}, \text{ мОм.} \quad (39)$$

$$R_{\kappa 2} = 32,87 + 23,62 = 56,48 \text{ мОм.}$$

$$X_{\kappa 2} = X_{\rho 1} + X_{\rho 2}, \text{ мОм.} \quad (40)$$

$$X_{\kappa 2} = 31,27 + 1,17 = 32,44 \text{ мОм.}$$

$$Z_{\kappa 2} = \sqrt{R_{\kappa 2}^2 + X_{\kappa 2}^2}, \text{ мОм.} \quad (41)$$

$$Z_{\kappa 2} = \sqrt{56,48^2 + 32,44^2} = 65,13 \text{ мОм.}$$

$$R_{\kappa 3} = R_{\kappa 2} + R_{\rho 3}, \text{ мОм.} \quad (42)$$

$$R_{\kappa 3} = 56,48 + 88,31 = 144,79 \text{ мОм.}$$

$$X_{\kappa 3} = X_{\kappa 2} + X_{\rho 3}, \text{ мОм.} \quad (43)$$

$$X_{\kappa 3} = 32,44 + 5,78 = 38,22 \text{ мОм.}$$

$$Z_{\kappa 3} = \sqrt{R_{\kappa 3}^2 + X_{\kappa 3}^2}, \text{ мОм.} \quad (44)$$

$$Z_{\kappa 2} = \sqrt{144,79^2 + 38,22^2} = 149,75 \text{ мОм.}$$

«Отношения активных и индуктивных сопротивлений схемы» [15]:

$$R_{\kappa 1} / X_{\kappa 1} = 32,87 / 31,27 = 1,05.$$

$$R_{\kappa 2} / X_{\kappa 2} = 56,48 / 32,44 = 1,74.$$

$$R_{\kappa 3} / X_{\kappa 3} = 144,79 / 38,22 = 3,79.$$

«Ударные коэффициенты» [16]:

$$K_{y1} = F(R_{\kappa} / X_{\kappa}). \quad (45)$$

$$K_{y1} = F(1,05) = 1,0.$$

$$K_{y2} = F(1,74) = 1,0.$$

$$K_{y3} = F(3,79) = 1,0.$$

«Значение токов трёхфазного КЗ» [18]:

$$I_{\kappa 1}^{(3)} = \frac{U_{\kappa}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\kappa}}, \text{ кА.} \quad (46)$$

$$I_{\kappa 1}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 45,37} \cdot 10^3 = 5,09 \text{ кА.}$$

$$I_{\kappa 2}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 65,13} \cdot 10^3 = 3,37 \text{ кА.}$$

$$I_{\kappa 3}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 149,75} \cdot 10^3 = 0,85 \text{ кА.}$$

«Значение ударных токов трёхфазного КЗ» [3]:

$$i_{yк} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{к}^{(3)}, \text{ кА.} \quad (47)$$

где « $K_y$  – ударный коэффициент тока КЗ» [3].

$$i_{yк1} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 5,09 = 7,18 \text{ кА.}$$

$$i_{yк2} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 3,37 = 4,75 \text{ кА.}$$

$$i_{yк3} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 0,85 = 1,2 \text{ кА.}$$

«Значение токов двухфазного КЗ» [4]:

$$I_{к}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{к1}^{(3)}, \text{ кА.} \quad (48)$$

$$I_{к1}^{(2)} = 0,87 \cdot 5,09 = 4,43 \text{ кА.}$$

$$I_{к2}^{(2)} = 0,87 \cdot 3,37 = 2,93 \text{ кА.}$$

$$I_{к3}^{(2)} = 0,87 \cdot 0,85 = 0,74 \text{ кА.}$$

«Составляется схема замещения для расчета однофазных токов КЗ в системе электроснабжения ресторана (рисунок 8) и определяются сопротивления схемы» [16].

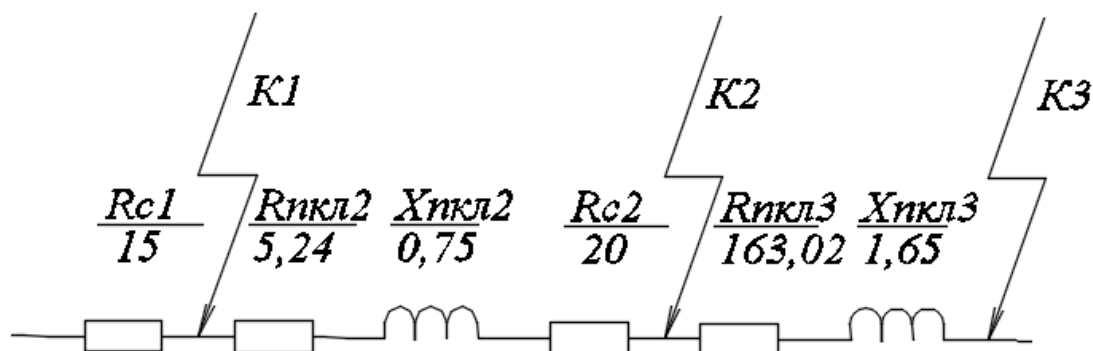


Рисунок 8 – «Схема замещения для расчета однофазных токов КЗ в системе электроснабжения ресторана» [15]

$$R_{нкл2} = 2 \cdot r_0 \cdot L_{кл2}, \text{ мОм.} \quad (49)$$

$$R_{нкл2} = 2 \cdot 0,524 \cdot 5 = 5,24 \text{ мОм.}$$

$$X_{нкл2} = x_{0n} \cdot L_{кл2}, \text{ мОм.} \quad (50)$$

$$X_{нкл2} = 0,15 \cdot 5 = 0,75 \text{ мОм.}$$

$$R_{нкл3} = 2 \cdot r_0 \cdot L_{кл3}, \text{ мОм.} \quad (51)$$

$$R_{нкл3} = 2 \cdot 7,41 \cdot 11 = 163,02 \text{ мОм.}$$

$$X_{нкл3} = x_{0n} \cdot L_{кл3}, \text{ мОм.} \quad (52)$$

$$X_{нкл3} = 0,15 \cdot 11 = 1,65 \text{ мОм.}$$

«Сопrotивления петли «фаза-ноль» к расчётным точкам» [19]:

$$Z_{n1} = 15 \text{ мОм.}$$

$$R_{n2} = R_{c1} + R_{нкл2} + R_{c2}, \text{ мОм.} \quad (53)$$

$$R_{n2} = 15 + 5,24 + 20 = 35,24 \text{ мОм.}$$

$$X_{n2} = X_{нкл2}, \text{ мОм.} \quad (54)$$

$$X_{n2} = 0,75 \text{ мОм.}$$

$$Z_{n2} = \sqrt{R_{n2}^2 + X_{n2}^2}, \text{ мОм.} \quad (55)$$

$$Z_{n2} = \sqrt{35,24^2 + 0,75^2} = 35,25 \text{ мОм.}$$

$$R_{n3} = R_{n2} + R_{нкл3}, \text{ мОм.} \quad (56)$$

$$R_{n3} = 35,24 + 163,02 = 198,26 \text{ мОм.}$$

$$X_{n3} = X_{n2} + X_{нкл3}, \text{ мОм.} \quad (57)$$

$$X_{n3} = 0,75 + 1,65 = 2,4 \text{ мОм.}$$

$$Z_{n3} = \sqrt{R_{n3}^2 + X_{n3}^2}, \text{ мОм.} \quad (58)$$

$$Z_{n3} = \sqrt{198,26^2 + 2,4^2} = 198,27 \text{ мОм.}$$

«Ток однофазного КЗ в расчётных точках» [5]:

$$I_{ki}^{(1)} = \frac{U_{\kappa\phi}}{Z_{ni} + Z_m / 3}, \text{кА.} \quad (59)$$

$$I_{\kappa1}^{(1)} = \frac{220}{15 + 312 / 3} = 1,85 \text{кА.}$$

$$I_{\kappa2}^{(1)} = \frac{220}{35,25 + 312 / 3} = 1,57 \text{кА.}$$

$$I_{\kappa3}^{(1)} = \frac{220}{198,27 + 312 / 3} = 0,73 \text{кА.}$$

«Полученные токи КЗ заносятся в таблицу 6» [5].

Таблица 6 – «Результаты расчёта токов КЗ в системе электроснабжения ресторана

Точка КЗ	U <sub>c</sub> , кВ	I <sub>к</sub> <sup>(3)</sup> , кА	i <sub>y</sub> , кА	I <sub>к</sub> <sup>(2)</sup> , кА	I <sub>к</sub> <sup>(1)</sup> , кА
К1	0,38/0,22	5,09	7,18	4,43	1,85
К2	0,38/0,22	3,37	4,75	2,93	1,57
К3	0,38/0,22	0,85	1,20	0,74	0,73

## 2.7 Расчет и выбор аппаратов защиты системы электроснабжения ресторана

Далее необходимо провести выбор и проверку аппаратов для защиты и коммутации питающей и распределительной сети новых потребителей второго этажа системы электроснабжения ресторана «Вкусно и точка».

Также в работе подлежат проверке установленные аппараты питающей и распределительной сети остальных потребителей ресторана.

В качестве защитной и коммутационной аппаратуры в системе электроснабжения ресторана используются автоматические выключатели с комбинированным расцепителем современного типа. Они – надёжны, долговечны и экономичны. Далее приводится сравнительная таблица с некоторыми современными автоматическими выключателями для защиты сети 0,38/0,22 кВ (таблица 7) [23].

Таблица 7 – Сравнительная характеристика некоторых современных автоматических выключателей для защиты сети 0,38/0,22 кВ

Марка автоматического выключателя	Номинальный ток, А	Тип выключателя	Количество полюсов	Максимальный ток короткого замыкания, кА
ABB Tmax XT	6 - 1600	Воздушно-изолированный корпус	3, 4	до 25
Schneider Electric Acti 9	0,5 - 63	Модульный	1, 2, 3, 4	до 25
Siemens 5SL	0,5 - 125	Модульный	1, 2, 3, 4	до 25
Legrand DX3	0,5 - 125	Модульный	1, 2, 3, 4	до 36
Hager MBN	0,5 - 63	Модульный	1, 2, 3, 4	до 25
ВА	6 - 1600	Воздушно-изолированный корпус	1, 2, 3, 4	до 20

Таким образом, в работе для защиты и коммутации питающей и распределительной сети новых потребителей системы электроснабжения ресторана «Вкусно и точка», в работе рекомендуется принять выключатели отечественного производства марки ВА. Выбор обусловлен следующими критериями:

- значения номинального тока не превышает установленные пределы расчётных токов оборудования;
- количество полюсов для защиты однофазных сетей (два полюса) и трёхфазных сетей (три полюса) выпускается в данной модификации;
- максимальный ток отключения КЗ автомата не превышает расчётные значения тока КЗ в системе электроснабжения ресторана;
- ремонтпригодность автоматов ВА (отечественных) значительно выше зарубежных аналогов.

Таким образом, выбор марки автомата для применения в питающей и распределительной сети системы электроснабжения ресторана «Вкусно и точка» в работе обоснован.

Результаты выбора автоматов системы электроснабжения ресторана представлены в работе в форме таблицы 8.



Таблица 8 – Результаты выбора автоматов системы электроснабжения ресторана

Наименование объекта	Sp, кВА	Ip, А	Марка автомата	$I_{ном.а},$ А	$I_{у.т.р.},$ А	$I_{у.э.р.},$ А
ГРЩ	154,1	237,1	ВА52-37	400	320	960
ЩСК (щит силовой технологического оборудования)						
Кассовое оборудование	5,05	7,77	ВА47-29-2С10-УХЛ3	10	10	30
Холодильная камера	2,80	4,31	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Посудомойка	8,36	12,86	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
Плита	18,42	28,34	ВА47-29-2С32-УХЛ3	32	32	96
Гриль	3,32	5,11	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Пароконвектомат	9,72	14,95	ВА47-29-2С25-УХЛ3	25	25	25
Расстоечный шкаф	1,86	2,86	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Оборудование кухни	10,32	15,88	ВА47-29-2С25-УХЛ3	25	25	25
ЩСК (вводной автомат)	53,7	82,5	ВА 52-31	100	100	300
ЩБ (щит бара)						
Система автоматической пож.сигнализации	1,02	1,57	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Видеонаблюдение	0,51	0,78	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Локальная сеть (СКС)	0,51	0,78	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Барное оборудование	8,36	12,86	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
ЩБ (вводной автомат)	9,34	14,4	ВА 52-31	100	25	75
ЩВК (щит силовой вентиляции и кондиционирования)						
Тепловые завесы	12,71	19,55	ВА47-29-2С25-УХЛ3	25	25	25
Нагреватели (П1, П2)	50,53	77,74	ВА47-100 2Р 100 А	100	100	300
Вентиляционные системы	8,00	12,31	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
Кондиционеры	6,28	9,67	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
ЩВК (вводной автомат)	68,9	105,9	ВА 52-33	160	125	480
ЩСЗ (розеточные сети)						
Розеточные сети гостевого зала	6,84	10,52	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
Бойлер	3,16	4,86	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Полотенцесушитель	0,84	1,29	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Розетки в зоне выдачи блюд	2,95	4,54	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Розетки второго этажа	7,37	11,34	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
ЩСЗ (вводной автомат)	19,1	29,3	ВА 52-31	100	40	120
ЩРО (щит рабочего освещения)						
Рабочее освещение (вводной автомат)	2,98	4,58	ВА47-29-3С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
ЩРО (щит аварийного освещения)						
Аварийное освещение (вводной автомат)	0,30	0,46	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9

## 2.8 Расчет капиталовложений в систему электроснабжения ресторана

Для выполнения работ по монтажу элементов системы электроснабжения ресторана необходимо рассчитать затраты на основные и вспомогательные материалы силовой и осветительной сети. Расчет капиталовложений в систему электроснабжения ресторана будет заключительным этапом работы. При производстве работ электромонтажная организация должна выполнять требования [20]. В схеме применены основные и вспомогательные материалы, приведенные в таблицах 9 и 10.

Таблица 9 – Затраты на основные и вспомогательные материалы сети

Наименование, марка	Единицы измерения	Количество	Стоимость, за единицу, руб.	Общая стоимость, руб.
Кабельные линии				
Кабель ВВГнг-LS 5x95	км	0,03	450000	13500
Кабель ВВГнг-LS 5x35	км	0,005	384000	1920
Кабель ВВГнг-LS 5x25	км	0,005	324000	1620
Кабель ВВГнг-LS 5x4	км	0,005	190000	950
Кабель ВВГнг-LS 3x16	км	0,05	154000	770
Кабель ВВГнг-LS 3x2,5	км	2,0	53000	106000
Щиты вводные и распределительные				
Щит ГРЩ (марка ЩРН-П-24)	шт.	1	16000	16000
Щит ЩСК (марка ЩРН-24)	шт.	1	12000	12000
Щит ЩВК (марка ЩРН-24)	шт.	1	12000	12000
Щит ЩБ (марка ЩРН-24)	шт.	1	12000	12000
Щит ЩСЗ (марка ЩРН-24)	шт.	1	12000	12000
Электрические аппараты				
Автоматический выключатель ВА52-37, 400 А	шт.	1	4200	4200
Автоматический выключатель ВА52-31, 100 А	шт.	3	3000	9000
Автоматический выключатель ВА52-33, 160 А	шт.	1	3500	3500
Автоматический выключатель ВА47-100, 100 А	шт.	1	2000	2000
Автоматический выключатель ВА47-29-2С6-УХЛЗ, 6,3 А	шт.	9	300	2700
Автоматический выключатель ВА47-29-2С10-УХЛЗ, 10 А	шт.	1	400	400
Автоматический выключатель ВА47-29-2С16-УХЛЗ, 16 А	шт.	6	500	3000
Автоматический выключатель ВА47-29-2С25-УХЛЗ, 25 А	шт.	3	600	1800

Продолжение таблицы 9

Наименование, марка	Единицы измерения	Количество	Стоимость, за единицу, руб.	Общая стоимость, руб.
Вспомогательные материалы				
Зажим наборный ЗНИ-2,5мм <sup>2</sup>	шт.	100	20	2000
DIN-рейка 35x7,5	м.	6,0	250	1500
Заклепка-гайка вытяжная М4	шт.	200	10	2000
Винт М4х12 DIN912 А2	шт.	200	12	2400
Шайба М4 DIN127 А2	шт.	200	8	1600
Общая стоимость	—	—	—	224860,0

Таблица 10 – Затраты на материалы осветительной сети

Наименование, марка	Единицы измерения	Количество	Стоимость, за единицу, руб.	Общая стоимость, руб.
Кабельные линии				
Кабель ВВГнг-LS 5x2,5	км	0,01	53000	530
Кабель ВВГнг-LS 3x1,5	км	2,0	28000	56000
Щиты вводные и распределительные, ИБП				
Щит рабочего освещения (марка УОЩВ - X УХЛ4)	шт.	1	4000	4000
Щит аварийного освещения (марка УОЩВ - X УХЛ4)	шт.	1	4000	4000
ИБП аварийного освещения (марка 9130i6000T-XL)	шт.	1	24700	24700
Электрические аппараты				
Автоматический выключатель ВА47-29-3С6-УХЛЗ, 6,3 А	шт.	1	400	400
Автоматический выключатель ВА47-29-2С6-УХЛЗ, 6,3 А	шт.	21	300	6300
Светильники, выключатели неавтоматические				
Светильник PHILIPS MASSIVE Hearst White	шт.	226	148,5	33560
Лампа светодиодная Philips Ecohome LED Bulb 11W	шт.	226	60	13560
Выключатель одноклавишный SCHNEIDER ELECTRIC BLNVS010103 Blanca	шт.	20	100	2000
Вспомогательные материалы				
Зажим наборный ЗНИ-2,5мм <sup>2</sup>	шт.	100	20	2000
DIN-рейка 35x7,5	м.	6,0	250	1500
Заклепка-гайка вытяжная М4	шт.	200	10	2000
Винт М4х12 DIN912 А2	шт.	200	12	2400
Шайба М4 DIN127 А2	шт.	200	8	1600
Общая стоимость	—	—	—	154550,0

Определяются суммарные затраты на материалы [21]:

$$Z_m = Z_{сил} + Z_{осв}, \text{ руб.}, \quad (60)$$

где  $Z_{сил}$  – затраты на комплектующие элементы, основные и вспомогательные материалы силовой сети;

$Z_{осв}$  – затраты на комплектующие элементы, основные и вспомогательные материалы осветительной сети.

Таким образом, суммарные капиталовложения в систему электроснабжения ресторана быстрого питания «Вкусно и точка», составят:

$$Z_m = 224860 + 154550 = 379410 \text{ руб.}$$

Полученные результаты расчёта суммарных капиталовложений в систему электроснабжения ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» рекомендуется принять к сведению.

Выводы по разделу 2.

В соответствии с поставленной целью, в работе решены такие основные задачи:

- разработана и проверена схема электроснабжения питающей и распределительной сети ресторана быстрого питания «Вкусно и точка», с учётом новых силовых и осветительных потребителей объекта;
- установлено, что для электроснабжения ресторана от энергосистемы необходимо применять один источник питания, так как объект проектирования относится к III категории надёжности;
- проведён расчёт электрических нагрузок силовой и осветительной сети системы электроснабжения ресторана быстрого питания «Вкусно и точка»;
- на основании суммарной электрической нагрузки системы

- электроснабжения ресторана быстрого питания «Вкусно и точка», выбран и проверен на допустимую нагрузку силовой трансформатор марки ТМЗ-250/10 для установки на питающей трансформаторной подстанции ТП-10/0,4 кВ;
- выбраны новые светильники и лампы для объектов второго этажа ресторана быстрого питания «Вкусно и точка», вводимого в эксплуатацию;
  - рассчитаны токи однофазного, двухфазного и трёхфазного короткого замыкания в системе электроснабжения ресторана «Вкусно и точка»;
  - проведён выбор современных марок проводников (кабелей) и аппаратов для питания и защиты системы электроснабжения ресторана «Вкусно и точка»;
  - выбраны и обоснованы условия монтажа питающей и распределительной сети в системе электроснабжения ресторана «Вкусно и точка»;
  - рассчитаны капитальные затраты на реализацию проекта по вводу в эксплуатацию (монтажные работы) системы электроснабжения ресторана «Вкусно и точка».

### **3 Выбор системы контроля и управления электроэнергией ресторана**

Далее в работе проводится выбор системы контроля и управления электроэнергией ресторана быстрого питания «Вкусно и точка».

Выбор системы контроля и управления электроэнергией ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» зависит от конкретных требований и потребностей данного объекта.

Однако, в целом, система контроля и управления электроэнергией должна обеспечивать:

- контроль и управление электропотреблением ресторана для оптимизации расходов на электроэнергию и предотвращения перегрузок и превышения установленных лимитов мощности;
- мониторинг работы электрооборудования для предотвращения поломок, сокращения времени простоя и обеспечения безопасности работников и посетителей ресторана;
- управление электроэнергией в режиме реального времени для быстрой реакции на изменения в потреблении энергии и предотвращения простоев в работе;
- управление системами освещения, кондиционирования воздуха и другими электрическими устройствами для улучшения комфорта внутри помещений ресторана и оптимизации их работы.

Для достижения этих целей может использоваться различное оборудование, такое как:

- автоматизированные системы управления и мониторинга электропотребления (SCADA-системы), которые позволяют собирать, анализировать и управлять данными о потреблении электроэнергии в режиме реального времени;
- системы управления освещением, которые позволяют автоматически контролировать освещение внутри помещений ресторана на основе

определенных параметров, таких как уровень освещенности или присутствие людей;

- системы управления кондиционированием воздуха, которые позволяют оптимизировать работу систем кондиционирования воздуха в соответствии с заданными параметрами, такими как температура и влажность внутри помещений;
- устройства управления электропитанием, такие как контроллеры питания и ИБП, которые обеспечивают стабильное питание для всех электрических устройств ресторана и защищают их от повреждений при перебоях в электроснабжении.

В качестве системы контроля и управления электроэнергией ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» в работе рекомендуется использовать автоматизированную систему управления электропотреблением (АСУЭ).

АСУЭ позволяет осуществлять мониторинг, управление и оптимизацию электропотребления ресторана, что позволяет снизить расходы на электроэнергию и повысить энергоэффективность.

Основными компонентами АСУЭ являются:

- система сбора данных. Включает в себя датчики тока, напряжения, мощности, а также счетчики электроэнергии. Данные от датчиков и счетчиков передаются в центральный сервер;
- центральный сервер. Получает данные от системы сбора данных и обрабатывает их с помощью специального программного обеспечения. На основе анализа данных центральный сервер принимает решения по управлению электропотреблением ресторана;
- устройства управления. На основе решений, принятых центральным сервером, устройства управления управляют электрическими нагрузками ресторана. Устройства управления могут быть как программируемыми контроллерами, так и простыми реле;

– пользовательский интерфейс. Позволяет оператору АСУЭ мониторить работу системы, принимать решения по управлению электропотреблением и контролировать выполнение этих решений.

Структурная схема АСУЭ, рекомендованной для применения в системе электроснабжения ресторана быстрого питания «Вкусно и точка», представлена на рисунке 9.

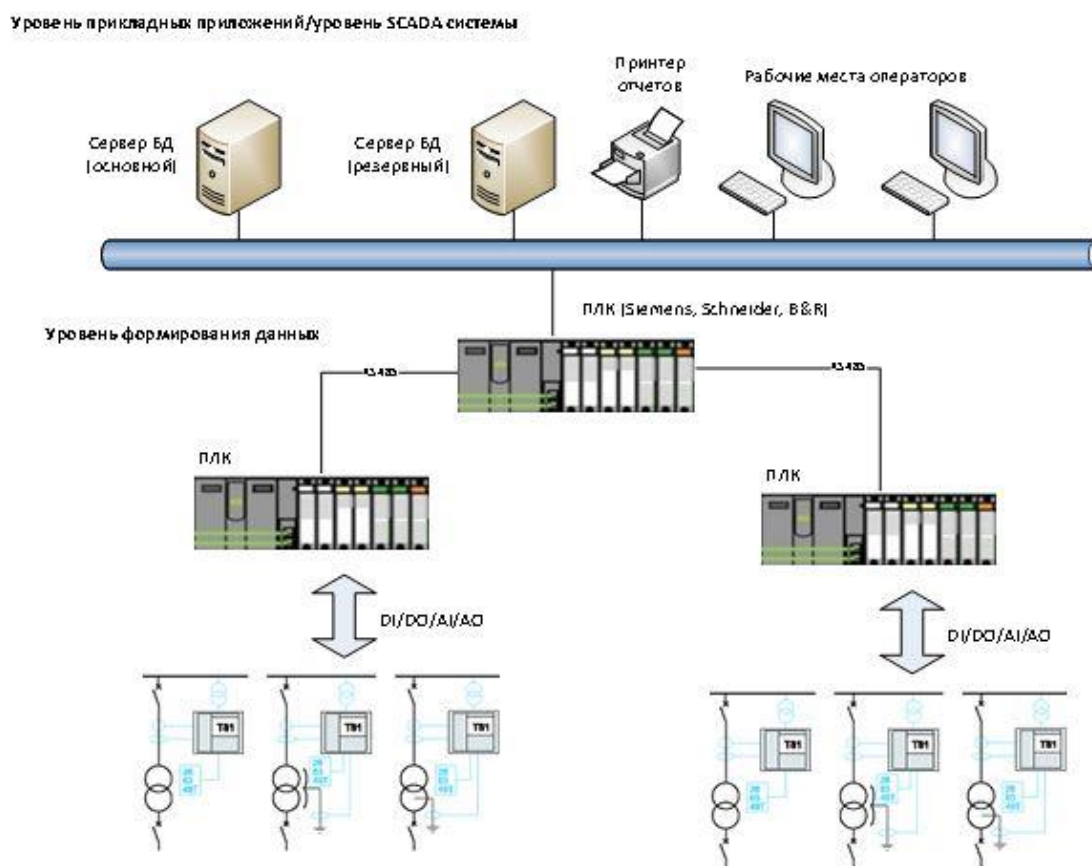


Рисунок 9 – Структурная схема АСУЭ, рекомендованной для применения в системе электроснабжения ресторана быстрого питания «Вкусно и точка»

В качестве программного обеспечения для центрального сервера можно использовать различные системы управления энергопотреблением, такие как EcoStruxure Power Monitoring Expert от Schneider Electric, Proficacy Energy Management от GE Digital, и другие.

При правильной настройке и эксплуатации АСУЭ позволяет снизить расходы на электроэнергию и увеличить энергоэффективность ресторана.



Выбор марки и производителя АСУЭ для ресторана зависит от многих факторов, таких как бюджет, требования к функциональности, удобству использования и т.д.

Одним из известных производителей АСУЭ является Siemens AG, который предлагает широкий спектр продукции для управления электроэнергией. Кроме того, есть и другие производители, такие как Schneider Electric, ABB, Honeywell и прочие.

В качестве конкретной марки АСУЭ для ресторана рекомендуется использовать АСУЭ Siemens Desigo CC, которая обеспечивает полный контроль над системой энергоснабжения ресторана. Она позволяет управлять и мониторить все основные системы, такие как освещение, кондиционирование воздуха, отопление, вентиляция, система безопасности и прочие.

АСУЭ Siemens Desigo CC имеет интуитивно понятный пользовательский интерфейс и может быть настроена под конкретные потребности ресторана. Кроме того, Siemens является известным и надежным производителем, что гарантирует качество и надежность продукции.

Выводы по разделу 3.

В результате выполнения работы, проведён выбор системы контроля и управления электроэнергией ресторана быстрого питания «Вкусно и точка».

На основании сравнительных характеристик ведущих мировых разработок предложено в качестве системы контроля и управления электроэнергией ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» использовать систему АСУЭ. В качестве конкретной марки АСУЭ для ресторана рекомендуется использовать АСУЭ Siemens Desigo CC, которая обеспечивает полный контроль над системой энергоснабжения ресторана. Она позволяет управлять и мониторить все основные системы, такие как освещение, кондиционирование воздуха, отопление, вентиляция, система безопасности и прочие.

## Заключение

В результате выполнения работы проведена разработка проекта модернизации системы электроснабжения ресторана быстрого питания «Вкусно и точка», обусловленная вводом в эксплуатацию потребителей силовой и осветительной сетей объекта проектирования.

Приведена исходная характеристика ресторана помещений и основного оборудования ресторана быстрого питания «Вкусно и точка».

В результате проведения анализа объекта проектирования установлено, что в связи с производственной необходимостью, а также с целью обеспечения удобства работников ресторана «Вкусно и точка», планируется пристроить участок на втором этаже. В данное новое строение будут входить следующие помещения: раздевалка, офис, склад, душевая, санитарный узел.

Общая площадь новых помещений второго этажа ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» составит 42 м<sup>2</sup> (суммарная длина составляет 6 м, ширина – 7 м).

Таким образом, суммарная площадь ресторана, с учётом ввода в эксплуатацию новых помещений, увеличится и составит 372 м<sup>2</sup>.

В результате решения данного вопроса будет обеспечено и значительно улучшены удобства для работников, а также административного персонала ресторана «Вкусно и точка».

Данный аспект обуславливает реконструкцию системы электроснабжения, так как электрооборудование и электрические сети новых помещений проектируемого второго этажа ресторана «Вкусно и точка» необходимо подключить к существующей сети данного ресторана, следовательно, необходимо внести изменения в существующую схему электрических соединений объекта проектирования.

Приведена характеристика потребителей электроэнергии (основного электрооборудования) ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» с учётом новых объектов второго этажа.

В соответствии с поставленной целью, с учётом требуемой реконструкции схемы электрических соединений силовой и осветительной сетей вследствие ввода в эксплуатацию новых потребителей, в работе решены такие основные задачи:

- разработана и проверена схема электроснабжения питающей и распределительной сети ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» с учётом новых силовых и осветительных потребителей объекта;
- установлено, что для электроснабжения ресторана от энергосистемы необходимо применять один источник питания, так как объект проектирования относится к III категории надёжности;
- проведён расчёт электрических нагрузок силовой и осветительной сети системы электроснабжения ресторана быстрого питания «Вкусно и точка»;
- на основании суммарной электрической нагрузки системы электроснабжения ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» выбран и проверен на допустимую нагрузку силовой трансформатор марки ТМЗ-250/10 для установки на питающей трансформаторной подстанции ТП-10/0,4 кВ;
- выбраны новые светильники и лампы для объектов второго этажа ресторана быстрого питания «Вкусно и точка», вводимого в эксплуатацию;
- рассчитаны токи однофазного, двухфазного и трёхфазного короткого замыкания в системе электроснабжения ресторана «Вкусно и точка»;
- проведён выбор современных марок проводников (кабелей) и аппаратов для питания и защиты системы электроснабжения ресторана «Вкусно и точка»;
- выбраны и обоснованы условия монтажа питающей и распределительной сети в системе электроснабжения ресторана «Вкусно и точка»;

- рассчитаны капитальные затраты на реализацию проекта по вводу в эксплуатацию (монтажные работы) системы электроснабжения ресторана «Вкусно и точка».

Проведён выбор системы контроля и управления электроэнергией ресторана быстрого питания «Вкусно и точка».

На основании сравнительных характеристик ведущих мировых разработок предложено в качестве системы контроля и управления электроэнергией ресторана быстрого питания «Вкусно и точка» использовать систему АСУЭ.

В качестве конкретной марки АСУЭ для ресторана рекомендуется использовать АСУЭ Siemens Desigo CC, которая обеспечивает полный контроль над системой энергоснабжения ресторана. Она позволяет управлять и мониторить все основные системы, такие как освещение, кондиционирование воздуха, отопление, вентиляция, система безопасности и прочие.

Таким образом, все поставленные основные задачи работы выполнены в полном объёме.

## Список используемых источников

1. Кадомская К.П., Лавров Ю.А. Электрооборудование высокого напряжения нового поколения. Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. 343 с.
2. Китунович Ф.Г. Энергетика России. 1920-2020 гг. В 4 томах. М.: Энергия, 2020. 1072 с.
3. Климова Г.Н. Электроэнергетические системы и сети. Энергосбережение. Учебное пособие. М.: Юрайт, 2016. 180 с.
4. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. М.: Академия, 2020. 320 с.
5. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для ВУЗов. 5-е издание, перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 2018. 608 с.
6. Никитенко Г.В. Электрооборудование, электротехнологии и электроснабжение. Дипломное проектирование: Учебное пособие. СПб.: Лань, 2018. 316 с.
7. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. 4-е изд., перераб. и доп. М: Энергоатомиздат, 2019. 174 с.
8. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонadzор Минэнерго России. М.: ЗАО «Энергосервис», 2019. 324 с.
9. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). М.: Альвис, 2018. 632 с.
10. Ресторан «Вкусно и точка» на Космонавта Комарова [Электронный ресурс]: URL: <https://www.vremyan.ru/news/496001> (дата обращения: 28.03.2023).
11. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. М.: ИЦ Академия, 2018. 448 с.
12. Свириденко Э.А. Основы электротехники и электроснабжения. М.:

Техноперспектива, 2018. 436 с.

13. Свод правил СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 7 ноября 2016 г. № 777/пр) [Электронный ресурс]: URL: [https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/SPEIO\\_07.11.2016\\_777.pdf](https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/SPEIO_07.11.2016_777.pdf) (дата обращения: 27.03.2023).

14. СП 440.1325800.2018 Проектирование естественного и искусственного освещения. [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/554819713> (дата обращения: 28.03.2023).

15. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ЭНАС, 2018. 312 с.

16. СТО 56947007- 29.240.30.047-2010. «Рекомендации по применению типовых принципиальных электрических схем распределительных устройств подстанций». [Электронный ресурс]: URL: <https://www.twirpx.com/file/2616342/> (дата обращения: 24.03.2023).

17. Тульчин И.К. Электрические сети жилых и общественных зданий. М.: Энергоатомиздат, 2020. 304 с., ил.

18. Федеральный закон «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 № 35-ФЗ об энергосбережении [Электронный ресурс]: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_41502/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/) (дата обращения: 27.03.2023).

19. 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».

20. Цигельман И.Е. Электроснабжение гражданских зданий и коммунальных предприятий: 3-е изд., испр. и доп. М.: Высш. шк. 2018. 319 с.: ил.

21. Barker R. CASE Method. Entity-Relationship Modeling. N.Y.:

Addition-Wesley Publishing Company, 2021. 112 p.

22. Bunn D.W. Experimental study of a Bayesian method for daily electricity load forecasting. *Appl. Math. Model.* 2020. №2. P. 113 – 116.

23. Bunn Ed. D. Comparative models for electrical load forecasting. New York: Wiley. 2018. 232 p.

24. DeMarco T. Short – term load forecasting in electric power systems: A comparison of ARMA models and extended Wiener filtering. *J. Forecast.* 2022. №4. P.56-61.

25. Farmer E.D. Development of on-line load prediction techniques with trials in the south-western region of the CEGB. *Proc. EE.* 2018. 115 p.