

А.С. Соловской, В.Ю. Васильев

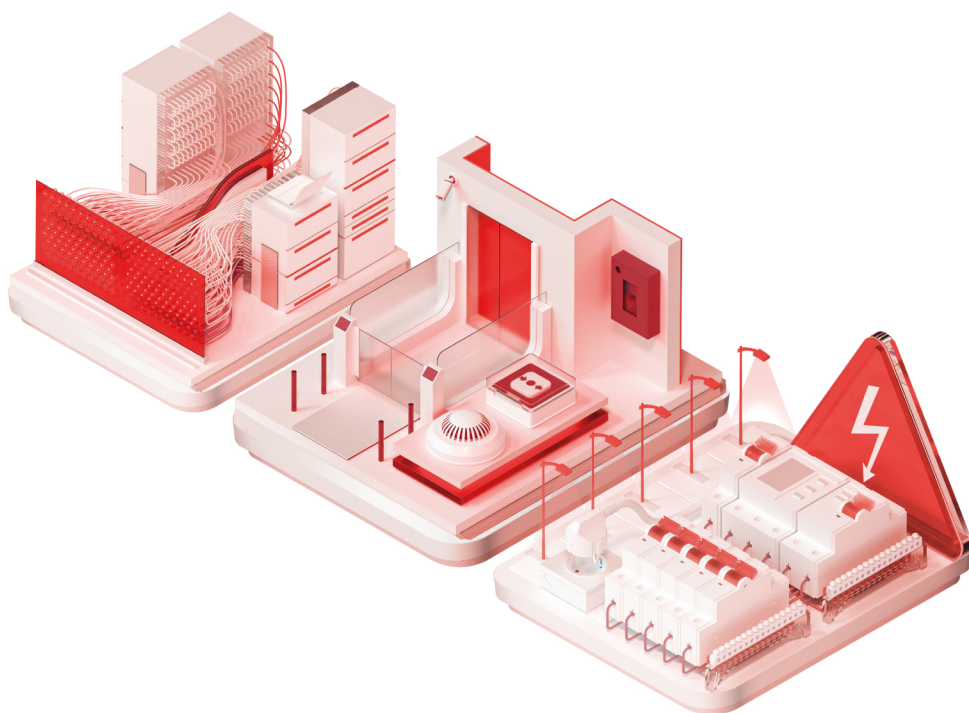
Академическая
библиотека
Нанософт

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

nanoCAD BIM ОПС

nanoCAD BIM СКС

nanoCAD BIM Электро



В. Ю. Васильев, А. С. Соловской

Основы проектирования инженерных систем в nanoCAD BIM: электроснабжение, системы безопасности, структурированные кабельные системы

*Учебное пособие из серии
«Академическая библиотека Нанософт»*

*Рекомендовано для высших учебных и средних профессиональных
учебных заведений по направлениям подготовки
«Электроэнергетика и электротехника»,
«Информатика и вычислительная техника»,
«Информационная безопасность», «Техносферная безопасность»*



УДК 696/697:004.9nanoCAD(075)

ББК 38.48с

B19

Рецензенты:

Н. В. Силин, доктор технических наук, доцент, профессор департамента энергетических систем ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»;

Р. С. Чернусь, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет».

В. Ю. Васильев, А. С. Соловской

B19 Основы проектирования инженерных систем в nanoCAD BIM: электроснабжение, системы безопасности, структурированные кабельные системы / В. Ю. Васильев, А. С. Соловской. – М.: ДМК Пресс, 2026. – 294 с.: ил.

ISBN 978-5-93700-501-4

Учебное пособие «Основы проектирования инженерных систем в nanoCAD BIM: электроснабжение, системы безопасности, структурированные кабельные системы» предназначено для студентов направлений подготовки в области электроэнергетики и электротехники, строительства, архитектурно-строительного проектирования, информационного моделирования объектов капитального строительства, а также для специалистов, осваивающих технологии BIM-проектирования инженерных систем зданий и сооружений.

В пособии рассмотрены нормативно-правовые основы градостроительной и проектной деятельности, действующие требования к проектированию систем электроснабжения, систем безопасности и структурированных кабельных систем. Особое внимание уделено практическому применению современных средств информационного моделирования на базе программных продуктов nanoCAD BIM Электро, nanoCAD BIM ОПС и nanoCAD BIM СКС. Изложены принципы создания информационных моделей инженерных систем, формирования проектной документации и использования специализированных инструментов автоматизированного проектирования.

Структура пособия включает теоретические разделы, посвященные нормативным требованиям и методологии проектирования, а также практическую часть, содержащую индивидуальные задания для самостоятельной работы. В рамках выполнения заданий обучающимся предлагается разработать проекты систем электроснабжения, системы пожарной защиты (СПЗ), системы видеонаблюдения (СВН), структурированной кабельной системы (СКС) и охранной сигнализации (ОС) на основе предоставленных архитектурно-строительных чертежей зданий. Для закрепления изученного материала в пособие включены вопросы для самопроверки.

Учебное пособие способствует формированию профессиональных компетенций в области проектирования инженерных систем зданий с использованием BIM-технологий, развитию навыков работы с нормативно-технической документацией и освоению современных цифровых инструментов проектирования.

Рекомендовано педагогическим советом ЧОУ ДПО «Инженерная школа Нанософт» при реализации программ дополнительного профессионального образования.

УДК 696/697:004.9nanoCAD(075)

ББК 38.48с

Копирование и использование материалов допускается при условии указания источника:
© В. Ю. Васильев, А. С. Соловской, ООО «Нанософт разработка», 2026

© В. Ю. Васильев, А. С. Соловской,
ООО «Нанософт разработка», 2026

© Оформление, издание, ДМК Пресс, 2026

ISBN 978-5-93700-501-4

Оглавление

Введение	5
Глава 1. Нормативно-правовое регулирование в сфере строительства при проектировании инженерных систем	7
1.1. Обобщенная классификация нормативно-правовых актов в сфере технического регулирования	7
1.2. Анализ основных федеральных и отраслевых нормативных актов для проектирования инженерных систем	9
1.3. Основные этапы архитектурно-строительного проектирования	17
1.4. Проведение инженерных изысканий для подготовки проектной документации.....	19
1.5. Экспертиза проектной документации и результатов инженерных изысканий.....	23
Глава 2. Теоретические и практические основы проектирования систем электроснабжения 0,4 кВ	26
2.1. Нормативно-правовое регулирование проектирования систем электроснабжения.....	26
2.2. Проектирование электрических сетей и электрооборудования гражданских и промышленных объектов.....	32
2.2.1. Проектирование электрического освещения и силового электрооборудования	32
2.2.2. Проектирование системы уравнивания потенциалов в электроустановках ...	49
2.2.3. Проектирование заземляющих устройств.....	52
2.2.4. Проектирование питающих и распределительных систем	58
2.2.5. Проектирование молниезащиты.....	64
2.2.6. Выбор электрических проводов и кабелей при проектировании раздела ЭОМ.....	66
2.2.7. Выбор аппаратов защиты в электрических сетях напряжением до 1000 В	70
2.2.8. Расчет токов короткого замыкания при проектировании систем электроснабжения в сетях до 1 кВ	75
2.2.9. Проверка раздела проектной документации силового электрооборудования и внутреннего электроосвещения.....	77
2.3. Проектирование систем электроснабжения 0,4 кВ в nanoCAD BIM Электро.....	79
2.3.1. Установка программы nanoCAD	79
2.3.2. Начало работы в nanoCAD BIM Электро.....	79
2.3.3. Проектирование электрического освещения	90
2.3.4. Проектирование электрических нагрузок	94
2.3.5. Условные графические обозначения электрооборудования	100
2.3.6. Проектирование электрических сетей.....	105
2.3.7. Проектирование кабельных линий и электрических проводов	112
2.3.8. Подключение элементов электрической сети	119
2.3.9. Выбор кабелей и коммутационных аппаратов	124
2.3.10. Проектирование распределительных коробок.....	129
2.3.11. Проектирование соединительных элементов кабеленесущей системы	130
2.3.12. Проектирование заполнения кабеленесущей системы	132
2.3.13. Проверка проекта	135
2.3.14. Формирование выходной документации	138

Глава 3. Проектирование систем безопасности и принципы моделирования в nanoCAD BIM ОПС	160
3.1. Понятие охранно-пожарной сигнализации.....	160
3.2. Проектирование системы противопожарной защиты.....	163
3.2.1. Общие положения	163
3.2.2. Идентификация помещений	163
3.2.3. Состав системы противопожарной защиты	166
3.2.4. Проектирование системы противопожарной защиты при помощи nanoCAD BIM ОПС	174
3.3. Проектирование системы безопасности объекта.....	198
3.3.1. Общие положения	198
3.3.2. Состав системы охранной сигнализации и системы контроля и управления доступом	198
3.3.3. Проектирование системы охранной сигнализации и системы контроля и управления доступом.....	200
3.4. Проектирование системы видеонаблюдения	205
3.4.1. Общие сведения.....	205
3.4.2. Проектирование системы видеонаблюдения.....	207
Глава 4. Теоретические и практические основы проектирования слаботочных систем	213
4.1. Нормативно-правовое регулирование при проектировании слаботочных систем	213
4.2. Проектирование сетей связи в nanoCAD BIM СКС.....	246
Глава 5. Индивидуальные задания для проектирования инженерных систем	263
5.1. Системы электроснабжения.....	263
5.2. Системы охранно-пожарной сигнализации	269
5.3. Системы структурированных кабельных сетей.....	271
Глава 6. Вопросы для самопроверки	273
Вопросы к главе 1 «Нормативно-правовое регулирование в сфере строительства при проектировании инженерных систем»	273
Вопросы к главе 2 «Теоретические и практические основы проектирования систем электроснабжения 0,4 кВ».....	274
Вопросы к главе 3 «Нормативные требования к проектированию систем безопасности и принципы моделирования в nanoCAD BIM ОПС».....	274
Вопросы к главе «Нормативные требования к проектированию структурированных кабельных систем и принципы моделирования в nanoCAD BIM СКС».....	276
Заключение	278
Список терминов и сокращений	279
Список литературы	286

Введение

Современное архитектурно-строительное проектирование объектов капитального строительства представляет собой сложный междисциплинарный процесс, в рамках которого особое место занимает разработка инженерных систем. К их числу относятся системы электроснабжения, слаботочные системы (структурированные кабельные системы, сети связи, системы контроля и управления доступом, охранное телевидение), а также системы охранно-пожарной сигнализации. Указанные системы обеспечивают не только функциональность и комфорт эксплуатации зданий и сооружений, но и их безопасность, энергоэффективность, а в ряде случаев и возможность интеграции в единую цифровую инфраструктуру.

Проектирование инженерных систем регламентируется многоуровневой системой нормативно-правовых актов. Обязательность соблюдения нормативных требований подтверждается процедурами экспертизы проектной документации. В связи с постоянным обновлением нормативной базы, внедрением новых технологий и переходом на методы информационного моделирования (BIM/ТИМ-технологии) возникает необходимость в систематизации знаний и выработке единых подходов к проектированию инженерных систем.

Данное учебное пособие предназначено для формирования и закрепления компетенций в области проектирования систем электроснабжения напряжением 0,4 кВ, слаботочных систем и систем охранно-пожарной сигнализации с использованием современных систем автоматизированного проектирования, включая Платформы nanoCAD и специализированных модулей nanoCAD BIM Электро, nanoCAD BIM ОПС и nanoCAD BIM СКС.

В учебно-методическом пособии рассматриваются следующие ключевые аспекты при проектировании инженерных систем:

- ◆ обобщенная классификация нормативно-правовых актов в сфере технического регулирования строительной деятельности и анализ основных федеральных и отраслевых нормативных документов, регламентирующих проектирование инженерных систем;
- ◆ теоретические и практические основы проектирования электрических сетей 0,4 кВ, включая расчет освещения, выбор оборудования, проектирование систем уравнивания потенциалов, заземляющих устройств, молниезащиты;
- ◆ принципы проектирования систем охранно-пожарной сигнализации с учетом классификации объектов по пожарной опасности, требований к пожарным извещателям, приемно-контрольным приборам, системам оповещения и управления эвакуацией;
- ◆ нормативно-правовое регулирование и практические аспекты проектирования слаботочных систем, включая структурированные кабельные системы, сети связи, системы контроля и управления доступом, охранное телевидение, диспетчеризацию;

- ◆ практические основы проектирования инженерных систем в nanoCAD BIM Электро, nanoCAD BIM ОПС и nanoCAD BIM СКС, начиная от создания проекта и до формирования выходной документации.

DWG-файлы типовых и нетиповых этажей жилого комплекса, а также CSW-файлы с разбором проектирования в программных продуктах nanoCAD можно скачать по ссылке или навести камеру на QR-код.

Учебное пособие предназначено для обучающихся по программам высшего образования по направлениям подготовки 13.03.02 и 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», 09.03.01 и 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», 10.03.01 «Информационная безопасность», 20.03.01 «Техносферная безопасность» при изучении специальных дисциплин для систематизации теоретических знаний и развития практических навыков в области проектирования инженерной инфраструктуры, а также может быть рекомендовано проектным, экспертным и монтажным организациям.



Электронное
приложение
к учебному
пособию

ГЛАВА 1

Нормативно-правовое регулирование в сфере строительства при проектировании инженерных систем

1.1. Обобщенная классификация нормативно-правовых актов в сфере технического регулирования

Современные здания и сооружения на этапах архитектурно-строительного проектирования, строительства, капитального ремонта, реконструкции, эксплуатации представляют собой технические объекты, функциональность и безопасность которых обеспечиваются комплексом взаимосвязанных инженерных систем. Эволюция инженерных систем характеризуется переходом от автономных, решающих локальные задачи подсистем к интегрированным, энергоэффективным и интеллектуальным комплексам. Современный уровень развития технологий, включая применение возобновляемых источников энергии, систем рекуперации, технологий «умного здания» и принципов киберфизической интеграции, предъявляет новые требования к проектированию, основанному на междисциплинарном подходе и системном анализе.

Ключевым этапом жизненного цикла объекта является проектирование, в процессе которого определяются основные технико-экономические и эксплуатационные характеристики систем. При этом процесс инженерного обеспечения строительства при реконструкции и ремонте действующих, а также при создании новых зданий и сооружений является одним из этапов архитектурно-строительного проектирования.

Проектирование инженерных систем осуществляется на любом из видов строительных работ, однако при строительстве и реконструкции предъявляются по-

вышенные требования к соблюдению нормативно-правовых стандартов. Проекты инженерных систем служат для обеспечения не только бесперебойной, безопасной и энергоэффективной работы объектов различного назначения, но в ряде случаев и для обеспечения безопасности людей. Проектная документация должна соответствовать требованиям федеральных законов, технических регламентов, постановлений Правительства, Государственных стандартов (ГОСТ) и сводов правил, а проверка соответствия проектов производится путем прохождения экспертизы и получения положительного заключения [1–2].

Правовые акты в строительной сфере представляют собой официальные документы, издаваемые компетентными государственными органами или должностными лицами, регулирующие общественные отношения, связанные с проектированием, строительством и эксплуатацией объектов недвижимости. Ключевое назначение правовых актов заключается в установлении обязательных правил поведения для участников строительной деятельности – от государственных органов до юридических и физических лиц. Главным признаком правового акта является его нормативность, способность устанавливать общие правила, имеющие обязательный характер для неограниченного круга лиц в определенной сфере. В строительстве нормативные правовые акты могут регулировать вопросы безопасности, энергоэффективности, проектирования, сметного нормирования, эксплуатации и содержания объектов [1–3].

Другим важным признаком правовых актов в строительной сфере является их официальная публикация и доступность, что и обеспечивает прозрачность и предсказуемость регулирования, а также способствует формированию единой правоприменительной практики и минимизации коррупционных рисков.

Существенным признаком правовых актов является их предметная направленность. В строительной сфере акты охватывают широкий спектр вопросов, включая технические нормы и стандарты (например, правила безопасности зданий и сооружений), организационные процедуры (порядок проведения экспертизы проектной документации, лицензирования деятельности), а также вопросы эксплуатации, содержания и модернизации объектов.

Классификация правовых актов в строительстве базируется на их юридической силе, сфере действия и функциональном назначении. Значимой особенностью правовых актов в строительстве является их иерархичность и системность. В иерархии нормативных документов особое место занимают законы, подзаконные акты и технические регламенты, каждый из которых обладает своими уникальными чертами и принципами действия, представляющие нормативные правовые акты высшей юридической силы, принимаемые федеральными законодательными органами. Например, Градостроительный кодекс Российской Федерации определяет основы регулирования строительной деятельности, устанавливает права и обязанности участников, а также закрепляет базовые требования к безопасности и качеству объектов [1].

Подзаконные акты занимают вторую ступень в системе нормативного регулирования, к которой относят указы Президента Российской Федерации, постановления Правительства РФ, приказы и инструкции федеральных министерств и ведомств. Данные документы принимаются во исполнение законов и конкретизируют их положения, устанавливают детализированные правила и процедуры для реализации законодательных норм. Например, порядок про-

ведения экспертизы проектной документации, требования к содержанию технических паспортов или правила лицензирования строительной деятельности определяются именно подзаконными актами.

Существенное отличие подзаконных актов заключается в их производном характере, поскольку акты не противоречат законам, а их действие ограничено рамками, установленными законодательством. В строительной сфере подзаконные акты позволяют реагировать на изменения в практике, научно-техническом прогрессе и региональных особенностях, оставаясь в пределах федеральных законов, что и характеризует их как важнейший инструмент оперативного правового регулирования, однако требует тщательного контроля за соблюдением иерархии нормативных документов.

Технические регламенты представляют собой особую категорию нормативных правовых актов, устанавливающих обязательные требования к безопасности зданий, сооружений, строительных материалов и технологий. В структуре отечественных нормативных документов выделяют технические регламенты Евразийского экономического союза и национальные технические регламенты, определяющие общие и специализированные требования. Главной задачей технических регламентов является обеспечение безопасности и энергоэффективности объектов строительства. Данный нормативный документ содержит конкретные параметры, методы испытаний, критерии соответствия, а также процедуры оценки соответствия продукции установленным нормам. Например, технический регламент о безопасности зданий и сооружений детально регулирует вопросы прочности, устойчивости конструкций, противопожарной защиты и санитарно-гигиенических требований [2–3].

Важным аспектом классификации правовых актов является их взаимосвязь и соподчиненность. Законы определяют базовые принципы и рамки регулирования, подзаконные акты – способы и процедуры реализации указанных принципов, а технические регламенты определяют конкретные требования к объектам и процессам. Необходимо отметить, что на уровне субъектов Российской Федерации и муниципалитетов также принимаются собственные нормативные правовые акты, детализирующие и развивающие федеральные нормы с учетом местной специфики.

Локальные нормативные акты, принимаемые организациями, относятся к специфической разновидности подзаконных актов, регулирующих внутренние отношения, например вопросы охраны труда, эксплуатации оборудования, внутреннего контроля качества. При этом локальные акты не могут ухудшать положение работников или нарушать требования федеральных и региональных нормативных документов.

1.2. Анализ основных федеральных и отраслевых нормативных актов для проектирования инженерных систем

Во главе законодательства по градостроительной деятельности находится Градостроительный кодекс (ГК) Российской Федерации (Федеральный закон

Статья 49 ГрК РФ устанавливает перечень проектной документации, подлежащей экспертизе. Состав разделов такой проектной документации и требования к их содержанию регламентируются Постановлением Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 (далее – Постановление № 87) [6]. Объекты капитального строительства, для которых составляется проектная документация, в соответствии со своим функциональным назначением подразделяются на объекты производственного назначения, объекты непроизводственного назначения и линейные объекты. К объектам производственного назначения относятся здания, строения, сооружения производственного назначения, в том числе объекты обороны и безопасности, за исключением линейных объектов. В перечень объектов непроизводственного назначения входят здания, строения, сооружения жилищного фонда, социально-культурного и коммунально-бытового назначения и другие объекты капитального строительства непроизводственного назначения. К линейным объектам относятся трубопроводы, автомобильные и железнодорожные дороги, линии электропередач и т. д. Классификация объектов капитального строительства по функциональному назначению приведена на рис. 1.2 [6].



Рис. 1.2. Классификация объектов капитального строительства

В соответствии с Постановлением № 87 проектная документация включает в себя текстовую и графическую части, содержащие материалы в текстовой и графической формах и (или) в форме информационной модели. Текстовая часть содержит описание сведения об объекте, на территории которого планируется размещение проектируемых систем, описание принятых решений, пояснения, ссылки на нормативные и (или) технические документы и т. д.

Графическая часть содержит принятые решения и выполняется в виде чертежей, схем, планов и других документов в графической форме.

Всего в состав проектной документации объектов капитального строительства входит 13 разделов. Проектирование силовых и слаботочных систем выполняется в рамках раздела 5 «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах инженерно-технического обеспечения», за исключением систем противопожарной защиты, выполняемой не только в рамках указанного раздела, но и в рамках раздела 9 «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности».

Описание состава проекта силовых сетей электроснабжения содержится в подразделе «Система электроснабжения» раздела 5. Текстовая часть содержит следующую информацию [6]:

- ◆ характеристику источников электроснабжения в соответствии с техническими условиями на подключение объекта капитального строительства к сетям электроснабжения общего пользования;
- ◆ обоснование принятой схемы электроснабжения, выбора конструктивных и инженерно-технических решений;
- ◆ сведения о количестве энергопринимающих устройств и их установленной, расчетной и максимальной мощностях;
- ◆ требования к надежности электроснабжения и качеству электроэнергии;
- ◆ описание решений по обеспечению электроэнергией электроприемников в соответствии с установленной классификацией в рабочем и аварийном режимах;
- ◆ описание проектных решений по компенсации реактивной мощности;
- ◆ проектные решения по релейной защите и автоматике, включая противоаварийную и режимную автоматику;
- ◆ перечень мероприятий по обеспечению соблюдения установленных требований энергетической эффективности к устройствам, технологиям и материалам, используемым в системе электроснабжения, позволяющих исключить нерациональный расход электрической энергии, и по учету расхода электрической энергии, если такие требования предусмотрены в задании на проектирование;
- ◆ сведения о мощности сетевых и трансформаторных объектов;
- ◆ решения по организации масляного и ремонтного хозяйства – для объектов производственного назначения;
- ◆ перечень мероприятий по заземлению (занулению) и молниезащите;
- ◆ сведения о типе, классе проводов и осветительной арматуры, которые подлежат применению при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объекта капитального строительства;
- ◆ описание системы рабочего и аварийного освещения;
- ◆ описание дополнительных и резервных источников электроэнергии, в том числе наличие устройств автоматического включения резерва (с указанием одностороннего или двустороннего его действия);
- ◆ перечень мероприятий по резервированию электроэнергии.

В графической части подраздела «Система электроснабжения» содержатся [6]:

- ◆ принципиальные схемы электроснабжения электроприемников от основного, дополнительного и резервного источников электроснабжения;
- ◆ принципиальные схемы сети освещения, в том числе промышленной площадки и транспортных коммуникаций, – для объектов производственного назначения;
- ◆ принципиальные схемы сети освещения – для объектов непроизводственного назначения;
- ◆ принципиальные схемы сети аварийного освещения;
- ◆ схемы заземлений (занулений) и молниезащиты;

- ◆ план сетей электроснабжения;
- ◆ схемы размещения электрооборудования (при необходимости) и приборов учета используемых энергетических ресурсов.

Описание состава проекта слаботочных систем содержится в подразделе «Сети связи» раздела 5. Текстовая часть содержит следующую информацию [6]:

- ◆ сведения о емкости присоединяемой сети связи объекта капитального строительства к сети связи общего пользования;
- ◆ характеристику проектируемых сооружений и линий связи, в том числе линейно-кабельных, – для объектов производственного назначения;
- ◆ характеристику состава и структуры сооружений и линий связи;
- ◆ обоснование способа, с помощью которого устанавливаются соединения сетей связи (на местном, внутризональном и междугородном уровнях);
- ◆ местоположения точек присоединения и технические параметры в точках присоединения сетей связи;
- ◆ обоснование способов учета трафика;
- ◆ перечень мероприятий по обеспечению взаимодействия систем управления и технической эксплуатации, в том числе обоснование способа организации взаимодействия между центрами управления присоединяемой сети связи и сети связи общего пользования, взаимодействия систем синхронизации;
- ◆ перечень мероприятий по обеспечению устойчивого функционирования сетей связи, в том числе в чрезвычайных ситуациях;
- ◆ описание технических решений по защите информации (при необходимости);
- ◆ характеристику и обоснование принятых технических решений в отношении технологических сетей связи, предназначенных для обеспечения производственной деятельности на объекте капитального строительства, управления технологическими процессами производства (систему внутренней связи, часофикацию, радиофикацию (включая локальные системы оповещения в районах размещения потенциально опасных объектов), системы телевизионного мониторинга технологических процессов и охранного теленаблюдения), – для объектов производственного назначения;
- ◆ описание системы внутренней связи, часофикации, радиофикации, телевидения – для объектов непромышленного назначения;
- ◆ обоснование применяемого коммутационного оборудования, позволяющего производить учет исходящего трафика на всех уровнях присоединения;
- ◆ характеристику принятой локальной вычислительной сети (при наличии) – для объектов производственного назначения;
- ◆ обоснование выбранной трассы линии связи к установленной техническими условиями точке присоединения, в том числе воздушных и подземных участков.

Графическая часть подраздела «Сети связи» включает следующие схемы и чертежи [6]:

- ◆ принципиальные схемы сетей связи, локальных вычислительных сетей (при наличии) и иных слаботочных сетей на объекте капитального строительства;
- ◆ планы размещения оконечного оборудования, иных технических, радио-электронных средств и высокочастотных устройств (при наличии);
- ◆ план сетей связи;
- ◆ схемы тактовой сетевой синхронизации, связанные со схемой тактовой сетевой синхронизации сети общего пользования, – для сетей связи, присоединяемых к сети связи общего пользования и использующих цифровую технику коммутации и передачи информации.

Как отмечено ранее, проектирование систем противопожарной защиты может осуществляться не только в рамках подраздела «Сети связи» раздела 5 «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах инженерно-технического обеспечения», но и в рамках раздела 9 «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности». Здесь, согласно Постановлению № 87, в текстовой части приводится следующая информация [6]:

- ◆ описание системы обеспечения пожарной безопасности объекта капитального строительства;
- ◆ обоснование противопожарных расстояний между зданиями, сооружениями и наружными установками, обеспечивающих пожарную безопасность объектов капитального строительства;
- ◆ описание и обоснование проектных решений по наружному противопожарному водоснабжению, по определению проездов и подъездов для пожарной техники;
- ◆ описание и обоснование принятых конструктивных и объемно-планировочных решений, степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности строительных конструкций;
- ◆ описание и обоснование проектных решений по обеспечению безопасности людей при возникновении пожара;
- ◆ перечень мероприятий по обеспечению безопасности подразделений пожарной охраны при ликвидации пожара;
- ◆ сведения о категории зданий, сооружений, помещений, оборудования и наружных установок по признаку взрывопожарной и пожарной опасности;
- ◆ перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и оборудованию автоматической пожарной сигнализацией;
- ◆ описание и обоснование противопожарной защиты (автоматических установок пожаротушения, пожарной сигнализации, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, внутреннего противопожарного водопровода, противодымной защиты);
- ◆ описание и обоснование необходимости размещения оборудования противопожарной защиты, управления таким оборудованием, взаимодей-

ствия такого оборудования с инженерными системами зданий и оборудованием, работа которого во время пожара направлена на обеспечение безопасной эвакуации людей, тушение пожара и ограничение его развития, а также алгоритма работы технических систем (средств) противопожарной защиты (при наличии);

- ◆ описание организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объекта капитального строительства;
- ◆ расчет пожарных рисков угрозы жизни и здоровью людей и уничтожения имущества (при выполнении обязательных требований пожарной безопасности, установленных техническими регламентами, и выполнении в добровольном порядке требований нормативных документов по пожарной безопасности расчет пожарных рисков не требуется).

Графическая часть проекта противопожарной защиты содержит в себе следующие чертежи и схемы [6]:

- ◆ ситуационный план организации земельного участка, предоставленного для размещения объекта капитального строительства, с указанием въезда (выезда) на территорию и путей подъезда к объектам пожарной техники, мест размещения и емкости пожарных резервуаров (при их наличии), схем прокладки наружного противопожарного водопровода, мест размещения пожарных гидрантов и мест размещения насосных станций;
- ◆ схемы эвакуации людей и материальных средств из зданий (сооружений) и с прилегающей к зданиям (сооружениям) территории в случае возникновения пожара;
- ◆ структурные схемы технических систем (средств) противопожарной защиты (автоматических установок пожаротушения, автоматической пожарной сигнализации, внутреннего противопожарного водопровода).

С целью обеспечения безопасности зданий и сооружений на всех этапах их жизненного цикла принят Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 № 384-ФЗ (далее – ФЗ № 384) [7]. Объектом регулирования являются здания и сооружения любого назначения, а также процессы, связанные со всеми этапами жизненного цикла здания или сооружения, от инженерных изысканий до утилизации объекта строительства. Дополнительные требования безопасности для зданий и сооружений могут устанавливаться и другими техническими регламентами, однако данные регламенты не должны противоречить Федеральному закону № 384-ФЗ.

Данный нормативно-правовой акт устанавливает требования к зданиям и сооружениям, среди которых требования к [7]:

- ◆ пожарной безопасности;
- ◆ энергетической эффективности зданий и сооружений;
- ◆ обеспечению освещения и др.

Кроме того, в ФЗ № 384 производится деление зданий и сооружений в соответствии со следующими критериями [7]:

- ◆ назначение;

- ◆ принадлежность к объектам транспортной инфраструктуры и к другим объектам, функционально-технологические особенности которых влияют на их безопасность;
- ◆ принадлежность к опасным производственным объектам;
- ◆ возможность опасных природных процессов и явлений и техногенных воздействий на территории, на которой будут осуществляться строительство, реконструкция и эксплуатация здания или сооружения;
- ◆ пожарная и взрывопожарная опасность;
- ◆ наличие помещений с постоянным пребыванием людей;
- ◆ уровень ответственности.

В соответствии с критериями, обозначенными в пунктах 1 и 2, идентификация зданий производится в соответствии с законодательством РФ. Согласно критерию 3, здания и сооружения идентифицируются в соответствии с районированием территории Российской Федерации по уровню опасности природных процессов и явлений. Классификация зданий по принадлежности к опасным производственным объектам и пожарной и взрывопожарной опасности производится в соответствии с нормативно-правовыми актами, регламентирующими соответствующие отрасли. В соответствии с критерием «наличие помещений с постоянным пребыванием людей» здания и сооружения идентифицируются в соответствии с требованиями застройщика (заказчика). Также выделяют здания с повышенным (*здания и сооружения, отнесенные в соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации к особо опасным, технически сложным или уникальным объектам*), нормальным (*все здания и сооружения, за исключением зданий и сооружений повышенного и пониженного уровней ответственности*) и пониженным (*здания и сооружения временного (сезонного) назначения; вспомогательного использования, связанные с осуществлением строительства или реконструкции здания или сооружения либо расположенные на земельных участках, предоставленных для индивидуального жилищного строительства*) уровнем ответственности.

Перечень требований к результатам инженерных изысканий и проектной документации в целях обеспечения безопасности зданий и сооружений представлен на рис. 1.3 [7].

Общие требования к результатам инженерных изысканий и проектной документации устанавливаются в статье 15 ФЗ № 384 [7], согласно которой результаты инженерных изысканий должны быть достоверными и достаточными для установления значений проектных характеристик здания или сооружения, а проектная документация должна отражать мероприятия, способствующие обеспечению безопасности зданий и сооружений на всех этапах их жизненного цикла. Требования к обеспечению безопасности зданий и сооружений, применяемые при проектировании объектов в рамках конкретных разделов проектной документации, будут приведены более подробно при описании процесса их составления.

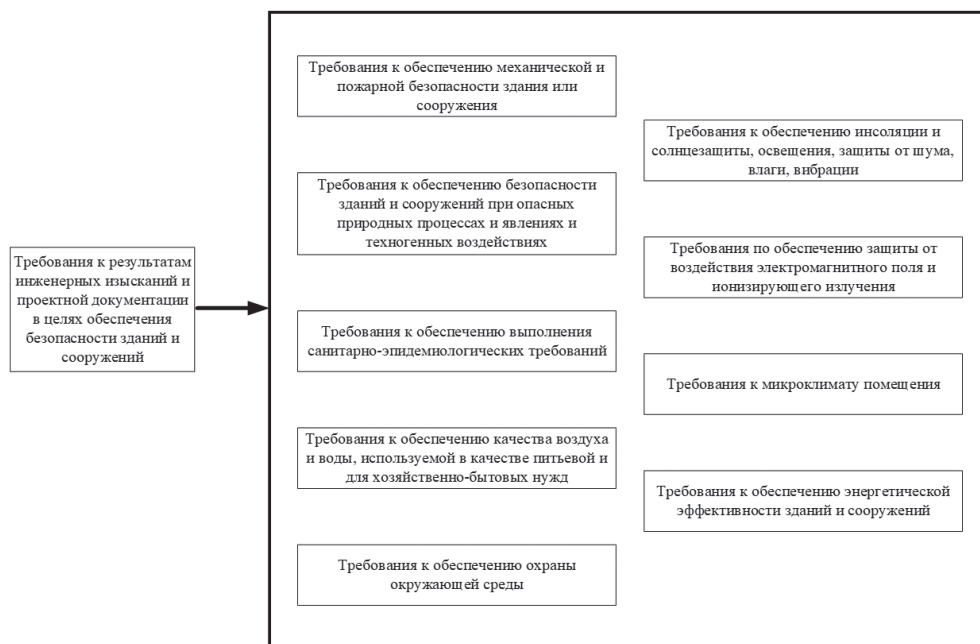


Рис. 1.3. Требования к результатам инженерных изысканий и проектной документации

1.3. Основные этапы архитектурно-строительного проектирования

Жизненный цикл любой системы безопасности можно представить в виде взаимосвязанных этапов на основании ГОСТ р 56936–2016 «Этапы жизненного цикла систем» (Приказ Росстандарта № 448-СТ от 31.05.2016), представленных на рис. 1.4 [8].

К первому этапу жизненного цикла систем относят проведение инженерных изысканий для разработки проектной документации, системы сбора исходных данных для составления заданий на проектирование. Данный этап предполагает формирование или сбор исходных данных из общего объема информации для разработки проектной документации, включая выборку необходимых данных из общего объема, архитектурно-планировочных и технологических проектных решений, обследование объекта, анализ ранее разработанной проектной документации, изучение существующих систем и сбор иных данных, необходимых для разработки проектной документации, анализ ранее составленных актов проверки и предписаний надзорных органов.

Дополнительно к инженерным изысканиям относятся определение достаточности существующей нормативно-правовой базы, составление технического отчета по итогам инженерных изысканий для разработки проектной документации, предпроектное обследование объекта и составление технического отчета.



Рис. 1.4. Жизненный цикл инженерных систем

Разработка заданий на проектирование относится ко второму этапу жизненного цикла. Данный этап включает в себя следующее [8]:

- ◆ формирование или сбор исходных данных для построения системы;
- ◆ составление перечня документов, образующих нормативно-правовую базу для построения конкретной системы;
- ◆ формулирование назначения системы, цели ее создания и решаемых задач;
- ◆ формирование перечня потенциальных внешних и внутренних угроз и вероятных причин их возникновения;
- ◆ формулирование особых условий назначения, строительства, реконструкции и последующей эксплуатации объекта или его систем;
- ◆ формулирование требований к сметной документации;
- ◆ согласование и утверждение задания на проектирование.

На третьем этапе жизненного цикла необходимо выявить основные особенности проектирования инженерных систем. Данный этап включает [8]:

- ◆ изучение и анализ задания на проектирование и исходных данных;
- ◆ комплексный анализ генерального плана, архитектурно-проектных решений, технологических процессов, особенностей оборудования, а также других рисков и угроз для персонала, технологических процессов, зданий, сооружений, оборудования и установок;
- ◆ проведение необходимых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, если это предусмотрено заданием на проектирование и договором на проектирование;
- ◆ разработку концепции систем, призванных обеспечить защиту людей, персонала, посетителей, материальных ценностей, окружающей среды.

После выбора определенного варианта исполнения проектного решения производится разработка и согласование основных технических решений в соответствии и в объеме согласно стандарту организации технического заказчика. После этого происходит разработка проектной документации в объеме, установленном нормативными и техническими документами, заданием на проектирование и уже достаточном для предоставления документации на государственную экспертизу.

К последующим этапам жизненного цикла инженерных систем соответственно относятся [8]: строительно-монтажные работы, работы по наладке электрооборудования, опытная эксплуатация, комплексное апробирование, ввод в эксплуатацию, а при необходимости проводится авторский надзор, эксплуатация, техническое обслуживание, текущий ремонт системы, а также вывод из эксплуатации, демонтаж и утилизация системы безопасности.

Авторский надзор предполагает осуществление контроля за соответствием производимых работ проектным решениям, которые заложены в проекте, требованиям стандартов, норм и правил, а также технической документации при установке оборудования, приборов и всех иных технических средств, которые входят в запроектированные системы, в процессе выполнения монтажных работ, пусконаладочных работ и ввода в эксплуатацию. Данный этап работ подразумевает надзор проектной организации-изготовителя за выполнением монтажных, пусконаладочных работ, испытаниями и вводом в эксплуатацию.

1.4. Проведение инженерных изысканий для подготовки проектной документации

Порядок разработки, согласования и утверждения проектной документации в строительстве представляет собой многоступенчатый процесс. На первом этапе подготовка проектной документации осуществляется на основании задания застройщика или технического заказчика, а также исходных данных, включающих градостроительный план земельного участка (ГПЗУ), результаты инженерных изысканий и требования технических регламентов. Архитектурно-строительному проектированию предшествует этап проектно-изыска-

тельских работ, а перед этим процедура получения градостроительного плана земельного участка (ГПЗУ). В градостроительном плане содержится информация, необходимая для архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции объектов в границах земельного участка.

Градостроительный план земельного участка представляет собой документ по планировке территории для земельных участков под строительство, который содержит сведения, необходимые для проектирования и строительства, срок действия которого составляет 3 года [1–3].

Следующим этапом после получения градостроительного плана следует этап проектно-изыскательских работ (инженерное изыскание). Инженерные изыскания на разные виды проектной деятельности отличаются необходимостью проведения конкретных работ. Например, для проектирования фундамента здания необходимо произвести геологические изыскания, обследование грунтов, а для проектирования систем электроснабжения следует проводить обследование особенностей отделки помещений, строительных конструкций, существующих на объекте инженерных систем, а также условий функционирования объекта. На основании результатов проектно-изыскательских работ подготавливается технический отчет, после которого начинается этап архитектурно-строительного проектирования, для которого одним из документов основания служит как раз результат обследования, содержащийся в техническом отчете.

На этапе монтажных работ предъявляются требования, определенные нормативно-правовыми актами не только к инженерным системам, но также и к организациям, которые проектируют данные системы. Одним из документов, подтверждающим право организации проводить проектные работы, является выписка реестра членов саморегулируемой организации (СРО). Данный документ дает право организации на законных основаниях вести деятельность на проектном рынке. Для случаев, если договор на проектирование организации заключается застройщиком, техническим заказчиком, лицом, ответственным за эксплуатацию здания, региональным оператором, или при участии в госзакупках, обязательно необходимо наличие у проектной организации допуска СРО.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 05.03.2007 № 145 «О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий» (ред. от 28.04.2026) [9] одним из документов, подающихся на экспертизу, является допуск СРО. Выполнение работ по таким договорам обеспечивают специалисты по организации архитектурно-строительного проектирования – главный архитектор проекта и главный инженер проекта (ГИП). Указанные должностные лица имеют право подписывать документы, подтверждающие соответствие проектной документации действующим нормам.

В соответствии с Градостроительным кодексом РФ членами СРО могут быть исключительно юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие подготовку проектной документации или связанные с инженерными изысканиями. СРО предъявляет к кандидатам конкретные квалификационные требования.

Важным требованием является наличие в штате организации главного инженера проекта, отвечающего за организацию всего проектного процесса и координацию работы проектной группы. ГИП должен иметь подтвержденную квалификацию, стаж работы и опыт руководства аналогичными проектами, что проверяется как внутренними процедурами СРО, так и посредством внешней экспертизы. Членство в СРО предполагает не только формальное соответствие кадровым критериям, но и постоянное повышение квалификации сотрудников, что отражается в системе внутреннего обучения и аттестации [9].

Главный инженер проекта занимает центральное место в системе саморегулирования проектной деятельности, выступая связующим звеном между требованиями нормативных документов, внутренними стандартами организации и практическими задачами подготовки проектной документации. Роль данного специалиста заключается в обеспечении целостности и качества проектных решений, их соответствия техническим регламентам, стандартам безопасности и внутренним регламентам СРО [9].

К ключевым обязанностям главного инженера проекта относятся разработка и утверждение технических заданий, организация работы проектной группы, обеспечение взаимодействия между всеми участниками процесса, а также контроль соблюдения сроков и качества выполнения работ. Кроме того, ГИП обеспечивает внедрение современных технологий проектирования, применение актуальных стандартов и требований к энергоэффективности и безопасности. Особое место в деятельности главного инженера занимает организация процедур внутреннего контроля качества, включая проведение альтернативных расчетов, сравнительный анализ проектных решений и документальное оформление результатов проверки.

Задание на проектирование содержит необходимые сведения об объекте строительства, разрабатываемых системах. Помимо самого задания, в приложении к этому документу могут находиться смежные разделы. Например, архитектура или отопление, вентиляция, водоснабжение и канализация. Основные сведения, указываемые в задании на проектирование, представлены на рис. 1.5 [9].

При проектировании инженерных систем в большей степени используются результаты инженерных исследований или задания на их выполнение, поскольку обследование для проектирования в необходимом объеме и качестве может произвести инженер, обладающий представлением о конкретных данных, необходимых для разработки систем. К таким данным относятся сведения о типе перекрытий, температуре эксплуатации, категории помещений, технологических процессах.

В процессе подготовки проектной документации в системе саморегулирования выделяются типовые профессиональные ситуации, приводящие к возникновению ошибок, дефектов и несоответствий. К числу характерных случаев относится неполнота комплекта проектной документации, когда из-за недостаточного контроля или ошибочной интерпретации требований не включаются обязательные разделы: например, отсутствуют паспорт объекта, разделы по эксплуатации или обоснование безопасности.



Рис. 1.5. Задание на проектирование

Важной категорией типовых ошибок являются нарушения требований к структуре и содержанию сметной документации. Примером служит использование устаревших нормативов, некорректное применение методов определения сметной стоимости, отсутствие прозрачности исходных данных или игнорирование критериев экономической эффективности. Подобные ошибки приводят к завышению или занижению стоимости, что в дальнейшем вызывает споры с заказчиком, задержки при согласовании и необходимость пересмотра проектных решений.

Системной ошибкой является несоблюдение требований к исходно-разрешительной документации и инженерным изысканиям. Недостаточная детализация или недостоверность исходных данных приводит к ошибкам в архитектурных, конструктивных и инженерных решениях, что может повлечь за собой необходимость внесения изменений на поздних стадиях реализации проекта [1–3].

Значительный пласт типовых ошибок связан с нарушением требований по внутренней координации и экспертизе проектных решений. Отсутствие многоступенчатого контроля, формальное проведение внутренней экспертизы внутри проектной организации или СРО приводят к пропуску критических не-

дочетов. К примеру, недостаточное внимание уделяется анализу рисков, проверке альтернативных инженерных решений и обоснованию использованных методик. В результате такие ошибки переходят на этапы внешней экспертизы, повышая вероятность отказа в согласовании или необходимости существенной доработки документации.

В настоящее время существенной проблемой при подготовке проектной документации является игнорирование современных требований к энергоэффективности, экологичности и внедрению инновационных технологий. В условиях регулярного обновления нормативной базы и появления новых стандартов (например, цифровое моделирование, BIM/ТИМ-технологии) нередко ограничиваются минимально необходимым набором решений, не учитывая перспективные требования.

Для минимизации типовых ошибок и повышения устойчивости проектной деятельности необходимы реализация системного подхода к обучению специалистов, постоянное совершенствование внутренних стандартов СРО и внедрение многоступенчатых процедур внутренней экспертизы.

1.5. Экспертиза проектной документации и результатов инженерных изысканий

Согласно статье 49 Градостроительного кодекса [4], проектная документация объектов капитального строительства и результаты инженерных изысканий, выполненные для подготовки документации, подлежат экспертизе. Дополнительно экспертизу должна проходить сметная документация в тех случаях, когда проверка достоверности ее определения определяется ГК обязательной. Под экспертизой подразумевается оценка соответствия проектной документации требованиям законодательства, строительным нормам, правилам, стандартам, федеральным законам, техническим регламентам, в результате чего объект строительства получает заключение государственной экспертизы. При этом разрешение на строительство выдается в случае осуществления строительства либо реконструкции.

Предметом экспертизы проектной документации является оценка соответствия ее требованиям технических регламентов, требованиям в области охраны окружающей среды, государственной охраны объектов культурного наследия, безопасному использованию атомной энергии, промышленной безопасности, безопасности электроэнергетических систем и объектов, а также антитеррористической защищенности и соответствия социально-эпидемиологическим требованиям.

Согласно статье 49 ГК [4], проектная документация может быть направлена техническим заказчиком в государственный или негосударственный экспертный орган. Государственная экспертиза проводится для объектов железнодорожного и воздушного транспорта, особо опасных, технически сложных и уникальных объектов, а также для объектов, финансируемых из бюджетных средств. При этом для других объектов технический заказчик самостоятельно определяет тип экспертного органа. Государственная экспертиза проводится главами

государственных экспертиз и ее филиалами в регионах, а негосударственную экспертизу могут проводить любые коммерческие организации, которые имеют аккредитацию на данный вид деятельности.

Порядок организации проведения государственной экспертизы, проектной документации и результатов инженерных изысканий регламентируется Постановлением Правительства РФ от 05.03.2007 № 145 «О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий» [9]. Для проведения государственной экспертизы предоставляются следующие документы [9]:

- ◆ заявление заказчика-застройщика о проведении государственной экспертизы;
- ◆ проектная документация;
- ◆ ведомости объемов работ;
- ◆ задания на проектирование;
- ◆ результаты инженерных изысканий либо задания на выполнение инженерных изысканий, если производились инженерные изыскания;
- ◆ при проведении экспертизы – положительное заключение государственной экологической экспертизы;
- ◆ выписка из реестра членов СРО или, обязательно, обоснование в отсутствии такой необходимости;
- ◆ сведения о решении по разработке и применению индивидуальных сметных нормативов;
- ◆ обоснование безопасности опасного производственного объекта соответственным приложением положительного заключения экспертизы промышленной безопасности;
- ◆ документы, которые подтверждают полномочия заявителя действовать от имени технического застройщика.

В случае повторного прохождения экспертизы подается документация, которая подвергалась изменению.

Экспертиза предполагает процесс проверки соответствия решений требованиям технических регламентов. Эксперт проверяет проектную документацию и результаты инженерных изысканий на соответствие требованиям нормативных документов, заданиям проектирования, техническим условиям, результатам инженерных изысканий. Максимальный срок, который отводится на проведение экспертизы, – 60 дней. Выявленные несоответствия фиксируются и направляются экспертом обратно заявителю для исправления в срок не более 10 дней.

В ряде случаев после получения положительного заключения экспертизы возникает необходимость внести изменения в принятые проектные решения. Например, в проекте было заложено одно оборудование, но к моменту выполнения технический заказчик определил необходимость выполнения инженерной системы на оборудовании другого производителя. Для данного случая, согласно статье 49 ГК (часть 3.8) [4], повторное прохождение экспертизы не требуется, поскольку внесенные изменения не затрагивают несущие строительные

конструкции, не приводят к нарушениям требований технических регламентов и иных нормативных документов, соответствуют заданию застройщика или технического заказчика на проектирование, а также результаты инженерных изысканий соответствуют установленной стоимости строительства.

Дополнительно необходимость повторного получения положительного заключения экспертизы регламентируется Гражданским кодексом (статья 744) Российской Федерации [4]. Статья устанавливает право техническим заказчиком изменения в техническую документацию самостоятельно для случаев, если вызываемые дополнительные работы по стоимости не превышают 10 % указанной в смете общей стоимости строительства, а также не меняют характера предусмотренных работ в договоре строительного подряда.

При изменении утвержденной документации корректность внесенных в проект изменений требованиям проверяет главный инженер проекта, после которого выдается соответствующее подтверждение заказчику, утвержденное статьей 51 Градостроительного кодекса. После этого технический заказчик утверждает внесенные в проект изменения, либо проверка соответствия может происходить в форме экспертного сопровождения (статья 48 ГК) [4].

Результаты экспертизы оформляются в виде заключения, которое содержит вывод о соответствии или несоответствии проектной документации установленным требованиям. В случае получения отрицательного заключения проектировщик обязан устранить выявленные недостатки и повторно представить документацию на рассмотрение. Положительное заключение экспертизы является обязательным основанием для дальнейшего согласования и утверждения проекта. Кроме того, законодательство предусматривает возможность обжалования заключения экспертизы.

После получения положительного заключения экспертизы начинается этап согласования проектной документации с органами государственной власти и местного самоуправления. На этом этапе осуществляется проверка соответствия проекта территориальному планированию, правилам землепользования и застройки. Особое внимание уделяется вопросам обеспечения инженерной и транспортной инфраструктуры, требованиям к благоустройству, а также соблюдению санитарных, противопожарных и экологических норм.

После завершения необходимых согласований проектная документация представляется на утверждение уполномоченному органу. Утверждение проектной документации подтверждает ее соответствие установленным требованиям и позволяет застройщику приступить к получению разрешения на строительство. Процедура утверждения включает проверку полноты и достоверности представленных материалов, а также соответствия проектных решений действующим нормативным актам и техническим регламентам.

ГЛАВА 2

Теоретические и практические основы проектирования систем электроснабжения 0,4 кВ

2.1. Нормативно-правовое регулирование проектирования систем электроснабжения

Проектирование систем электроснабжения напряжением 0,4 кВ представляет собой комплексную инженерную задачу, решение которой должно осуществляться в соответствии с действующими нормативно-правовыми требованиями. Данный класс напряжения (220/380 В или 230/400 В) является наиболее распространенным в сфере распределения электроэнергии среди потребителей жилых, общественных, административных и промышленных объектов [10–11].

Нормативно-правовая база, регламентирующая проектирование, монтаж и эксплуатацию систем электроснабжения, представляет собой иерархическую систему. На верхнем уровне нормативной иерархии находятся федеральные законы, устанавливающие общие принципы технического регулирования и требования безопасности:

- ◆ Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании», устанавливающий правовые основы стандартизации и подтверждения соответствия продукции, в том числе электротехнического оборудования [5];
- ◆ Федеральный закон от 27.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», который определяет требования пожарной безопасности к электроустановкам зданий и сооружений, включая выбор кабельной продукции по показателям пожарной опасности, требования к устройству систем противопожарной защиты и эвакуации [12].

Фундаментальным документом в области проектирования электроустановок являются Правила устройства электроустановок (ПУЭ, 7-е издание) [13], которые действуют на вновь сооружаемые и реконструируемые электроустановки постоянного и переменного тока напряжением до 750 кВ. При проектировании сетей 0,4 кВ наиболее значимыми являются следующие главы [13]:

- ◆ глава 1.2 «Электроснабжение и электрические сети», устанавливающая общие требования к системам электроснабжения, категориям надежности электроприемников, резервированию питания и качеству электроэнергии;
- ◆ глава 1.7 «Заземление и защитные меры электробезопасности», которая распространяется на электроустановки напряжением до 1 кВ и выше, а также содержит общие требования к заземлению и защите людей от поражения электрическим током как в нормальном режиме, так и при повреждении изоляции;
- ◆ глава 1.8 «Нормы приемо-сдаточных испытаний» и глава 1.9 «Изоляция электроустановок», устанавливающие требования к проверке соответствия электроустановок проектным параметрам и к состоянию изоляции;
- ◆ глава 4.1 «Распределительные устройства напряжением до 1 кВ переменного тока и до 1,5 кВ постоянного тока», устанавливающая требования к распределительным устройствам, вводно-распределительным устройствам (ВРУ), щитам и пунктам, включая требования к их размещению, конструктивному исполнению, защите от внешних воздействий и маркировке;
- ◆ раздел 6 «Электрическое освещение» (главы 6.1–6.6), содержащий требования к устройству внутреннего, наружного освещения, световой рекламы, управлению освещением и осветительным приборам;
- ◆ глава 7.1 «Электроустановки жилых, общественных, административных и бытовых зданий», определяющая специфические требования к электроснабжению зданий указанных категорий, включая требования к вводам, схемам питания, выбору защитных аппаратов, сечениям проводников, устройству заземления и уравнивания потенциалов.

К другому уровню нормативной иерархии относятся своды правил, являющиеся документами в области стандартизации, применение которых обеспечивает соблюдение требований технических регламентов. В области проектирования электроустановок 0,4 кВ основополагающим является СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа» [14].

СП 256.1325800.2016 устанавливает правила проектирования и монтажа электроустановок вновь строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданий в городах и сельских населенных пунктах. Документ распространяется на электрические цепи номинальным напряжением до 1 кВ переменного тока и до 1500 В постоянного тока включительно, а также на высоковольтные цепи (более 1 кВ, но не выше 35 кВ) переменного тока [14].

Основные разделы СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа», касающиеся проектирования систем электроснабжения 0,4 кВ, представлены на рис. 2.1.1 [14].

Другим нормативным документом в области проектирования систем электроснабжения является СП 76.13330.2016 «Электротехнические устройства», устанавливающий требования к производству электромонтажных и пусконаладочных работ на объектах капитального строительства [15]. Данный документ регламентирует работы по монтажу подстанций, распределительных пунктов, ВЛ и КЛ напряжением до 220 кВ, релейной защиты, силового оборудования, систем освещения и заземляющих устройств.



Рис. 2.1.1. Разделы СП 256.1325800.2016, касающиеся проектирования систем электроснабжения

Раздел 6 «Производство электромонтажных работ» СП 76.13330.2016 содержит требования к технологии монтажа электрооборудования и сетей в виде контактных соединений, электропроводки, кабельной линии, токопровода и воздушных линий. Раздел 7 «Пусконаладочные работы» регламентирует организацию и проведение работ по наладке электрооборудования.

Свод правил СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» устанавливает нормы и требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению зданий и сооружений для обеспечения нормируемых светотехнических параметров [16]. Указанный нормативный документ устанавливает следующее [16]:

- ◆ классификацию систем – естественное, искусственное и совмещенное;
- ◆ нормируемые параметры – количественные (яркость фона) и качественные показатели (индекс цветопередачи);
- ◆ градацию по точности зрительной работы – система из 8 разрядов (1 – наивысшая точность, размер объекта $< 0,15$ мм) и 4 подразрядов (от А до Г) по контрасту и фону;
- ◆ приоритет естественного света – для постоянных помещений проектируется сначала естественное освещение, а искусственное рассматривается как альтернатива только при невозможности обеспечить;
- ◆ энергоэффективность в виде ограничения удельной мощности установленного искусственного освещения (Вт/м^2 на 100 лк) и обязательное применение регулируемых пускорегулирующих аппаратов (диммирование, датчики присутствия).

СП 6.13130.2021 «Системы противопожарной защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности» представляет собой нормативный документ, регламентирующий требования к низковольтным электроустановкам систем противопожарной защиты (СПЗ) и предназначен для применения при проектировании и монтаже вновь строящихся и реконструируемых зданий и сооружений [17]. Данный документ детализирует вопросы электроснабжения систем противопожарной защиты, затрагивая вопросы категории надежности, резервного питания и высоты установки.

СП 6.13130.2021 установлены требования, предъявляемые к кабельным линиям, которые заключаются в выполнении электропроводки СПЗ огнестойкими, не распространяющими горение кабелями с медными жилами (или аналогичными волоконно-оптическими кабелями), а также запрет совместной прокладки кабелей СПЗ с кабелями другого назначения в одном коробе, трубе или канале. Однако в ряде случаев допускается использование неогнестойких кабелей, например в безадресных линиях связи, кольцевых линиях с изоляторами короткого замыкания, цепях питания светильников аварийного освещения со встроенными аккумуляторными батареями [17].

При проектировании систем электроснабжения на стоянках автомобилей и встроенных подземных автостоянок применимы СП 113.13330.2023 «Стоянки автомобилей» [18] и СП 154.13130.2013 «Встроенные подземные автостоянки. Требования пожарной безопасности» [19]. Данными документами устанавливаются правила проектирования инженерных сетей (водоснабжение, канализация, электроснабжение), в частности их автономность для разных пожарных отсеков, а также требования к противопожарным разрывам, обеспечению проезда пожарной техники и обустройству систем аварийного освещения.

К государственному стандарту, регламентирующему проектирование систем электроснабжения, относится ГОСТ 31565–2012 «Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности» [20], устанавливающий требования пожарной безопасности для кабельных изделий, используемых при прокладке внутри зданий и сооружений (включая как жилые, так и промышленные объекты), за исключением линий, предназначенных для прокладки в земле и воде, а также маслонаполненных, обмоточных и неизолированных проводов. Документ содержит сведения о классификации по показателям пожарной опасности, а также требования пожарной безопасности кабельных изделий.

ГОСТ 28249–93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ» устанавливает расчетные методы для определения параметров коротких замыканий (КЗ) в трехфазных электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ (в т. ч. с глухозаземленной и изолированной нейтралью) [21]. Стандарт определяет порядок расчета значений короткого замыкания, результаты расчета которого являются обязательными для проверки выбранных автоматических выключателей на отключающую способность, обеспечения селективности защит, расчета заземляющих устройств на отключающую способность при однофазном КЗ, а также оценки необходимости ограничения токов КЗ (установка токоограничивающих реакторов или предохранителей).

Спецификация оборудования, изделий и материалов выполняется в соответствии с ГОСТ 21.110–2013 «Система проектной документации для строительства. Спецификация оборудования, изделий и материалов» [22]. Последовательность разделов с указанием спецификации оборудования, изделий и материалов следующая [22]:

- ◆ электрооборудование (КТП, НКУ, щиты, ящики, автоматы и т. п.);
- ◆ кабельные изделия;
- ◆ шинопроводы;
- ◆ электромонтажные устройства и изделия;
- ◆ материалы (трубы, прокат и т. п.).

Требования к разработке, составу, оформлению, комплектованию, учету и внесению изменений в проектную документацию (ПД), рабочую документацию (РД) и отчетную техническую документацию по инженерным изысканиям устанавливаются ГОСТ Р 21.101–2026 «Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации» [23].

Состав ПД определяется Градостроительным кодексом Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ [4] и постановлением Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87 «Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» [6]. Проектная документация формируется по разделам и подразделам, при этом каждому разделу присваивается обозначение в виде базового обозначения (номер договора, код объекта) и шифра раздела. Текстовая часть разделов (кроме раздела 1) обозначается шифром «ТЧ», графическая – «ГЧ», при этом текстовые документы выполняются на листах А4 по ГОСТ 2.301–68 «Единая система конструкторской документации. Форматы».

Рабочая документация разрабатывается на основе ПД, включающей основные комплекты рабочих чертежей по маркам (АР, КЖ, КМ, ЭС, ВК, ОВ, ТХ, АК и др.), прилагаемые документы (спецификации, эскизные чертежи, опросные листы, локальные сметы) и сметную документацию (объектные и локальные сметы) [6].

ГОСТ Р 21.101–2026 дополнительно устанавливает общие правила выполнения документации. Координационные оси наносятся тонкими штрихпунктирными линиями, при этом обозначаются арабскими цифрами и русскими буквами (кроме Е, З, Й, О, Х, Ц, Ч, Щ, Ъ, Ы, Ь) или латинскими (кроме I, O) [23]. Линейные размеры на наружных сетях, генплане, транспорте указываются в метрах с двумя знаками после запятой, на остальных чертежах – в миллиметрах. Виды, разрезы, сечения выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.305–2008 «Единая система конструкторской документации. Изображения – виды, разрезы, сечения» [24].

Стандарт устанавливает также требования к правилам внесения изменений. Изменением считается любое исправление, исключение, добавление данных без изменения обозначения документа. Основанием для внесения изменений является разрешение, утверждаемое руководителем. Изменения в ПД выполняются автоматизированным способом (замена листов, всего документа, добавление листов). При экспертизе допускается оперативное внесение по журналу изменений с последующим разрешением. При изменениях РД допол-

нительно корректируется ведомость рабочих чертежей и ведомость ссылочных/прилагаемых документов. При замене листов общих данных указываются сведения только о последнем изменении. Копии измененных листов направляются организациям вместе с сопроводительным документом.

Бумажная документация брошюруется в тома с переплетом в прозрачной обложке, листы складываются до формата А4. Порядок документации в томе следующий: титульный лист, содержание, состав ПД, текстовая часть, графическая часть. Максимальное количество листов в томе – не более 300 формата А4. Электронная документация предоставляется в виде пакета электронных документов, при этом подписание выполняется усиленной квалифицированной ЭП. Допускается вместо ЭП применять удостоверяющий лист (УЛ), представляющий собой бумажный документ с собственноручными подписями, который сканируется и подписывается ЭП ответственного лица.

Приказ Минэнерго России от 17.10.2025 № 1330 «Об установлении отдельных требований к проектированию электрических сетей напряжением 0,4–20 кВ в городах и городских агломерациях с населением свыше 1 миллиона человек» устанавливает унифицированные и обязательные требования к проектированию распределительных электрических сетей (0,4–20 кВ) в крупнейших городских агломерациях, который вводит единую методологию расчетов перспективных нагрузок и строгие стандарты резервирования питания для социально значимых объектов [25].

Вышеуказанный приказ устанавливает дополнительные требования при проектировании систем электроснабжения в виде расчета величины перспективной нагрузки объектов 0,4–20 кВ с применением специальных коэффициентов, расчета нагрузки для электроотопления, а также требования к резервированию питания. Для особо ответственных потребителей (мощностью более 5 МВт, с 1-й или 2-й категорией надежности) в качестве независимых резервных источников электроснабжения должны использоваться секции или системы шин двух независимых взаимно резервирующих подстанций и (или) электростанций.

Руководящие документы носят рекомендательный либо обязательный характер в зависимости от области их применения. Для проектирования сетей 0,4 кВ используются следующие документы:

- ◆ РД 153-34.0-20.527-98 «Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования» содержат методы расчета токов КЗ в электроустановках как свыше 1 кВ, так и до 1 кВ, при симметричных и несимметричных коротких замыканиях для начального и произвольного моментов времени [26];
- ◆ РМ-2559 «Инструкция по проектированию учета электропотребления в жилых и общественных зданиях», которая распространяется на проектируемые системы учета электропотребления во вновь возводимых и реконструируемых жилых и общественных зданиях [27].

Таким образом, нормативно-правовое регулирование проектирования систем электроснабжения 220/380 В представляет собой многоуровневую систему, в которой необходимо учитывать требования действующих федеральных законов, государственных стандартов, сводов правил и руководящих документов. Дополнительно важным остается необходимость отслеживать актуальные

редакции и изменения указанных документов, поскольку нормативная база в области проектирования систем электроснабжения находится в состоянии постоянной актуализации и развития.

2.2. Проектирование электрических сетей и электрооборудования гражданских и промышленных объектов

2.2.1. Проектирование электрического освещения и силового электрооборудования

Задачей проектирования электрического освещения является определение числа и мощности светильников, необходимых для обеспечения заданного значения освещенности. Дополнительно могут выполняться различные проверочные расчеты для определения планируемой освещенности при заданных параметрах установки.

При проектировании электрического освещения необходимо руководствоваться следующими нормативными документами:

- ◆ Правила устройства электроустановок, 7-е издание – главы 6.1 («Внутреннее освещение»), 6.3 («Наружное освещение») и 7.1 («Электроустановки жилых и общественных зданий») [13];
- ◆ СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» – нормы освещенности, качество освещения (пульсация, слепящее действие) [16];
- ◆ СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий», в котором приведена детализация по щитам, трассам, сечениям осветительных сетей [28];
- ◆ СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» – гигиенические требования к освещению (для школ, больниц, производств) [29];
- ◆ ГОСТ 21.608–2021 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации внутреннего электрического освещения» – устанавливает правила оформления рабочей документации для внутреннего электрического освещения зданий и сооружений [30].

При разработке системы внутреннего освещения и подсистемы управления ею необходимо учитывать функциональные особенности помещений, конфигурацию рабочих зон, характер предполагаемой зрительной активности, а также индивидуальные требования пользователей. На следующем этапе определяются целевые значения параметров освещения, которые должна обеспечивать проектируемая система освещения. Ключевое значение имеет корректный подбор источников света и светильников, а также их пространственное размещение, после чего на основе сформулированных требований разрабатываются принципы регулирования работы системы.

К светотехническим характеристикам при проектировании осветительной сети относятся световой поток, сила света, освещенность, светимость и яркость. Зависимость основных светотехнических характеристик представлена на рис. 2.2.1.

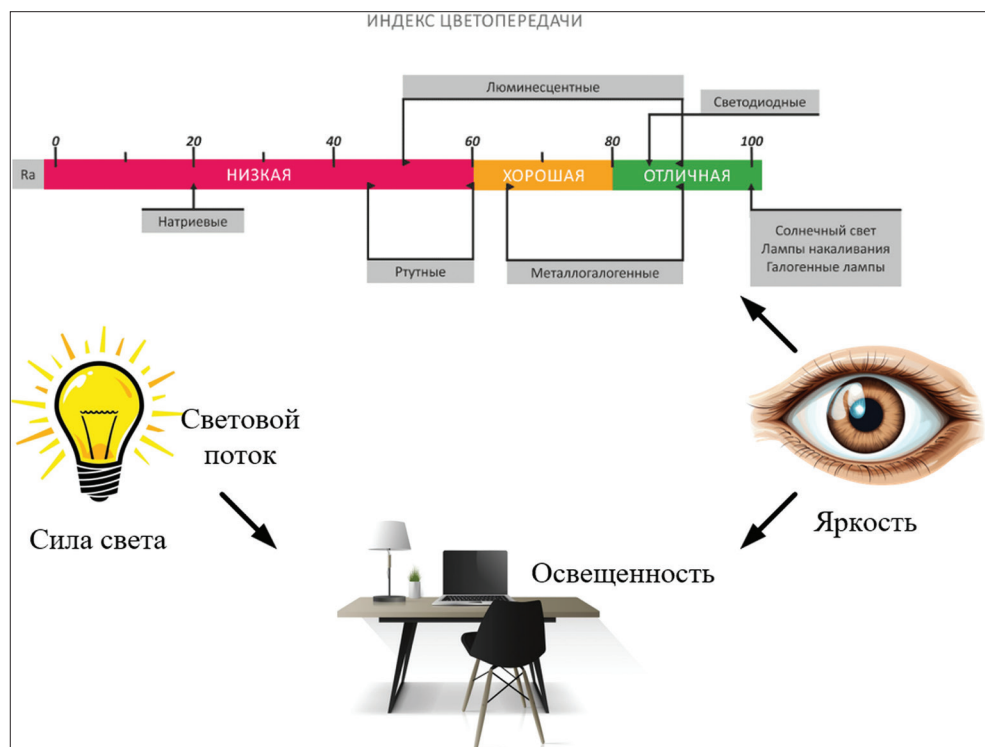


Рис. 2.2.1. Зависимость основных светотехнических характеристик

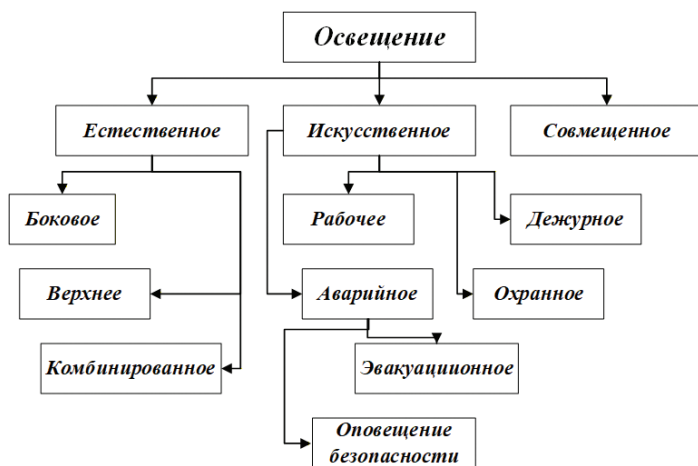
Для целей проектирования и оценки эффективности системы внутреннего освещения, а также возможностей ее управления необходимо учитывать качественные и количественные параметры источников света, выражаемые посредством светотехнических величин. Также необходимо учитывать энергопотребление осветительной системы, поскольку современные источники света, применяемые в промышленных помещениях, обладают значительно меньшей мощностью при более высоком световом потоке, что позволяет существенно снизить расход электроэнергии [16, 28].

При проектировании осветительной сети основной светотехнической характеристикой является освещенность, характеризующая необходимое количество устанавливаемых светильников. Освещенность зависит от геометрических размеров помещения, высоты расчетной поверхности, типа помещения, коэффициента запаса и коэффициента отражения от потолка, стен и пола. В табл. 2.2.1 представлены типы помещения и их нормируемая освещенность.

Таблица 2.2.1. Нормируемая освещенность в зависимости от типа помещения

Тип помещения	Освещенность (лк)	Тип помещения	Освещенность (лк)
Офисные помещения	300	Чердаки	5
Читальные залы	400	Вестибюли	150
Спортивные залы	200	Склады	150
Кабинеты врачей	300	Обеденные залы	200
Гаражи	150	Учебные аудитории	500
Коридоры	75	Рабочие кабинеты	300
Лестницы	50	Конференц-зал	200

В зависимости от вида проектируемой осветительной сети система освещения подразделяется на естественное и искусственное освещение (рис. 2.2.2). Естественное освещение формируется за счет солнечного света, проникающего через световые проемы (окна, двери). Данный тип освещения не только способствует созданию благоприятной среды, но и обеспечивает энергоэффективность [16].

**Рис. 2.2.2.** Виды освещения

Искусственное освещение применяется при недостаточности или отсутствии естественного света и реализуется в различных формах. Например, общее освещение обеспечивает равномерное распределение светового потока по всему объему помещения, как правило, с использованием потолочных светильников или панелей. Акцентное освещение направлено на выделение отдельных элементов интерьера (произведений искусства, растений, архитектурных деталей). Искусственное освещение в виде декоративной системы служит для придания стилистической выразительности и формирования атмосферы.

Классификация систем искусственного освещения базируется на способах размещения осветительных приборов. В зависимости от этого различают системы общего и комбинированного освещения [16, 28].

Система общего освещения предназначена для обеспечения светом всего помещения и рабочих поверхностей. Общее освещение может быть равномерным или локализованным. Светильники общего освещения размещаются в верхней зоне помещения и крепятся к строительным основаниям (потолку, фермам, стенам, колоннам), технологическому оборудованию или тросовым подвесам.

При общем равномерном освещении достигается одинаковая освещенность по всей площади помещения. Данный подход применяется в производственных цехах с равномерным расположением оборудования и одинаковыми условиями зрительной работы, а также в общественных и административных зданиях. Общее локализованное освещение используется в помещениях, где на разных участках выполняются работы, требующие неодинаковой освещенности, либо когда рабочие места сгруппированы и необходимо заданное направление светового потока.

Наряду с общим освещением может применяться местное освещение, которое устраивается непосредственно на рабочих местах (станки, верстаки, столы, разметочные плиты) для повышения уровня освещенности. Нормативными требованиями запрещается использование только одного местного освещения. Ремонтное местное освещение выполняется переносными светильниками, питание которых осуществляется через понижающий трансформатор с определенным напряжением (12, 24 или 42 В) в зависимости от категории помещения по условиям электробезопасности персонала [16].

Совместное применение местного и общего освещения образует систему комбинированного освещения. Комбинированное освещение рекомендуется для помещений с точными зрительными работами, требующими высокой освещенности. В такой системе светильники местного освещения обеспечивают освещенность только рабочих мест, а светильники общего – всего помещения, включая проходы и проезды. Комбинированное освещение позволяет снизить установленную мощность источников света и расход электроэнергии, поскольку местные светильники включаются лишь на период непосредственного выполнения работ.

Выбор системы освещения определяется прежде всего планировкой оборудования, расположением рабочих мест, технологическими особенностями и экономической целесообразностью. По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное (освещение безопасности и эвакуационное), охранное и дежурное.

Рабочее освещение обеспечивает нормируемые световые условия (освещенность, качественные показатели) в помещениях и на открытых пространствах, где выполняются различные работы. Рабочее освещение предусматривается для всех помещений зданий, а также участков открытых территорий, предназначенных для труда, прохода людей и движения транспорта. Для зон с различными условиями естественного освещения или разными режимами работы должно быть предусмотрено раздельное управление освещением. Нормируемые характеристики могут обеспечиваться как непосредственно светильниками рабочего освещения, так и совместно с приборами освещения безопасности и эвакуационного. При необходимости часть светильников рабочего или аварийного освещения может использоваться для дежурного освещения [16, 28].

Аварийное освещение безопасности предназначено для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения. Аварийное освещение предусматривается в тех случаях, когда отключение рабочего света может вызвать [16]:

- ◆ взрыв, пожар, отравление людей;
- ◆ длительное нарушение технологического процесса;
- ◆ сбой в работе критически важных объектов (электростанции, узлы связи, диспетчерские пункты, насосные системы водоснабжения, канализации, теплофикации и др.).

Аварийное освещение должно обеспечивать на рабочих поверхностях наименьшую освещенность в размере 5 % от нормируемой для рабочего освещения (от системы общего освещения), но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк на открытых территориях [16, 28].

Наиболее эффективными и экономически целесообразными являются светодиодные аварийные светильники, отличающиеся высоким уровнем безопасности. В отличие от стандартных осветительных приборов, аварийные светодиодные светильники конструктивно содержат аккумуляторный блок и дополнительный драйвер, обеспечивающий питание светодиодов от аккумуляторов при переходе в аварийный режим. При первом подключении светильника к электрической сети требуется предварительная зарядка аккумуляторов, продолжительность которой может достигать 48 часов. В аварийной ситуации заряда аккумуляторной батареи достаточно для обеспечения не менее трех часов работы в экономичном режиме, при этом, согласно ПУЭ, минимальное требуемое время для аварийного режима освещения составляет час.

Эвакуационное освещение служит для безопасной эвакуации людей при аварийном отключении рабочего освещения, которое предусматривается в следующих основных случаях [16, 28]:

- ◆ в местах, опасных для прохода людей;
- ◆ на путях эвакуации (проходы, лестницы) при количестве эвакуируемых более 50 человек;
- ◆ на основных проходах производственных помещений с числом работников свыше 50 человек;
- ◆ в помещениях общественных, административных и бытовых зданий промышленных предприятий при одновременном нахождении более 100 человек.

Эвакуационное освещение должно создавать на полу основных проходов (или на грунте) освещенность не менее 0,5 лк внутри помещений и 0,2 лк на открытых территориях. Светильники эвакуационного освещения и освещения безопасности могут быть постоянно горящими (включенными одновременно с рабочим освещением) или автоматически включаемыми при пропадании питания рабочего освещения.

При отсутствии специальных технических средств охраны охранное освещение устраивается вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время. Оно должно обеспечивать освещенность на уровне земли не менее 0,5 лк. При наличии специальных средств охраны требуемая освещенность определяется заданием на проектирование.

Расчет осветительной сети состоит из двух частей – светотехнической и электрической. Светотехническая часть осветительной сети включает [16, 28]:

- ◆ выбор источников света;
- ◆ определение нормированной освещенности, вида и системы освещения, типа светильников;
- ◆ установление коэффициентов запаса и добавочной освещенности;
- ◆ расчет размещения светильников (определение высоты подвеса, расстояний от стен и между светильниками, числа светильников);
- ◆ расчет светового потока и мощности лампы.

Светотехнические расчеты позволяют определить количество и единичную мощность источников света, обеспечивающих требуемую освещенность в помещении (на рабочей поверхности), рассчитать освещенность в любой точке поверхности помещения, а также оценить качественные показатели осветительной установки. К светотехническим методам расчета освещения относятся метод коэффициента использования светового потока и точечный метод.

Метод коэффициента использования светового потока применяется для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей, преимущественно для определения светового потока источника света. Данный метод позволяет также рассчитать среднюю освещенность горизонтальной поверхности с учетом падающих на нее прямых и отраженных потоков. Метод неприменим при неравномерном размещении светильников, а также для расчета освещенности в характерных точках негоризонтальных и горизонтальных поверхностей.

Упрощенной формой метода коэффициента использования является метод удельной мощности на единицу освещаемой площади. Данный метод используется для ориентировочных расчетов общего равномерного освещения, при этом максимальная погрешность расчета по данному методу составляет 20 %.

Точечный метод расчета освещения позволяет определить освещенность в любой точке поверхности помещения при любом (равномерном или неравномерном) размещении светильников. Данный метод применяется как проверочный для расчета освещенности в характерных точках. С помощью точечного метода можно проанализировать распределение освещенности по помещению, определить минимальную освещенность на горизонтальных и наклонных поверхностях, а также рассчитать аварийное и местное освещение.

Электрическая часть при проектировании осветительной сети включает [16]:

- ◆ выбор мест размещения магистральных и групповых щитков;
- ◆ определение трасс сети и разработку схем питания и управления освещением;
- ◆ выбор вида проводки и способа ее прокладки;
- ◆ расчет осветительной сети по допустимой потере напряжения с последующей проверкой сечений по длительно допустимому току и механической прочности;
- ◆ расчет защиты осветительной сети;
- ◆ рекомендации по монтажу осветительной установки;
- ◆ меры защиты от поражения электрическим током.

На рис. 2.2.3 представлен вариант размещения элементов освещения при проектировании производственных объектов.

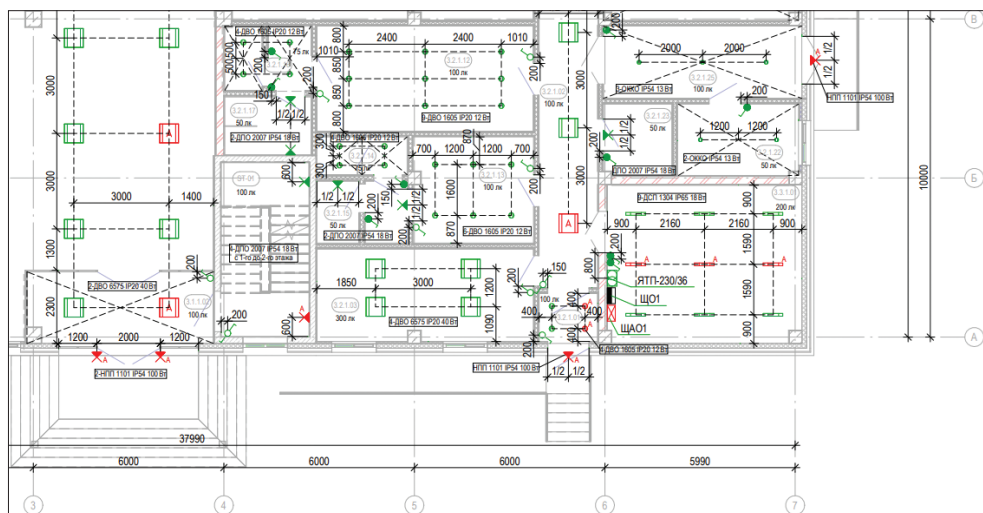


Рис. 2.2.3. Размещение элементов освещения

Многообразие типов и различных характер помещений и наружных установок, содержащих взрыво- и пожароопасные зоны и широко распространенных во всех отраслях промышленности, а также в общественных зданиях массового строительства, затрудняет формирование обобщенных выводов и рекомендаций в части светотехнических характеристик осветительных установок на указанных объектах. Вместе с тем ряд присущих данным помещениям особенностей позволяет сформулировать общие рекомендации, направленные на повышение качества и эффективности систем электрического освещения.

При разработке планов осветительных сетей могут указываться наименования помещений, нормируемая освещенность от общего освещения, класс пожаро- и взрывоопасности помещений, типы и высота установки светильников, мощность ламп, способы прокладки проводки, сечения проводов и кабелей осветительных сетей. При проектировании зданий, в которых ряд помещений имеют идентичные светотехнические решения (светильники, осветительную сеть и другие одинаковые элементы), допускается наносить все решения только для одного помещения, а для остальных делать соответствующую ссылку [30].

С позиций светотехнических требований основная масса помещений, установок промышленных и вспомогательных зданий, а также участков открытых территорий с взрыво- и пожароопасными зонами может быть условно классифицирована по основным производственным признакам на несколько групп.

Первая группа включает помещения и установки предприятий химической, нефтяной, газовой и смежных отраслей промышленности, где технологические процессы базируются на широком применении жидких, газообразных и пылевидных легковоспламеняющихся и горючих веществ при высоком уровне механизации и автоматизации производства.

Вторая группа охватывает обширную номенклатуру цехов: окрасочных, сушильно-пропиточных, промывочно-пропарочных, консервации, антисептирования изделий и других, в которых активно используются различные лакокрасочные материалы, пропиточные составы, легковоспламеняющиеся растворители, разбавители и масла.

Третья группа – помещения, предназначенные для переработки первичного сырья (хлопка, льна, шерсти, макулатуры, древесных отходов и др.) и производства тканей, бумаги, картона и иной продукции на волокнистой основе. Четвертая группа – помещения, технологические процессы которых связаны с применением и обработкой твердых горючих веществ (цехи деревообрабатывающих, электротехнических, пластмассовых изделий и др.).

К пятой группе относятся отдельные помещения в общественных и гражданских зданиях, где осуществляется хранение и обращение различных горючих материалов (архивы, книгохранилища, помещения светокопирования, предприятия бытового обслуживания, упаковочные, мастерские, склады и т. п.).

Классы взрыво- и пожароопасных зон, а также характер окружающей среды обуславливают необходимость применения светильников различных конструктивных исполнений. Корректный выбор типа светильника является ключевым фактором, определяющим надежность, энергетическую эффективность и оптимальную стоимость осветительных установок. Следует учитывать, что усложнение конструкции и наличие защитных элементов (стекол, решеток, сеток и др.) оказывают негативное влияние на светотехнические характеристики и коэффициент полезного действия (КПД) светильников. В связи с этим выбор светильников для рассматриваемых условий требует комплексной оценки факторов, влияющих на качество и эффективность электроосвещения [30].

Переносные светильники в пожароопасных зонах любого класса должны иметь степень защиты не менее IP54, при этом стеклянные колпаки подлежат защите металлической сеткой. Конструкция светильников с газоразрядными лампами в указанных зонах должна исключать возможность выпадения ламп. Светильники с лампами накаливания должны оснащаться сплошным силикатным стеклом, защищающим лампу, и не должны иметь отражателей и рассеивателей из сгораемых материалов. В пожароопасных зонах складских помещений любого класса светильники с газоразрядными лампами не допускается оснащать отражателями и рассеивателями из горючих материалов.

На рис. 2.2.4 представлен вариант размещения групповых сетей освещения.

Переносные светильники, используемые в пожаро- или взрывоопасных помещениях, должны соответствовать следующим требованиям [16, 28]:

- ◆ в пожароопасных помещениях всех классов – степень защиты IP54, при этом стекло светильника, как правило, должно быть закрыто защитной металлической сеткой;
- ◆ во взрывоопасных помещениях всех классов, кроме В-Іб, – взрывонепроницаемое или специальное исполнение, при этом светильники, как правило, оснащаются металлической сеткой;
- ◆ во взрывоопасных помещениях класса В-Іб и в наружных установках класса В-Іг – любое взрывозащищенное исполнение, соответствующее категориям и группе взрывоопасной смеси.

При проектировании осветительной сети конфигурация, число и пространственное расположение пунктов управления осветительной системой здания устанавливаются следующими факторами:

- ◆ схемой электроснабжения осветительной установки;
- ◆ количеством и размещением распределительных сетей;
- ◆ функциональным назначением отдельных зон освещаемого объекта;
- ◆ требуемым режимом работы осветительной установки, обусловленным производственным распорядком в помещении или его отдельных частях;
- ◆ архитектурно-строительными особенностями здания (расположение входов/выходов, лестничных маршей, наличие и размещение светопроемов естественного освещения);
- ◆ наличием и расположением диспетчерских пунктов для управления освещением.

Цветовое обозначение ячеек, представленных в табл. 2.2.2, показано в табл. 2.2.3.

Таблица 2.2.3. Цветовое обозначение

№	Цветовое обозначение	Значение
1		Предпочтительны светильники с корпусами и отражателями из влагостойкой пластмассы, фарфора, покрытие силикатной эмалью. Рекомендуются светильники, специально предназначенные для химически активной среды
2		Установка светильников со степенями защиты IP23 и IP53 с ЛН и ГЛВД запрещается, при наличии брызг воды (растворов), падающих на светильники под углом более 60° к вертикали
3		При наличии брызг воды (растворов), падающих на светильник под углом более 15° к вертикали. Светильники с нетермостойким стеклом допускаются при условии установки в них ламп меньшей мощности, чем номинальная для данного светильника
4		В пыльных помещениях рекомендуется применение в светильниках ламп с внутренним отражающим слоем
5		Рекомендуется установка в светильниках с лампами накаливания указанных степеней защиты ламп меньшей мощности, чем номинальная для данного светильника
6		Светильники допускаются при ограниченном количестве пыли в зоне их установки
7		Светильники, которые сверху могут быть залиты водой или раствором, должны быть с боковым вводом проводов
8		Светильники допускаются при отсутствии капель воды, падающих на них, а также при наличии фарфорового патрона

Питание электрического освещения осуществляется совместно с силовыми электроприемниками от общих трехфазных силовых трансформаторов с глухозаземленной нейтралью. Номинальное напряжение на низкой стороне составляет 400/230 В, рабочее напряжение сети – 380/220 В. Питание освеще-

тительной установки может производиться как от отдельных осветительных трансформаторов, так и от общих (совмещенных) трансформаторов, одновременно питающих силовую нагрузку [16].

Питание осветительных сетей от распределительных щитов подстанций выполняется отдельными самостоятельными линиями. Каждая такая линия питает один или несколько групповых щитков в зависимости от их мощности и взаимного расположения. В зданиях без естественного освещения вводные аппараты рекомендуется устанавливать на каждом групповом щитке, за исключением случаев, когда каждый щиток запитан отдельной линией.

При значительном количестве осветительных линий с малыми нагрузками, а также при ограниченном числе панелей распределительного щита целесообразно устанавливать на подстанции или вблизи нее магистральный щит освещения, подключаемый к щиту одной линией.

Групповые и магистральные щиты комплектуются аппаратами защиты и управления (рубильниками, автоматическими выключателями, магнитными пускателями и др.) в соответствии с проектируемой системой управления освещением. Данные щиты обеспечивают возможность полного или частичного включения/отключения освещения объекта как при местном, так и при дистанционном управлении.

В целях удобства эксплуатации и энергосбережения число пунктов управления освещением должно быть минимально возможным. Существенное сокращение их количества достигается путем сосредоточения функций управления на групповых или магистральных щитках. При этом местные выключатели сохраняются только для отдельных закрываемых помещений (вентиляционные камеры, склады, конторские помещения и пр.), а также для производственных участков, не являющихся проходными и посещаемых обслуживающим персоналом эпизодически (например, ремонтные площадки кранов).

В крупных производственных зданиях с недостаточным естественным освещением или при его отсутствии централизованное управление также является обоснованным, поскольку включение и отключение электрического освещения здесь происходит достаточно часто (в обеденные перерывы, между сменами, при ремонтных работах) [16, 28].

Ключевым вопросом при проектировании системы управления освещением является разбивка всех светильников в помещении на отдельные группы. В помещениях с боковыми окнами управление рядами светильников должно быть организовано параллельно оконным проемам, что позволяет по мере наступления темноты включать освещение не одновременно, а поэтапно. При группировке осветительной установки на самостоятельно управляемые части следует также учитывать особенности организации производства в освещаемом помещении.

При наличии нескольких поточных линий или технологических участков с различными режимами работы управление группами светильников должно обеспечивать возможность отключения части светильников на тех участках, где освещение не требуется по условиям производства.

В производственных зданиях с особо пыльной средой (цементные заводы и др.), а также в зданиях, загроможденных технологическим и санитарно-техническим оборудованием, естественное освещение через окна и фонари, как правило, не обеспечивает нормальных условий видения в дневное время, что требует постоянного включения искусственного освещения в течение всего рабочего периода. Во всех производственных помещениях необходимо предусматривать выделение в отдельную небольшую группу светильников для создания минимальной освещенности в нерабочее время для охраны и уборки.

В производственных помещениях в зависимости от количества светильников и мощности ламп применяются однофазные, трехфазные и двухфазные группы. Для трех- и двухфазных групп рекомендуется предусматривать пофазное управление светильниками, т. е. использовать не трех- или двухполюсные, а однополюсные выключатели.

В трехфазных группах подключение светильников к фазам выполняется в следующем порядке:

при отсутствии необходимости в управлении по участкам или равномерном снижении освещенности: фазы А, В, С, далее С, В, А;

- ◆ для обеспечения равномерной пониженной освещенности по всей площади помещения при отключении одной или двух фаз: А, В, С, далее А, В, С;
- ◆ для сохранения полной освещенности только на части площади цеха в аналогичных ситуациях: А, А, А, далее В, В, В, далее С, С, С.

Управление аварийным освещением во всех случаях должно осуществляться со щитков, количество которых следует минимизировать. Установка выключателей вне щитков допускается только в отдельных помещениях, не используемых для проходов и не являющихся местами постоянного нахождения персонала (залы заседаний, гардеробные, нормально закрытые производственные помещения).

На рис. 2.2.5 представлена однолинейная схема щита освещения, представляющая вариант управления осветительной сети.

В жилых зданиях схема питания осветительной сети должна обеспечивать возможность раздельного электроснабжения квартир и объектов коммунально-бытового назначения, что требует установки, помимо вводной панели, щита дополнительных панелей. Более рациональным является применение единого комбинированного распределительного пункта с необходимой коммутационной и защитной аппаратурой. Питающий кабель к распределительному пункту подключается через рубильник, позволяющий полностью отключить электрическую сеть здания. Коммутационная схема распределительного щита обеспечивает раздельное питание квартир, коммунальных и общедомовых потребителей, лестничного освещения и наружного освещения.

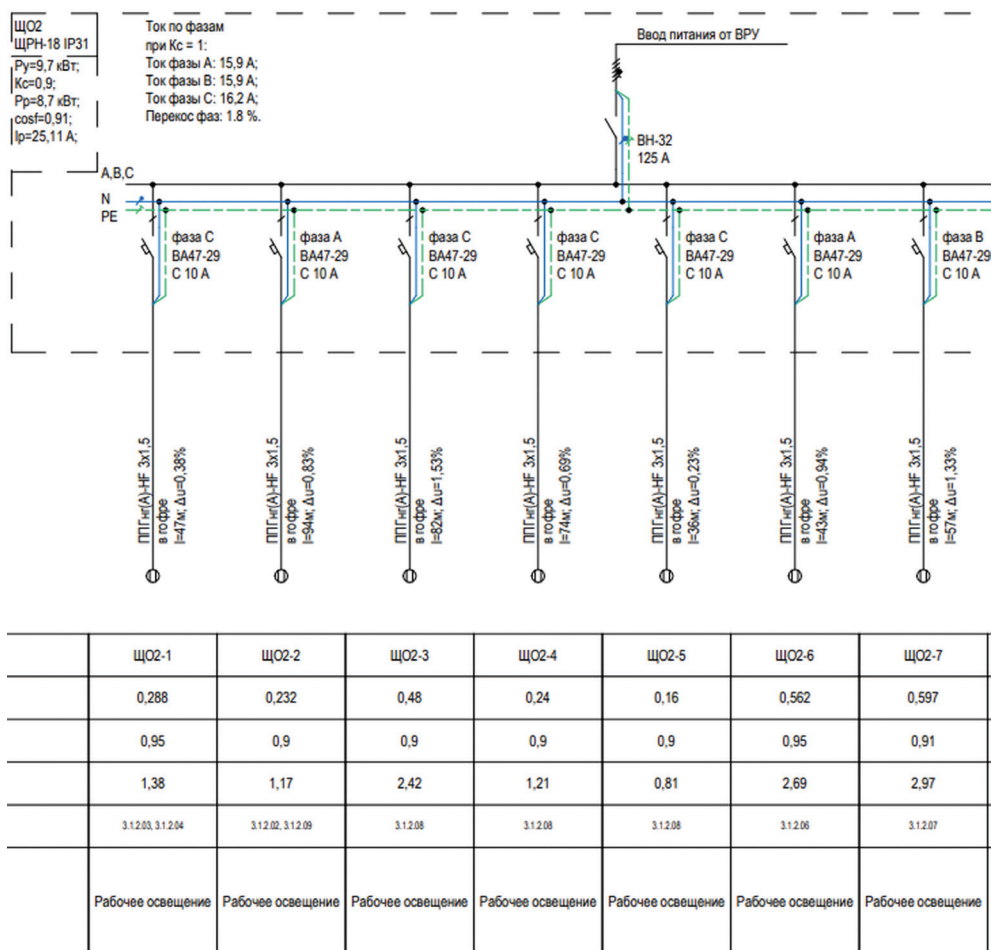


Рис. 2.2.5. Однолинейная схема щита освещения

Правила оформления рабочей документации для внутреннего электрического освещения (ЭО) зданий и сооружений установлены ГОСТ 21.608–2021 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации внутреннего электрического освещения» [30]. Стандарт допускает выполнение документации как на бумажном носителе, так и в виде электронных документов, в том числе на основе цифровой информационной модели (ЦИМ) здания или сооружения. Состав рабочей документации внутреннего электрического освещения зданий и сооружений представлен на рис. 2.2.6 [30]. Пунктирной линией выделены документы, которые входят в состав только при необходимости.

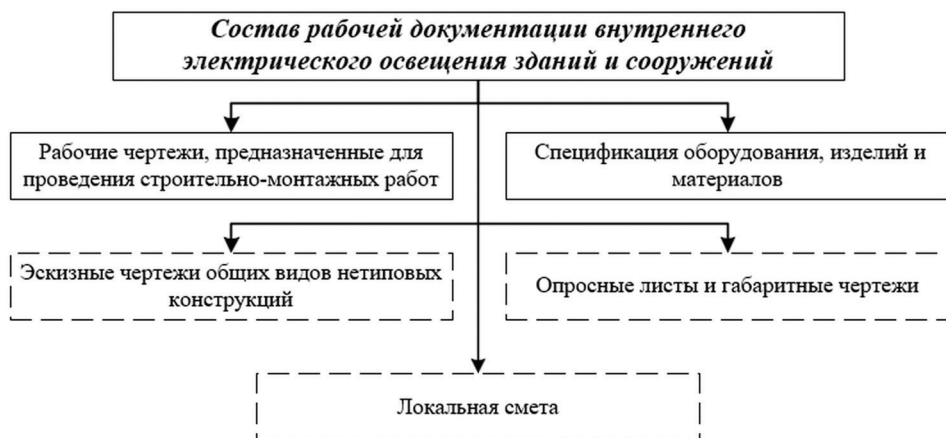


Рис. 2.2.6. Состав рабочей документации внутреннего ЭО

На планах расположения электрического оборудования и прокладки электрических сетей приводят следующее [30]:

- ◆ координационные оси и расстояния между ними;
- ◆ строительные конструкции и технологическое оборудование;
- ◆ наименования помещений, площади, категории по взрывопожарной и пожарной опасности;
- ◆ нормируемую освещенность;
- ◆ светильники с указанием типа, количества, мощности ламп и высоты установки;
- ◆ привязочные размеры;
- ◆ распределительные устройства, щитки, трансформаторы, выключатели, розетки;
- ◆ линии питающей, распределительной, групповой сетей и управления освещением с указанием марки, сечения, способа прокладки.

ГОСТ 21.608–2021 устанавливает требования к принципиальным схемам, требования к кабельному журналу, к узлам установки, к эскизным чертежам нетиповых конструкций, к опросным листам и габаритным чертежам, а также требования к спецификации оборудования, изделий и материалов. При заполнении кабельного журнала необходимо указывать маркировку кабеля, трассу, марку, количество и сечения жил, длину, начало и конец трассы [30].

При проектировании рабочей документации силового электрооборудования зданий, сооружений и предприятий различного назначения необходимо руководствоваться требованиями ГОСТ 21.613–2014 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации силового электрооборудования» [31]. К силовому электрооборудованию относят комплектные трансформаторные подстанции 6(10)/0,4(0,66) кВ, электрические сети до 1 кВ внутри проектируемого объекта и управляющие устройства электроприводов (вентиляция, водоснабжение, канализация и др.).

В состав рабочей документации силового электрооборудования входят рабочие чертежи, предназначенные для производства электромонтажных работ, являющихся основным комплектом рабочих чертежей марки ЭМ, и спецификацию оборудования, изделий и материалов. Состав основного комплекта рабочих чертежей марки ЭМ представлен на рис. 2.2.7.



Рис. 2.2.7. Состав комплекта рабочих чертежей марки ЭМ

В ГОСТ 21.613–2014 представлены общие данные по рабочим чертежам, требования к принципиальным схемам (схемы КТП, принципиальная схема питающей сети, схема распределительной и групповой сети), требования к принципиальным схемам управления электроприводами, к расположению электрооборудования и прокладки сетей, требования к кабельным журналам [31].

На планах расположения электрооборудования необходимо указывать координатные оси и расстояния между ними, строительные и технологические конструкции, электрооборудование и сети, размерные привязки к осям, границы и классы взрыво- и пожароопасных зон, наименования помещений, электромашинных залов, кабельных тоннелей, отметки чистых полов, а также места фитингов и уплотнений.

Опросные листы и габаритные чертежи выполняются по данным заводов-изготовителей, при этом оформляются как отдельный выпуск. Выпуск опросных листов включают в ведомость ссылочных и прилагаемых документов. Пример исполнения опросного листа для вводного устройства представлен на рис. 2.2.8.

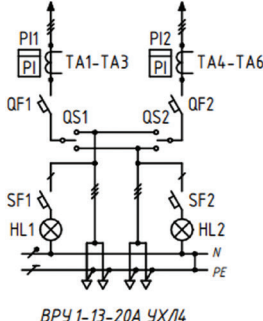
№	Запрашиваемые данные				
1	Номинальное напряжение	380	В		
2	Номинальный ток на вводе	400	А		
		400	А		
3	Схема первичных соединений				
4	Тип нейтрали (глухозаземленная)				
5	Тип (наименование) ВРУ				
6	Номер рисунка схемы вторичных соединений (см. каталог)			-	-
7	Тип вводного аппарата	Автомат,	-	-	-
		ток, [А]	-	-	-
		Выключатель,	-	-	-
		ток, [А]	-	-	-
		Переключатель,	Декрафт BA-101 3P	Декрафт BA-101 3P	
		ток, [А]	400	400	
8	Номинальный ток расцепителя автомата или плавкой вставки предохранителя на вводе устройства			-	-
9	Тип автомата отходящих линий	Автомат,	Декрафт BA-333А 3P	Декрафт BA-333А 3P	
		ток, [А]	160	200	
10	Трансформатор тока на вводе	Номинал. ток, [А]	-	-	
11	Трансформатор тока в цепи нагрузки	Номинал. ток, [А]	200	200	
12	Количество и сечение подключаемых кабелей на вводе			-	-
13	Количество и сечение подключаемых кабелей в цепи нагрузки			5хПуГВнг(А)-LS (1х95)	5хПуГВнг(А)-LS (1х120)
14	Тип счетчика учёта электроэнергии			Милур 307S.12-GRR-2 3х230/400В 5(10)А кл.т. 0,2S/0,5	Милур 307S.12-GRR-2 3х230/400В 5(10)А кл.т. 0,2S/0,5
15	Цокольное основание, [шт.]			1	

Рис. 2.2.8. Опросный лист

В табл. 2.2.4 представлены УГО электрооборудования и проводок [30].

Таблица 2.2.4. УГО электрооборудования и проводок

№	Наименование	Изображение	Размеры
1	Щиток групповой аварийного освещения		
2	Ящик с аппаратурой		
3	Шкаф одностороннего обслуживания		Габариты
4	Выключатель для открытой установки со степенью защиты IP20-IP23, однополюсный		
5	Переключатель на два направления без нулевого положения со степенью защиты от IP44-IP55, однополюсный		
6	Электродвигатель		
7	Светильник с лампами накаливания, подвесной		
8	Розетка штепсельная открытой установки со степенью защиты IP20-IP23, двухполюсная сдвоенная		
9	Межэтажный переход, трасса уходит на более высокую отметку		
10	Кабельная линия, проложенная в трубе		Толщина 1 мм

ГОСТ 21.210–2014 «Система проектной документации для строительства. Условные графические изображения электрооборудования и проводок на планах» регламентирует единые условные графические обозначения, применяемые при разработке планов прокладки электрических сетей и планов расположения электрооборудования зданий и сооружений любого назначения [32]. Условные изображения (УГО) вычерчиваются сплошной толстой линией по ГОСТ 2.303–68 «Единая система конструкторской документации. Линии» [33]. При этом стандарт предусматривает размеры изображений для масштаба 1:100.

УГО шкафов, щитов, пультов, ящиков, электротехнических устройств и оборудования открытых распределительных устройств необходимо представлять по их фактическим габаритам в масштабе чертежа, а для наглядности допускается увеличивать размеры шкафов, щитов и аналогичных изделий, чтобы показать все подходящие к ним трубы с проводкой. Дополнительно допускается заменять стандартные графические символы проводок и оборудования общими изображениями [30–32].

2.2.2. Проектирование системы уравнивания потенциалов в электроустановках

В жилых и общественных зданиях, а также на производственных объектах разных отраслей эксплуатируется значительное количество бытовых и промышленных электроприборов, оснащенных металлическими корпусами или отдельными токопроводящими элементами. В штатном режиме проводящие поверхности в помещении имеют одинаковый электрический потенциал, что не создает предпосылок для возникновения опасных ситуаций. Однако при нарушении изоляции токоведущей жилы и ее контакте с доступным прикосновению проводящим элементом (например, рукояткой или корпусом устройства), а также под воздействием статического электричества или блуждающих токов в системе заземления возникает реальная угроза для обслуживающего персонала [10–11].

Для предотвращения поражения электрическим током в подобных ситуациях необходимо организовать систему уравнивания потенциалов (СУП), обеспечивающую выравнивание потенциалов опасных металлических поверхностей. Данная система предусматривает электрическое соединение с защитным нулевым проводником металлических элементов, которые могут оказаться под напряжением.

Согласно главе 1.7 ПУЭ [13], целью защитного уравнивания потенциалов является обеспечение электробезопасности за счет создания равных потенциалов на проводящих частях посредством их электрического соединения между собой и с заземляющим устройством. Объединение в единый контур токопроводящих конструкций и элементов здания, инженерных коммуникаций, а также заземляющего устройства с помощью защитных проводников образует эффективную систему уравнивания потенциалов.

Вариант выполнения основной системы уравнивания потенциалов представлен на рис. 2.2.9.

Каждый защищаемый элемент подключается к СУП индивидуальным проводником с использованием болтового соединения, зажима, хомута или сварки. Защитные проводники могут прокладываться как отдельно, так и в составе питающих линий. Место присоединения каждого металлического элемента должно быть защищено от коррозии и механических повреждений, а также оставаться доступным для осмотра и испытаний.

При проектировании систем уравнивания потенциалов выделяют основную (ОСУП) и дополнительные системы (ДСУП). Основная система уравнивания потенциалов заключается в объединении в систему уравнивания потенциалов и подключении к главной заземляющей шине (ГЗШ) крупных проводящих частей, которые в нормальном режиме не должны находиться под напряжением (металлоконструкции здания, трубы водоснабжения, канализации, газоснабжения). Полный перечень элементов электроустановок напряжением до 1000 В, подлежащих присоединению к ОСУП, регламентирован Правилами устройства электроустановок. ГЗШ размещается либо отдельно, либо монтируется в вводно-распределительном устройстве (ВРУ) здания [13, 34].

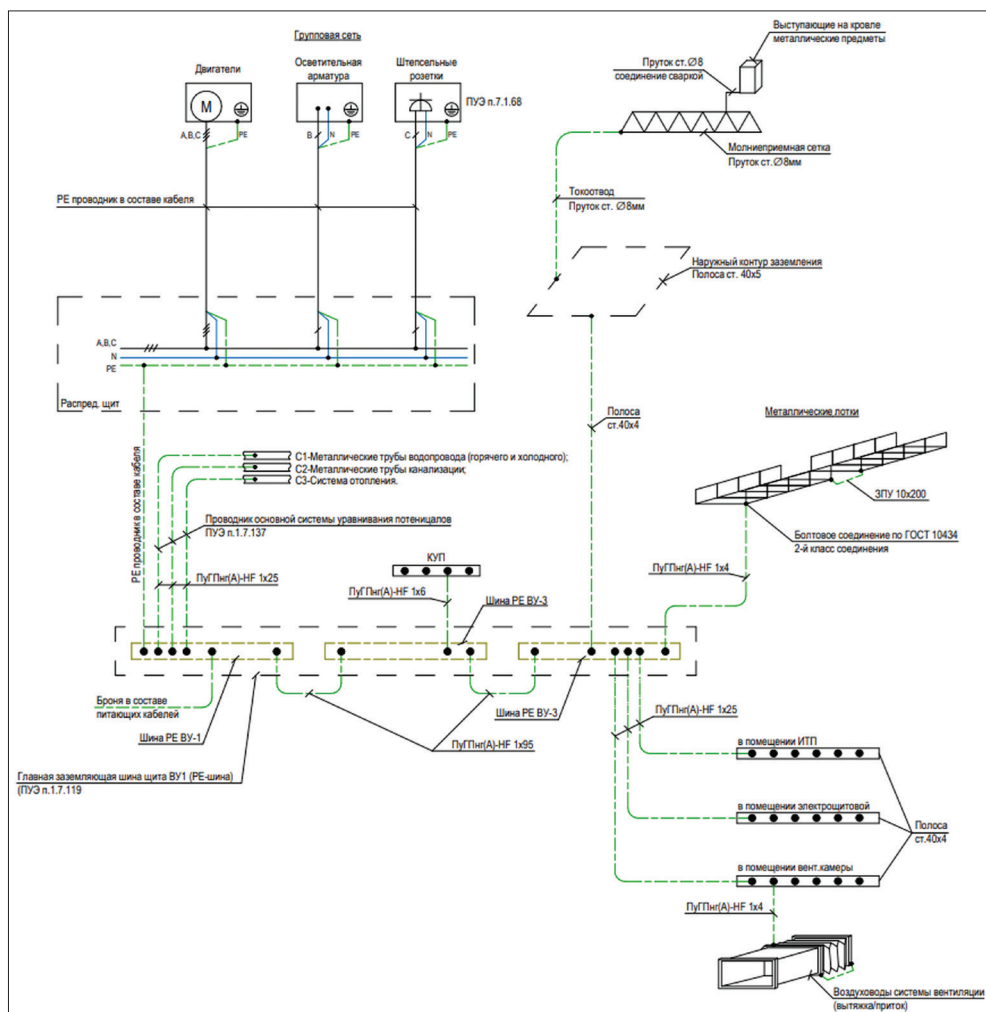


Рис. 2.2.9. Основная система уравнивания потенциалов

К главной заземляющей шине предъявляются следующие требования [13, 28, 34]:

- ◆ расположение в непосредственной близости от защищаемого объекта;
- ◆ недоступность для случайного прикосновения при обеспечении доступа для осмотра и обслуживания;
- ◆ при установке ГЗШ в ВРУ ее функцию выполняет нулевой защитный проводник РЕ.

Защитный нулевой проводник и нулевые рабочие проводники распределительной сети объекта электрически соединены. Если ГЗШ монтируется отдельно, к ней подключаются только защищаемые токопроводящие части строительных конструкций. Сечение ГЗШ должно быть не менее сечения нулевого защитного проводника питающей вводной линии. При этом главная зазем-

ляющая шина может выполняться медным (минимальное сечение – не менее 6 мм^2), алюминиевым (минимальное сечение – не менее 16 мм^2) или стальным (минимальное сечение – не менее 50 мм^2) проводником [28, 34–35].

К ГЗШ подсоединяются нулевые защитные проводники и контур заземления, а проводящие элементы здания, трубы водопровода, вентиляционные короба подключаются радиально, т. е. каждый элемент индивидуальным цельным проводником уравнивания потенциалов (без встроенных коммутационных аппаратов), что обеспечивает возможность отсоединения при необходимости [13].

Вариант выполнения дополнительной системы уравнивания потенциалов на производственном объекте представлен на рис. 2.2.10.

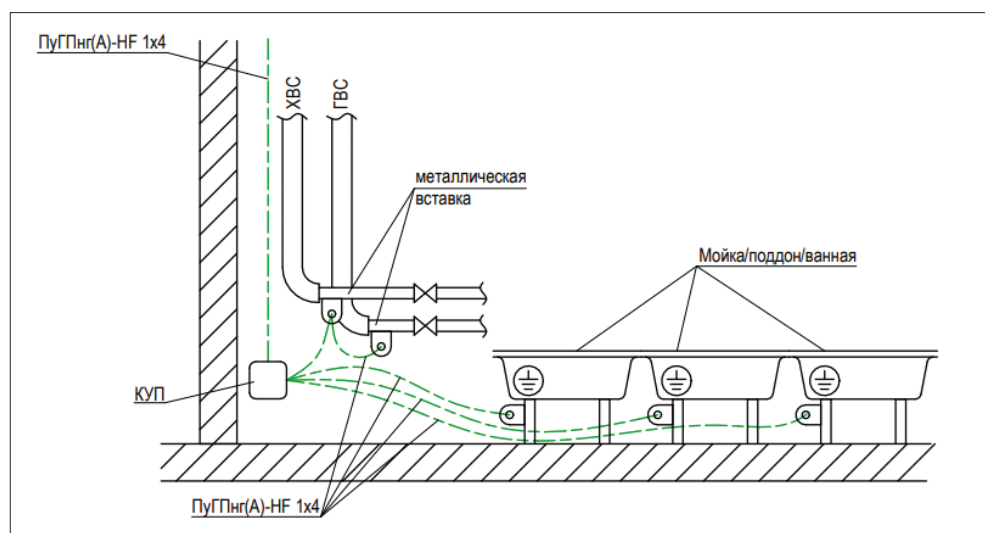


Рис. 2.2.10. Дополнительная система уравнивания потенциалов на производственном объекте

В помещениях с повышенной опасностью поражения электрическим током (душевые, ванные комнаты, сауны) требуется более высокий уровень электробезопасности. Для этого предусматривается дополнительная система уравнивания потенциалов, которая объединяет все открытые и сторонние проводящие элементы, а также нулевые защитные проводники розеток, выключателей, осветительных приборов и другого оборудования.

Защитные проводники заводятся на общую шину, размещенную в коробке уравнивания потенциалов (КУП), а не прокладываются индивидуально к распределительному щитку. К одной шине сечением не менее 10 мм^2 с помощью разъемных соединений подключается несколько защитных проводников. При этом коробка КУП присоединяется РЕ-проводником сечением не менее 6 мм^2 к шине заземления внутри ВРУ (щитка) [13].

Вариант выполнения дополнительной системы уравнивания потенциалов в жилых и общественных зданиях представлен на рис. 2.2.11.

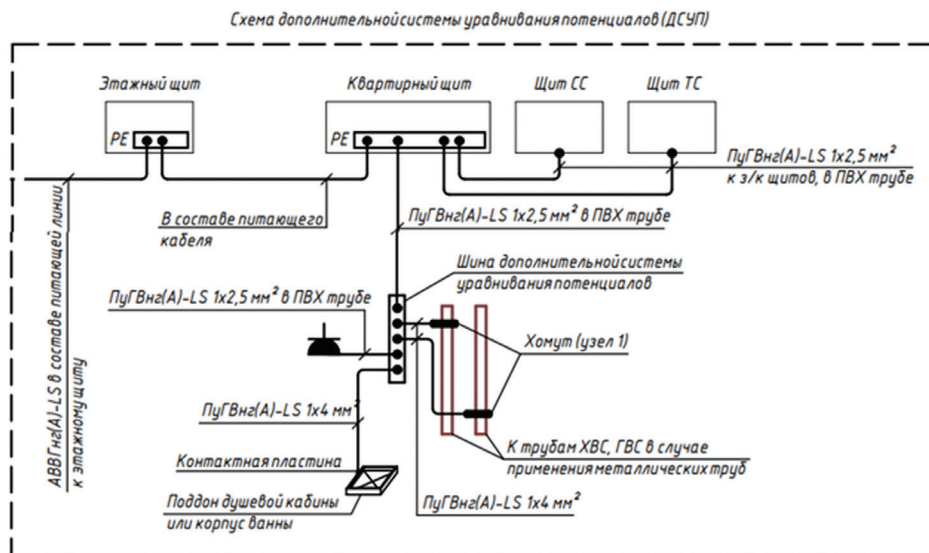


Рис. 2.2.11. Реализация ДСУП в жилых и общественных зданиях

При проектировании систем уравнивания потенциалов необходимо руководствоваться следующими нормативными документами:

- ◆ Правила устройства электроустановок, 7-е издание – глава 1.7, где представлены определения ОСУП и ДСУП и требования к системам в зданиях [13];
- ◆ ГОСТ Р 50571.4.41–2022 (МЭК 60364-4-41:2017) «Электроустановки низковольтные. Часть 4-41. Защита для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током» – представлены требования к защите от поражения электрическим током обслуживающего персонала [34];
- ◆ СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий» – раздел 14, представлены требования к СУП в жилых и общественных зданиях [28];
- ◆ ГОСТ Р 50571.22–2000 (IEC 60364-7-702) «Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 707. Заземление оборудования обработки информации» – представлены особые требования к помещениям с ваннами и душами [35].

2.2.3. Проектирование заземляющих устройств

В соответствии с нормативными требованиями при создании любой электроустановки первоочередной задачей является обеспечение электробезопасности, включающее реализацию комплекса мер по защите обслуживающего персонала от поражения электрическим током на этапах проектирования и обслуживания. Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением при замыкании на корпус, выносе потенциала, разряде молнии [10].

Защитное действие системы заземления базируется на двух механизмах [10]:

- ◆ снижение разности потенциалов между заземленным предметом и другими проводящими объектами, имеющими естественное заземление, до безопасной величины;
- ◆ отвод тока утечки при контакте заземленного предмета с фазным проводом, что в правильно спроектированной системе вызывает немедленное срабатывание УЗО.

Защитные проводники (РЕ-проводники) предназначены для защиты от поражения током. В нормальном режиме имеют электрическую связь с заземляющим устройством и находятся под потенциалом локальной земли. К защитным проводникам присоединяются открытые проводящие части электрооборудования, с которыми персонал контактирует. Во избежание ошибочного подключения фазного проводника к корпусу оборудования применяется уникальная цветовая идентификация защитных проводников.

В качестве естественных заземлителей могут использоваться [1, 37–38]:

- ◆ металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, соприкасающиеся с землей (в том числе фундаменты с гидроизоляцией в неагрессивных, слабо- и среднеагрессивных средах);
- ◆ металлические трубы водопровода в земле;
- ◆ обсадные трубы скважин;
- ◆ металлические шпунты гидросооружений, водоводы, закладные части затворов;
- ◆ рельсовые пути незлектрифицированных железных дорог (при наличии перемычек);
- ◆ иные металлические конструкции в земле;
- ◆ металлические оболочки бронированных кабелей в земле (алюминиевые оболочки не допускаются).

Системы заземления в сетях с напряжением до 1000 В подразделяются на TN (Terra Neutral), TT (Terra-Terra) и IT (Isolated Terra).

В системах заземления TN-C, TN-S и TN-C-S защитный проводник соединен с заземленной токоведущей частью источника питания (например, заземленной нейтралью трансформатора) и называется нулевым защитным проводником. В электроустановках зданий также используются совмещенные PEN-проводники, выполняющие функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников [38].

В системе TN-C (рис. 2.2.12) применяется совмещенный PEN-проводник, объединяющий функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников. В данной конфигурации нейтраль силового трансформатора глухо заземлена (непосредственно соединена с заземляющим контуром на подстанции). На всей протяженности линии от подстанции до потребителя функции нулевого рабочего и защитного проводников объединены в одном проводнике – PEN.

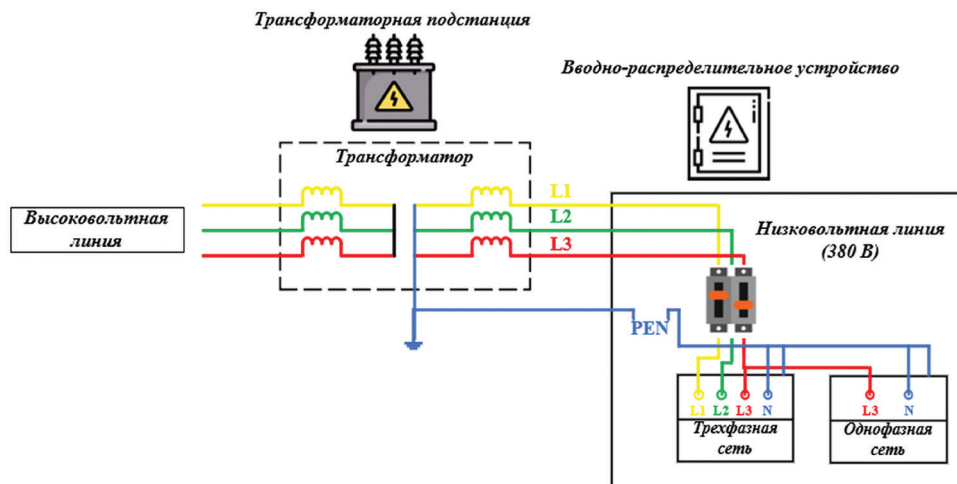


Рис. 2.2.12. Заземление электроустановок системы TN-C

Схема предусматривает зануление электрооборудования (присоединение корпусов к PEN). Система считается устаревшей и в настоящее время применяется только в промышленных установках и для уличного освещения. Использование зануления в бытовых условиях запрещено из-за риска появления опасного потенциала на корпусах приборов. В старом жилом фонде данная сеть эксплуатируется как двухпроводная (фазный и нулевой проводники без отдельного защитного).

В системе TN-S нулевой защитный проводник (PE) соединяет зануляемые открытые проводящие части с глухозаземленной нейтральной точкой источника, заземленным выводом источника или заземленной средней точкой. Нулевой рабочий проводник (N) служит для питания электроприемников и также соединен с глухозаземленной нейтралью источника.

Отличается от предыдущей тем, что совмещенный PEN-проводник разделяется на нулевой рабочий (N) и нулевой защитный (PE) в определенной точке, обычно на вводе в здание. На сегодняшний день это наиболее распространенная система. Согласно ПУЭ, TN-C-S (рис. 2.2.13) относится к рекомендуемым и может быть реализована на новых объектах [1].

В системе TN-S разделение PEN-проводника на N и PE выполняется непосредственно на питающей подстанции. На всем протяжении линии нулевой и защитный проводники проложены раздельно. Система является наиболее предпочтительной для нового строительства, однако из-за более высокой стоимости (необходимость прокладки отдельного защитного проводника) на практике часто выбирают систему TN-C-S.

Нейтраль трансформатора при соединении системы TT имеет глухое заземление, но электроустановка потребителя заземляется через индивидуальный контур, электрически не связанный с заземленной нейтралью источника. Система TT рекомендована для сетей с неудовлетворительным состоянием, где штатное заземление может быть небезопасным. В первую очередь это сети

TN-C (не предусматривающие заземления) и сети TN-C-S, не соответствующие требованиям ПУЭ по механической прочности PEN-проводника и наличию его повторных заземлений.

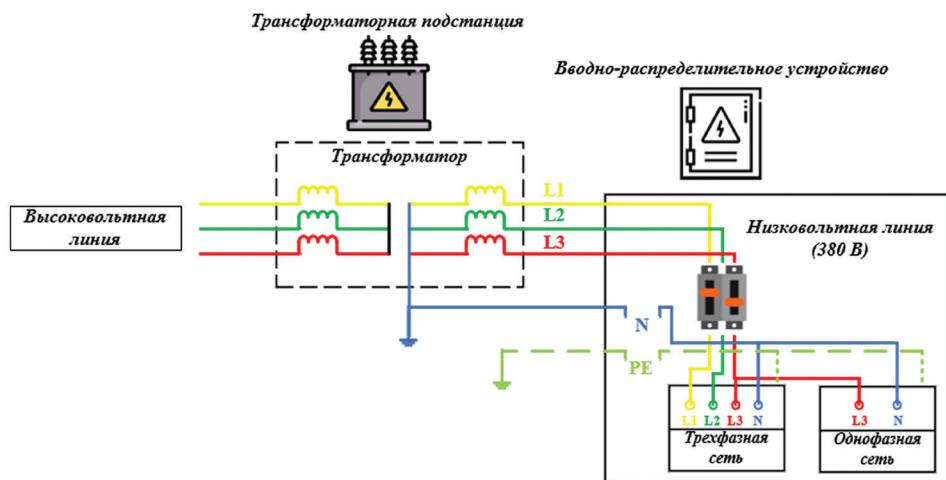


Рис. 2.2.13. Заземление электроустановок системы TN-C-S

При заземлении электроустановок в электрических сетях IT нейтрали силовых трансформаторов не заземлены (изолированы от заземляющего контура подстанции). Защитный проводник PE может быть подключен к заземлителю на подстанции или непосредственно у потребителя к местному заземляющему контуру. Данная система применяется для объектов с повышенными требованиями к безопасности и надежности электроснабжения: электроустановки электростанций и подстанций, опасные производства (например, горнодобывающая промышленность), взрывоопасные помещения [37–39].

Согласно ГОСТ Р 50462 «Базовые принципы и принципы безопасности для интерфейса “человек-машина”, выполнение и идентификация. Идентификация проводников посредством цветов и буквенно-цифровых обозначений» [36], комбинация желтого и зеленого цветов применяется исключительно для обозначения защитных (нулевых защитных) проводников (PE). В соответствии с указанным государственным стандартом установлена следующая цветовая маркировка [36]:

- ◆ желто-зеленая двухцветная комбинация – для защитных и нулевых защитных проводников;
- ◆ голубой цвет – для нулевых рабочих проводников;
- ◆ желто-зеленая комбинация по всей длине проводника с голубыми метками на концах (наносимыми при монтаже) – для PEN-проводников.

В производственных цехах и зданиях трансформаторных подстанций для присоединения электрооборудования к системе заземления предусматривается прокладка заземляющих и нулевых защитных проводников. В качестве нулевых защитных проводников допускается использовать нулевые рабочие

проводники (за исключением взрывоопасных установок), металлические конструкции зданий (колонны, фермы), специально предназначенные проводники, производственные металлоконструкции (каркасы РУ, подкрановые пути, лифтовые шахты, каналы), стальные трубы электропроводок, алюминиевые оболочки кабелей, металлические кожухи шинопроводов, короба, лотки, а также стационарно проложенные трубопроводы (кроме систем для горючих и взрывоопасных сред, канализации и отопления) [38–40].

При невозможности использования естественных магистралей заземления применяются стальные проводники, минимальные размеры которых регламентированы, например для круглой стали – диаметр 5 мм внутри здания и 6 мм – на открытом воздухе или в земле.

Заземляющие проводники внутри помещений должны быть доступны для осмотра и прокладываются открыто. Проходы через стены выполняются в открытых проемах или несгораемых неметаллических трубах, через перекрытия – в отрезках аналогичных труб с выступом над полом на 30–50 мм. Проводники должны прокладываться свободно, за исключением взрывоопасных установок, где отверстия заделываются легкопробивными несгораемыми материалами [13, 37].

Открыто проложенные заземляющие и нулевые защитные проводники внутреннего контура должны иметь отличительную маркировку, а именно зеленый фон с желтыми полосами шириной 15 мм, расположенными с интервалом 150 мм. Проводники прокладываются горизонтально или вертикально, а угловая прокладка возможна только параллельно наклонным строительным конструкциям [13].

Прямоугольные проводники крепятся широкой плоскостью к кирпичным или бетонным стенам с использованием строительно-монтажного пистолета (пиротехнической оправки), к деревянным стенам – шурупами. Расстояния между опорами на прямых участках должны составлять 600–1000 мм, от вершин углов на поворотах – 100 мм, от уровня пола – 400–600 мм.

Сопrotивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генератора, трансформатора или выводы источника однофазного тока, в любое время года не должно превышать [13, 37–39]:

- ◆ 2 Ом – при линейном напряжении 660 В (трехфазный ток) или 380 В (однофазный ток);
- ◆ 4 Ом – при 380 В (трехфазный) или 220 В (однофазный);
- ◆ 8 Ом – при 220 В (трехфазный) или 127 В (однофазный).

Не допускается использовать трубопроводы горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов и смесей, а также трубопроводы канализации и центрального отопления.

Сечение проводника от заземлителя рабочего (функционального) заземления до главной заземляющей шины (до 1 кВ) должно быть не менее [13, 37–39]:

- ◆ медный – 10 мм²;
- ◆ алюминиевый – 16 мм²;
- ◆ стальной – 75 мм².

При проектировании заземляющих устройств распространены следующие ошибки при устройстве заземления [13, 38–40]:

- ◆ использование не предназначенных для заземления элементов. Применение водопроводных или отопительных труб в качестве РЕ-проводников недопустимо, что объясняется наличием непроводящих вставок (например, пластиковых участков), возможным нарушением электрического контакта вследствие коррозии, а также вероятностью демонтажа части трубопровода при ремонтных работах;
- ◆ объединение рабочего нуля (N) и защитного проводника (РЕ) после точки разделения. Такое нарушение приводит к появлению значительных токов в РЕ-проводнике и может вызвать ложные срабатывания устройства защитного отключения (УЗО);
- ◆ некорректное разделение PEN-проводника. Особо опасным является создание РЕ-проводника путем установки перемычки между рабочим нулем и РЕ-контактом непосредственно в розетке.

Вариант проектирования системы заземления совместно с молниезащитой представлен на рис. 2.2.14.

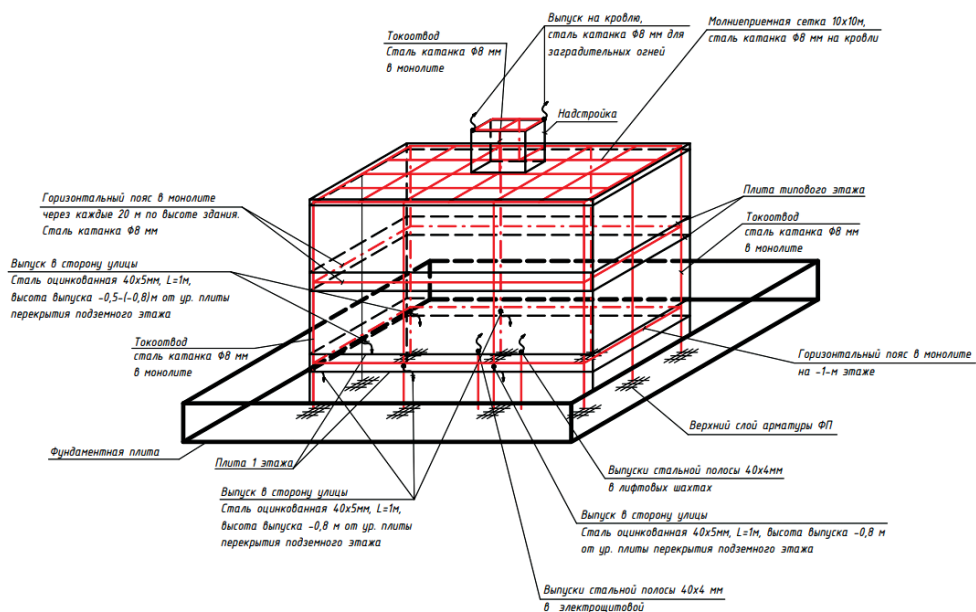


Рис. 2.2.14. Система заземления и молниезащиты

При проектировании систем заземления необходимо руководствоваться следующими нормативными документами:

- ◆ Правила устройства электроустановок, 7-е издание – глава 1.7, где представлены системы заземления, требования к заземляющим проводникам, расчетные значения сопротивления [13];
- ◆ ГОСТ Р 50571.2–94 «Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики» – представлены общие требования к заземлению [37];

- ◆ ГОСТ Р 50571.5.54–2024 (МЭК 60364-5-54:2021) «Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрического оборудования. Заземляющие устройства и защитные проводники» – представлены общие требования к устройствам защитного отключения [38];
- ◆ СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий» – конкретизирует требования к проектированию систем заземления для массового строительства [28];
- ◆ СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа» [14];
- ◆ ГОСТ 12.1.030–81 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление» [39];
- ◆ РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» и СО 153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» – требования по проектированию молниезащиты, однако присутствуют пересечения с заземлением [40].

2.2.4. Проектирование питающих и распределительных систем

В соответствии с Правилами устройства электроустановок [13] потребители электрической энергии подразделяются на категории (группы) в зависимости от степени ответственности технологического процесса и требуемого уровня надежности электроснабжения.

К первой и первой особым категориям относятся электроприемники, перерыв электроснабжения которых сопряжен с риском возникновения несчастных случаев, крупных аварий, значительного материального ущерба вследствие выхода из строя сложных технологических комплексов и взаимосвязанных систем. В число таких потребителей входят [10, 13–14]:

- ◆ объекты горнодобывающей, химической и иных опасных отраслей промышленности;
- ◆ критически важные учреждения здравоохранения (реанимационные отделения, крупные диспансеры, родильные блоки и пр.), а также иные государственные объекты;
- ◆ котельные и насосные станции первой категории, отключение которых приводит к нарушению функционирования городских систем жизнеобеспечения;
- ◆ тяговые подстанции городского электрифицированного транспорта;
- ◆ установки связи, диспетчерские пункты городских систем, серверные помещения;
- ◆ лифтовое оборудование, системы пожарной и охранной сигнализации, противопожарные устройства в зданиях с массовым пребыванием людей.

Для электроприемников первой категории обязательно питание от двух независимых источников питания (двух линий электропередачи, подключенных к отдельным силовым трансформаторам).

Сети электроснабжения административных, жилых, общественных и бытовых зданий подразделяются на питающие, распределительные и групповые.

Питающая сеть (ПУЭ, п. 7.1.10) [13] – сеть от распределительного устройства подстанции или ответвления от воздушных линий электропередачи до вводного устройства (ВУ), вводно-распределительного устройства или главного распределительного щита (ГРЩ).

Распределительная сеть (ПУЭ, п. 7.1.11) [13] – сеть от ВУ, ВРУ, ГРЩ до распределительных пунктов и щитков.

Групповая сеть (ПУЭ, п. 7.1.12) [13] – сеть от щитков и распределительных пунктов до светильников, штепсельных розеток и других электроприемников.

Питающие сети применяются в системах городского электроснабжения, при этом распространены конфигурации с распределительными пунктами, соединенными с центрами питания ограниченным числом линий с высокой пропускной способностью. Радиальная питающая сеть (двухступенчатая схема) характерна для питающих центров с индивидуальными схемами реактирования обходных линий, предназначенными для ограничения токов короткого замыкания.

Основной задачей питающей сети при суммарной мощности нагрузок от 3 МВА является обеспечение электроснабжения потребителей по резервным линиям или автоматический ввод резерва даже при повреждении основного участка сети.

Раздельная работа распределительных пунктов позволяет сети функционировать в штатном режиме при недопустимо высоком уровне тока короткого замыкания на шинах РП (по сравнению с параллельной работой). При повреждении одной из питающих линий автоматически включается выключатель перемычки между пунктами, который в нормальном состоянии отключен.

Двухступенчатые схемы питания электрических нагрузок, несмотря на уменьшение протяженности сети 6–10 кВ, обладают более высокой стоимостью по сравнению с одноступенчатыми за счет укрупнения питающих кабелей и применения распределительных пунктов (в том числе комплектных трансформаторных подстанций, совмещающих функции ТП и РП). Дополнительное удорожание возникает при индивидуальном реактировании отходящих линий из-за использования дорогостоящих линейных ячеек с реакторами.

Выбор схемы построения сети определяется удаленностью источника питания от центра нагрузок, плотностью нагрузок и их пространственным распределением.

Разомкнутая распределительная сеть городского типа является наиболее простой и экономичной, однако ее недостаток заключается в том, что происходит отключение всех потребителей при аварии в любом участке сети.

Групповая сеть предназначена для непосредственного подключения светильников внутреннего освещения и штепсельных розеток, при этом возможны схемы групповых линий в трехфазной системе с нулевым проводом либо варианты распределения потребителей между фазами в трехфазной группе.

Городская электрическая сеть представляет собой совокупность электроэнергетических объектов, включающую питающие сети напряжением 110 (35) кВ и выше, распределительные сети напряжением 10 (6) – 20 кВ, в состав которых

входят трансформаторные подстанции (ТП), линии, связывающие центры питания (ЦП) с ТП и ТП между собой, вводы к потребителям, а также распределительные сети напряжением 0,38 кВ [13].

Данный комплекс предназначен для электроснабжения коммунально-бытовых (жилые здания, общественно-коммунальные учреждения) и промышленных потребителей малой, средней, а в ряде случаев и крупной мощности, расположенных в городской черте.

Линии электропередачи напряжением до 20 кВ на территории городской застройки зданиями в 4 этажа и выше выполняются кабельными (с алюминиевыми жилами, со свинцовой, алюминиевой, пластмассовой или резиновой герметичной оболочкой и броней из стальных лент) и прокладываются в земляных траншеях, блоках (при высокой вероятности механических повреждений), каналах или туннелях [13].

В районах с застройкой зданиями в 3 этажа и ниже линии электропередачи напряжением до 20 кВ сооружаются воздушными. На одной распределительной линии допускается не более трех участков с различными сечениями кабеля. Минимальное сечение кабельной линии составляет 35 мм².

Трансформаторные подстанции и распределительные пункты сооружаются преимущественно в виде отдельно стоящих сооружений закрытого типа с оборудованием для внутренней установки. Здания ТП или РП могут быть кирпичными, блочными или панельными. Кроме того, применяются комплектные ТП как внутренней, так и наружной установки, предусматривающие подключение воздушной или кабельной линии и состоящие из трансформатора и распределительного устройства 0,38 кВ [13, 42–43].

Принятие проектных решений по выбору параметров городской электрической сети, а также по подключению новых присоединений к действующей сети базируется на определении расчетных нагрузок отдельных элементов системы электроснабжения.

Расчет нагрузки включает определение ее величины на вводе к каждому потребителю и последующее вычисление нагрузки отдельного элемента сети. Потребители электрической энергии в городской сети условно подразделяются на жилые дома и общественно-коммунальные учреждения. Нагрузка промышленных предприятий, подключенных к городской сети, принимается согласно проектам их электроснабжения либо по данным фактических измерений.

Конфигурация внутридомовых схем распределения электроэнергии в многоквартирных жилых зданиях определяется требованиями к надежности электроснабжения, этажностью, количеством секций, объемно-планировочными решениями, наличием подпольного этажа, а также встроенных предприятий и учреждений бытового обслуживания (магазины, ателье, ремонтные мастерские, парикмахерские и пр.).

В многоэтажном здании предусматривается вводно-распределительное устройство (ВРУ), которое служит для подключения внутренних электрических сетей к внешним питающим линиям, распределения энергии по внутридомовым сетям и защиты отходящих линий от перегрузок и токов короткого замыкания [13].

Для электроснабжения квартир от ВРУ прокладываются питающие линии, состоящие из горизонтальных и вертикальных участков (стояков). К горизонтальному участку может подключаться один или несколько стояков, при этом необходимо учитывать, что короткое замыкание на одном из стояков вызовет срабатывание аппарата защиты на ВРУ и отключение всей питающей линии, что приведет к обесточиванию значительного числа квартир. В целях повышения надежности электроснабжения квартир и обеспечения удобства ремонтных работ на каждом ответвлении к стояку рекомендуется устанавливать коммутационный и защитный аппарат. Помимо квартирных линий, от ВРУ запитываются внутридомовые линии освещения холлов, лестничных клеток, коридоров, а также электродвигатели лифтов, насосов, вентиляторов и электроприемники систем дымоудаления.

В каждой квартире независимо от количества комнат для питания осветительных и бытовых электроприемников при использовании газовых плит, как правило, прокладываются две однофазные групповые линии алюминиевыми проводами сечением $2,5 \text{ мм}^2$. Одна линия предназначена для общего освещения, а другая для штепсельных розеток. Допускается смешанная схема питания, при которой розетки, установленные в квартире, должны подключаться к разным групповым линиям. В домах с кухонными электрическими плитами предусматривается третья групповая линия для их питания [13].

При проектировании системы электроснабжения (СЭС) на основе исходных данных об объеме потребляемой мощности и технологических особенностях производства, а также с учетом электромагнитной совместимости различных электроприемников необходимо:

- ◆ корректно выбрать значение питающего напряжения;
- ◆ обеспечить нормативные показатели качества электроэнергии;
- ◆ разделить статическую и динамическую нагрузки.

Оптимальный выбор сечений и материалов проводников линий электропередачи, количества и мощности трансформаторов на всех подстанциях, а также применение устройств компенсации реактивной мощности позволяют существенно снизить потери при транспортировке электроэнергии от электростанции до конкретной технологической установки.

Энергосбережению и управлению энергопотреблением способствует грамотно организованный учет электроэнергии, осуществляемый на основе измерений счетчиками электрической энергии и информационно-измерительными системами [41, 43]. Для повышения эффективности учета в электроустановках, как правило, применяются автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ). Внедрение таких систем относится к малозатратным или среднзатратным мероприятиям со сроком окупаемости до одного года.

Одним из способов снижения потерь электроэнергии является выравнивание указанного графика. Изменение передаваемой трансформаторами электрической мощности во времени описывается графиком нагрузки за рассматриваемый период (сутки, месяц, год или весь срок службы).

Контроль электрических параметров необходим для поддержания заданного электрического и экономического режимов работы электроустановок, а так-

же для выявления и устранения несимметрии нагрузки в питающей сети. Кроме того, измерение параметров выполняется при настройке и наладке автоматических регуляторов мощности, устройств защиты от коротких замыканий и перегрузок, при определении потерь электроэнергии, КПД и коэффициента мощности.

При выборе контрольно-измерительных приборов следует ориентироваться на характеристики контролируемого оборудования, в первую очередь подбирая приборы по роду напряжения и частоте с учетом режима работы и перегрузочной способности. Необходимо также определить пределы измерения, при необходимости расширяя их с помощью трансформаторов тока и напряжения, шунтов и добавочных сопротивлений.

При проектировании электрических сетей зданий и сооружений необходимо руководствоваться следующими нормативными документами:

- ◆ Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», который устанавливает требования к кабельным линиям (огнестойкость, нераспространение горения) и системам противопожарной защиты [12];
- ◆ Федеральный закон № 190-ФЗ «О теплоснабжении» – устанавливает требования к проектированию насосных станций и котельных [41];
- ◆ Федеральный закон № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» – устанавливает правовые основы надежности [42];
- ◆ Правила устройства электроустановок, 7-е издание – глава 1.7, в которой представлены системы заземления, глава 7.1, содержащая общие сведения по расчету нагрузок, требования к ВРУ, АВР [13];
- ◆ СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа» – определяет правила прокладки кабелей, расчет нагрузок, требования к щитовым [14];
- ◆ ГОСТ Р 50571.4.41–2022 (МЭК 60364-4-41:2017) «Электроустановки низковольтные. Часть 4-41. Защита для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током» – представлены требования к выбору сечений по условиям нагрева, потере напряжения, термической стойкости [34];
- ◆ ГОСТ 32144–2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» – устанавливает допустимые отклонения параметров электрической сети в нормальном и послеаварийном режимах [43].

2.2.5. Проектирование молниезащиты

В сетях 0,4 кВ разряды молнии могут нанести колоссальный ущерб производству и электросетям, поскольку пораженное оборудование выходит из строя, что ведет к финансовым потерям, остановке производственных процессов и опасности для людей. Современные объекты перенасыщены чувствительной электроникой, которая крайне уязвима к импульсным перенапряжениям [10].

Проектирование молниезащиты регламентируется следующими действующими документами:

- ◆ ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010 «Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 1. Общие принципы» – представлены общие принципы проектирования молниезащиты и классификация [44];
- ◆ ГОСТ Р МЭК 62305-2-2010 «Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 2. Оценка риска» – требования к оценке риска, позволяющие определить необходимость молниезащиты [45];
- ◆ ГОСТ Р 59789-2021 «Молниезащита. Часть 3. Защита зданий и сооружений от повреждений и защита людей и животных от электротравматизма» – определена физическая защита зданий от повреждений и людей от электротравматизма, определены методы зон защиты [46];
- ◆ ГОСТ Р МЭК 62305-4-2016 «Защита от молнии. Часть 4. Защита электрических и электронных систем внутри зданий и сооружений» – защита электрических и электронных систем внутри зданий от электромагнитного воздействия молнии [47];
- ◆ СО 153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» – устанавливает общие требования к проектированию, монтажу и эксплуатации молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций [48].

В зависимости от важности объекта и проведенной оценки риска устанавливаются классы молниезащиты (I, II, III или IV в зависимости от необходимости проектирования молниезащиты). Для стандартного административного здания с офисной техникой предусматривается III или IV класс, а для промышленных объектов с автоматизированными системами управления технологическим процессом (АСУ ТП) требуется I или II класс [44–45, 48].

Проектирование молниезащиты для сетей 0,4 кВ включает две основные задачи (рис. 2.2.17) – защиту от прямого удара (внешняя система) и защиту от перенапряжений (внутренняя система).

Внешняя система защищает здание от пожара и механических разрушений, включает следующие элементы [45–47]:

- ◆ молниеприемник, который выполняется в виде стержневого молниеотвода, троса или сетки из стальной проволоки диаметром не менее 6 мм;
- ◆ токоотводы – соединяют молниеприемник с заземлителем, выполняются из стали диаметром не менее 6 мм и равномерно располагаются по периметру. Расстояние между токоотводами для I класса молниезащиты составляет 10 м;
- ◆ заземлитель, который обеспечивает отвод тока молнии в землю, предотвращая опасные разности потенциалов.

Устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП), которые являются ключевым элементом внутренней молниезащиты, подразделяются на три класса (типа) по месту установки [45–47]:

- ◆ тип 1 (класс I) – устанавливаются на вводе в здание (в главном распределительном щите);

- ◆ тип 2 (класс II) – устанавливаются в распределительных щитах этажей;
- ◆ тип 3 (класс III) – устанавливаются непосредственно перед конечным оборудованием.

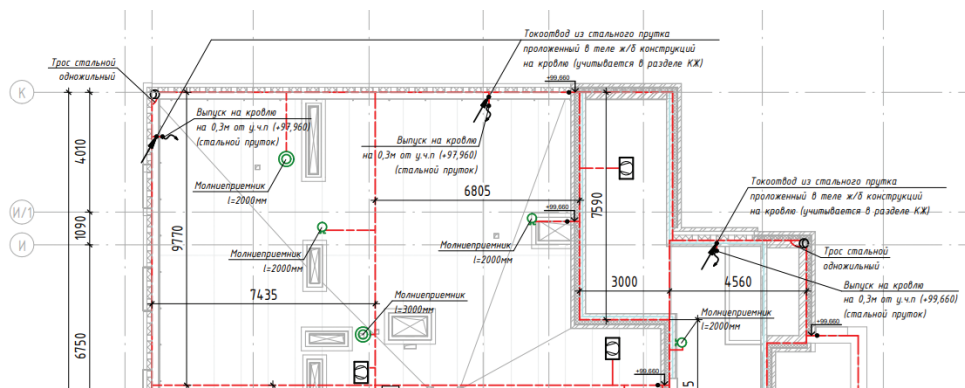


Рис. 2.2.17. Вариант проектирования молниезащиты (фрагмент)

Проект молниезащиты содержит следующие разделы [6, 10]:

- ◆ пояснительная записка, которая включает исходные данные, обоснование выбора уровня защиты, описание принятых решений, перечень нормативных документов, на основе которых выполнен проект;
- ◆ расчетная часть – расчет ожидаемого количества поражений молнией, расчет зон защиты молниеотводов, расчет заземляющего устройства;
- ◆ графическая часть – планы кровли с размещением молниеприемников и токоотводов, схемы расположения заземляющего контура, схемы подключения УЗИП в главном и этажных щитах;
- ◆ спецификация оборудования и материалов – полный перечень требуемых компонентов с указанием их характеристик (УЗИП, проводники, зажимы, крепления).

2.2.6. Выбор электрических проводов и кабелей при проектировании раздела ЭОМ

Основополагающими документами при прокладке электрических проводов и кабелей являются Правила устройства электроустановок и ГОСТ Р 50571.5.52–2011 «Электроустановки низковольтные. Часть 5-52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки» [49]. Вышеуказанный нормативный документ устанавливает требования к способам прокладки различных кабелей, выбор сечения проводников, практические рекомендации к монтажу.

Изолированные провода без защитной оболочки разрешается прокладывать только в трубах, коробах или на изоляторах. Запрещается их скрытая прокладка под штукатуркой, в бетоне, кирпичной кладке, пустотах строительных конструкций, а также открытая прокладка по стенам, потолкам, на лотках, тросах и иных поверхностях.

В одно- или трехфазных сетях при сечении фазных медных проводников до 16 мм^2 включительно сечение N- и PEN-проводников должно быть равным сечению фазных. При больших сечениях допускается уменьшение сечения нулевого рабочего проводника, но при двух условиях [10, 49]:

- ◆ ожидаемый максимальный рабочий ток в N-проводнике не превышает его длительно допустимый ток;
- ◆ нулевой защитный проводник имеет защиту от сверхтока.

Ключевыми требованиями нормативных документов к электропроводкам являются [49]:

- ◆ электропроводка в помещениях должна быть сменяемой, скрыто – в каналах строительных конструкций или замоноличенных трубах, открыто – в электротехнических плинтусах, коробах;
- ◆ в технических этажах, подпольях рекомендуется открытая прокладка;
- ◆ в зданиях с негорючими строительными конструкциями допускается несменяемая замоноличенная прокладка групповых сетей в бороздах стен, перекрытий, под штукатуркой, в слое подготовки пола или пустотах конструкций, но только кабелем или изолированными проводами в защитной оболочке;
- ◆ не допускается несменяемая замоноличенная прокладка проводов в панелях стен, перегородок и перекрытий, выполненная на заводах стройиндустрии или в монтажных стыках;
- ◆ за потолками и в пустотах перегородок из горючих материалов – в металлических трубах с локализационной способностью или в закрытых коробах;
- ◆ за потолками и в перегородках из негорючих материалов в трубах и коробах из негорючих материалов, а также кабелями, не распространяющими горение. Обязательное условие заключается в обеспечении заменяемости проводов и кабелей.

Для сетей бесперебойного питания обязательно применение проводов и кабелей с медными жилами, предпочтительно однопроволочных. Гибкие многопроволочные кабели допускаются лишь на реконструируемых участках или для подключения отдельных электроприемников. Соединения выполняются ответвительными сжимами или пружинными клеммами, многопроволочные жилы перед этим должны быть обжаты специальной оснасткой.

При прокладке отдельными проводами сечение фазных и защитных проводников принимается одинаковым, а нулевой рабочий проводник выполняется сечением, рассчитанным на ток, больший фазного в 1,7 раза. При больших мощностях допускается прокладка фазных, N- и PE-проводников двумя и более параллельными кабелями или проводами, причем все они должны прокладываться по одной трассе [10, 13, 49].

Выбор сечений проводников должен осуществляться по нагреву, экономической плотности тока и условиям короны. При этом если сечение, определенное по указанным условиям, оказывается меньше требуемого по другим факторам (термическая и электродинамическая стойкость при коротких замыканиях, потери и отклонения напряжения, механическая прочность, защита от перегрузки), принимается наибольшее из полученных значений.

Выбор сечения по экономической плотности тока нацелен на минимизацию приведенных затрат за весь срок службы электроустановки. Экономическая плотность тока – это нормированная величина, обеспечивающая оптимальное соотношение между капитальными затратами на сооружение линии и стоимостью потерь электроэнергии в ней. Методика расчета по данному критерию представлена в п. 1.3.25 ПУЭ [13].

В ряде случаев проверка по экономической плотности тока не требуется, согласно п. 1.3.28 ПУЭ [13], к ним относятся:

- ◆ сети промышленных предприятий до 1 кВ с числом часов использования максимума до 4000–5000;
- ◆ ответвления к отдельным электроприемникам до 1 кВ;
- ◆ осветительные сети промышленных предприятий, жилых и общественных зданий;
- ◆ сборные шины и ошиновка в пределах распределительных устройств.

Надежность работы электрической сети напрямую зависит от теплового режима кабеля, определяемого нагрузочной способностью изоляции. В соответствии с п. 5.1.3 РД 34.20.185-94 «Инструкция по проектированию городских электрических сетей» при проверке кабельных линий дополнительно должны учитываться тепловое сопротивление грунта и отличие номинального напряжения кабеля от номинального напряжения сети [50]. Для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией в послеаварийных режимах допускается перегрузка до 30 % в течение ограниченного времени (до 5 суток).

При возникновении КЗ через кабель протекают токи, значительно превышающие номинальные, что приводит к интенсивному нагреву жил. Проверка на термическую стойкость гарантирует, что температура жилы за время протекания КЗ не превысит предельно допустимого значения, установленного для данного типа изоляции (например, для бумажной изоляции – 200 °С, для ПВХ – 160 °С) [13, 50].

Нормативными документами при выборе электрических проводов и кабельных линий являются:

- ◆ Правила устройства электроустановок, 7-е издание – основополагающий нормативный документ для выбора проводников всех классов напряжений [13];
- ◆ ГОСТ Р 50571.5.52–2011 «Электроустановки низковольтные. Часть 5-52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки» – выбор и монтаж электропроводок в низковольтных установках (до 1 кВ) [49];
- ◆ СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа» – представлены требования к проектированию электроустановок жилых и общественных зданий, а также выбор сечений [14];
- ◆ РД 153-34.0-20.527-98 «Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования» – расчет токов КЗ и проверка оборудования на стойкость [26].

Вариант проектирования кабеленесущих систем представлен на рис. 2.2.18.

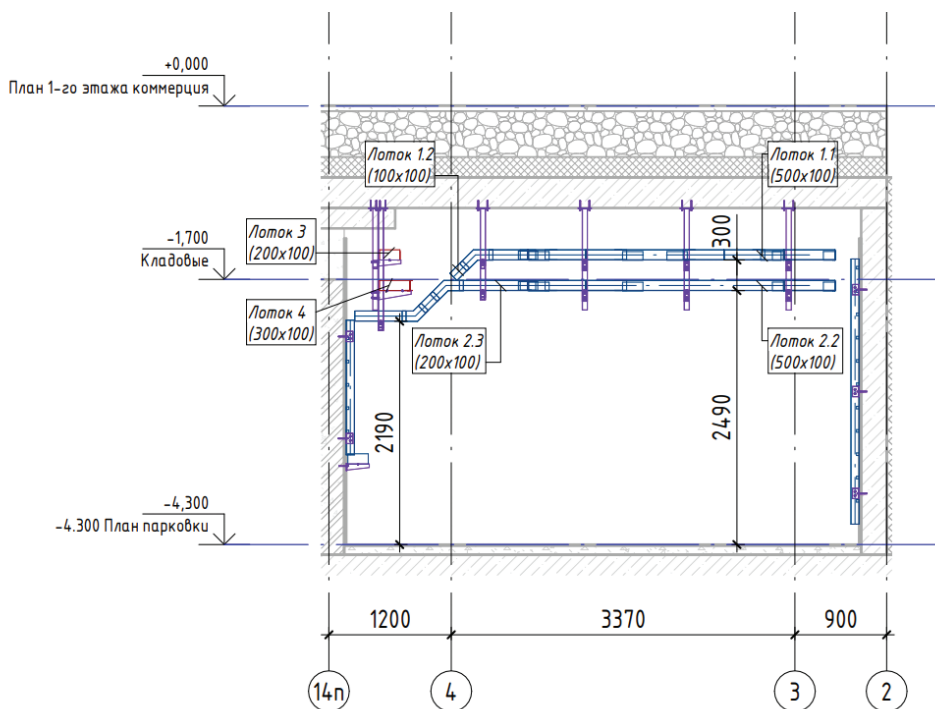


Рис. 2.2.18. Кабеленесущие системы

В одном кабеле, защитной трубе или пакете проводов допускается объединять цепи измерения, управления, сигнализации, питания (включая цепи питания и управления электродвигателями исполнительных механизмов, электроприводами задвижек) напряжением до 440 В постоянного и переменного тока. Обязательная раздельная прокладка устанавливается для следующих случаев [13, 26]:

- ◆ измерительные цепи, в которых помехи от цепей другого назначения превышают допустимые значения;
- ◆ взаиморезервируемые цепи питания и управления, в многоканальных коробах их можно разносить по разным каналам;
- ◆ цепи питания до 42 В (электрифицированный инструмент, освещение щитов) по условиям техники безопасности;
- ◆ цепи систем пожарной сигнализации и автоматики.

При прокладке кабелей систем автоматизации совместно с силовыми кабелями (в каналах, туннелях, открыто на конструкциях) необходимо соблюдать условия [13]:

- ◆ при двустороннем расположении конструкций (полок) размещать кабели автоматизации на противоположной стороне от силовых;
- ◆ при одностороннем расположении кабели автоматизации размещаются под силовыми, с обязательной горизонтальной разделительной перегородкой (асбоцемент, предел огнестойкости не менее 0,25 ч);

- ◆ допускается прокладка рядом (на одних полках) с силовыми кабелями до 1000 В, если разрешено условиями совместной прокладки;
- ◆ взаиморезервируемые цепи рекомендуется прокладывать на разных полках, разделенных перегородками (огнестойкость $\geq 0,25$ ч);
- ◆ вертикальное расстояние между горизонтальными конструкциями для кабелей автоматизации не менее 100 мм, расстояние между кабелями на одной полке не нормируется.

Современные методы монтажа требуют решения вопроса о применении кабелей с большим числом жил. При проектировании электропроводок с использованием многожильных кабелей цепи датчиков, первичных преобразователей, исполнительных механизмов объединяют в соединительных коробках или на местных щитах.

На вводе в щитовое помещение устанавливаются шкафы сборок зажимов, где выполняются все необходимые соединения (перемычки). От шкафов до панелей щита управления проводка осуществляется проводами в коробах, на лотках либо кабелями на конструкциях, в каналах, двойных полах.

2.2.7. Выбор аппаратов защиты в электрических сетях напряжением до 1000 В

Электрический аппарат представляет собой устройство, предназначенное для управления электроприемниками и источниками питания, а также для использования электрической энергии в целях воздействия на неэлектрические процессы. Электрические аппараты охватывают широкий спектр мощностей от маломощных до высокомощных, которые используются как для управления слаботочными цепями, так и для коммутации цепей с большой мощностью [10–11].

Электротехническое оборудование классифицируется по напряжению на две принципиально разные группы [11]:

- ◆ низковольтные аппараты (до 1 кВ включительно) представляют наиболее массовую категорию изделий, их конструкция ориентирована на обеспечение безопасности при непосредственном использовании в бытовых и промышленных условиях. Характерной особенностью является компактное исполнение и относительно простая схема защиты, что позволяет применять их без специальных мер предосторожности. К данной категории относятся автоматические выключатели, устройства защитного отключения (УЗО), магнитные пускатели (контакторы), реле управления;
- ◆ высоковольтные аппараты (свыше 1 кВ) требуют принципиально иного подхода к проектированию и эксплуатации, отличающегося сложной конструкцией с усиленной изоляцией и специализированными дугогасительными системами. К данной категории относятся масляные и вакуумные выключатели, разъединители, реакторы и другое оборудование, используемое в распределительных сетях и на трансформаторных подстанциях.

Электрические аппараты по назначению подразделяют на аппараты управления, защиты и контролирующие аппараты (датчики).

Аппараты управления предназначены для пуска, реверсирования, торможения, регулирования скорости вращения, напряжения и тока электрических машин, станков, механизмов, а также для управления другими потребителями электроэнергии в системах электроснабжения. Основная функция заключается в управлении электроприводами и нагрузками. Особенность заключается в возможности частого включения и отключения. К ним относятся [10–11]:

- ◆ аппараты ручного управления: пакетные выключатели и переключатели, рубильники, универсальные переключатели, контроллеры, командоконтроллеры, реостаты;
- ◆ аппараты дистанционного управления: электромагнитные реле, пускатели, контакторы.

Аппараты защиты используются для коммутации электрических цепей и защиты электрооборудования и сетей от сверхтоков (токов перегрузки, пиковых токов, токов короткого замыкания). К ним относятся плавкие предохранители, тепловые реле, токовые реле, автоматические выключатели.

Контролирующие аппараты (датчики) предназначены для контроля заданных электрических или неэлектрических параметров, преобразующих контролируемые величины в электрические сигналы, выдавая информацию в виде электрических сигналов. Основная функция заключается в контроле заданных параметров (датчики тока, давления, температуры, положения, уровня, фото-датчики, а также реле, реализующие функции датчиков контроля скорости, реле времени, напряжения, тока).

По принципу действия электроаппараты разделяются в зависимости от физического явления [10–11, 13]:

- ◆ коммутационные аппараты – замыкание и размыкание электрических цепей посредством контактов (рубильники, переключатели);
- ◆ электромагнитные аппараты – действие основано на электромагнитных усилиях, возникающих при работе (контакторы, реле);
- ◆ индукционные аппараты – основаны на взаимодействии тока и магнитного поля (индукционные реле);
- ◆ катушки индуктивности – реакторы, дроссели насыщения.

Независимо от назначения и конструкции к электрическим аппаратам предъявляется ряд общих требований [13]:

- ◆ изоляция должна быть рассчитана на возможные перенапряжения, возникающие при работе электроустановки;
- ◆ аппараты, предназначенные для частого включения и отключения номинального тока, должны обладать высокой механической и электрической износостойкостью; температура токоведущих элементов не должна превышать допустимых значений;
- ◆ при коротких замыканиях токоведущие части аппарата подвергаются значительным термическим и динамическим нагрузкам, которые не должны препятствовать дальнейшей нормальной работе;
- ◆ аппараты должны обладать высокой чувствительностью, быстродействием и универсальностью;

- ♦ общими требованиями также являются простота конструкции и обслуживания, экономичность (малые габариты и масса, минимальное использование дорогостоящих материалов).

Выбор электрического аппарата осуществляется на основе следующих критериев:

- ♦ электрические параметры – коммутируемые токи, напряжения и мощности, тип нагрузки, число коммутируемых цепей, параметры цепей управления;
- ♦ режим работы – длительный, кратковременный, повторно-кратковременный;
- ♦ условия эксплуатации – климатические факторы (температура, влажность, давление, вибрация), степень защиты (IP);
- ♦ конструктивные и экономические аспекты – способы крепления (DIN-рейка, винтовое, панельное), массогабаритные показатели.

Обобщенная классификация электрических аппаратов представлена на рис. 2.2.19.



Рис. 2.2.19. Классификация электрических аппаратов

К режимам работы электротехнических устройств относят номинальный режим, характеризующийся эксплуатационным режимом с параметрами (ток, напряжение, мощность, частота), указанными в технической документации. Нормальный режим подразумевает эксплуатацию с параметрами, незначительно отклоняющимися от номинальных (обычно в пределах 5–10 %) [13].

К отдельной категории стоит отнести аварийные режимы в виде короткого замыкания, перегрузки и пониженного напряжения. К методам защиты от аварийных режимов относятся автоматические выключатели, предохранители, реле защиты (токовые, напряжения), УЗО, дифференциальные автоматы, при этом аварийные режимы должны ликвидироваться за доли секунды [10].

Осветительные и розеточные сети в обязательном порядке оснащаются защитой от токов короткого замыкания. Защита от перегрузки по току требуется дополнительно в следующих случаях [13–14]:

- ◆ для внутренних осветительных сетей, выполненных открыто проложенными проводами с горючей наружной оболочкой или изоляцией;
- ◆ для осветительных сетей жилых и общественных зданий, торговых помещений, служебно-бытовых помещений промышленных предприятий, включая сети, питающие бытовые и переносные электроприемники (утюги, электрочайники, электроплитки, холодильники, пылесосы, стиральные и швейные машины и т. п.), независимо от типа проводов, кабелей и способа прокладки;
- ◆ для сетей, эксплуатируемых во взрывоопасных и пожароопасных зонах, также без ограничений по типу проводников и способу монтажа.

Защита осветительных и розеточных сетей реализуется на основе использования аппаратов защиты, к которым относятся предохранители, автоматические выключатели, устройства защитного отключения (УЗО), которые обеспечивают отключение электрической сети при возникновении аномальных режимов.

Установка предохранителей или автоматических выключателей обязательна во всех точках сети, где сечение проводника уменьшается в направлении к местам потребления энергии. Исключение составляют случаи, когда защита проводников меньшего сечения обеспечивается предыдущим аппаратом [13–14].

При выполнении ответвлений к щиткам от питающей линии допускается не устанавливать аппараты защиты, если длина ответвления не превышает 1 м. Также допустимо располагать аппараты защиты на расстоянии до 30 м от точки ответвления при следующих условиях [13–14]:

- ◆ при прокладке в стальных трубах – пропускная способность проводов ответвления должна составлять не менее 10 % от пропускной способности питающей линии;
- ◆ при открытой прокладке – не менее 50 %.

В целях повышения надежности и удобства эксплуатации систем электроснабжения рекомендуется устанавливать защитные аппараты в следующих местах [13]:

- ◆ в узлах разветвления питающей сети на три и более направления;
- ◆ в начале питающих стояков, обслуживающих три и более щитка;
- ◆ на вводах в здание;
- ◆ в начале ответвлений от основной линии системы «трансформатор–магистраль»;
- ◆ в установках наружного освещения – на ответвлениях к каждому светильнику;
- ◆ в установках местного освещения – на низшей стороне понижающих трансформаторов.

Обеспечение безопасности жизни, здоровья и имущества граждан является приоритетной задачей, определяющей требования к электроустановкам зданий. Безопасность эксплуатации электроустановок и электроприборов достигается комплексом защитных мероприятий. Одним из эффективных способов повышения электробезопасности служит применение УЗО, управляемых дифференциальным током.

Степень опасности воздействия электрического тока на человека определяется двумя независимыми факторами – длительностью протекания тока через тело и его силой. Тяжесть электротравмы находится в прямой зависимости от значений каждого из указанных факторов, при этом величина тока, представляющая опасность для человека, обусловлена приложенным напряжением и электрическим сопротивлением тела.

Помимо людей, опасности воздействия тока подвержено электрооборудование, в частности существует риск возникновения пожара. Ток величиной 500 мА, проходящий через горючие материалы, способен вызвать их воспламенение. Следует учитывать, что в любой электроустановке присутствуют токи утечки, значения которых существенно варьируются в зависимости от технического состояния оборудования, срока эксплуатации, условий окружающей среды и других факторов. Токи утечки, протекая по металлическим элементам конструкций (трубам, балкам и пр.), вызывают их нагрев, что может привести к пожару. Прямой контакт возникает вследствие ошибочных или неосторожных действий человека и представляет собой прикосновение к токоведущей части оборудования или установки, находящейся под напряжением (например, использование удлинителя с неизолированными контактами, прикосновение к токоведущей шине в распределительном щитке, повреждение скрытой проводки металлическим инструментом).

Для защиты от прямого контакта (независимо от режима нейтрали) применяются два способа [10]:

- ◆ основная защита – исключение доступа к токоведущим частям. Обеспечивается путем изоляции активных частей или их размещения на недоступном расстоянии. Реализуется посредством ограждений, защитных оболочек, закрытых шкафов, розеток с защитными шторками и изоляции, делающих активные части недостижимыми для случайного прикосновения;
- ◆ дополнительная защита – установка УЗО с чувствительностью 10 или 30 мА (например, дифференциальные выключатели). Данные устройства активируются только при нарушении основной защиты.

Непрямой контакт происходит по причинам, не зависящим от действий человека, и связан с внутренними неисправностями оборудования. Данный контакт представляет собой прикосновение к металлическим частям оборудования, случайно оказавшимся под напряжением вследствие повреждения изоляции. Существует два способа защиты от непрямых контактов [10, 13–14]:

- ◆ изоляция класса II (двойная изоляция) – перекрытие доступа к потенциально опасным металлическим частям. При нарушении первого слоя изоляции второй сохраняет свою эффективность. Изоляция класса II является простым и эффективным средством, позволяющим исключить опасность, обусловленную током утечки, и гарантировать защиту человека;
- ◆ автоматическое отключение установки при возникновении тока утечки. Для этого необходимы надежное соединение корпусов приборов между собой и их подключение к заземлителю, исправный заземлитель, устройство отключения.

УЗО представляет собой коммутационный аппарат (или совокупность элементов), который при достижении или превышении дифференциальным током

заданного значения в определенных условиях эксплуатации размыкает контакты. Устройства защитного отключения, управляемые дифференциальным током, наряду с устройствами защиты от сверхтока относятся к основным видам защиты от косвенного прикосновения, обеспечивающим автоматическое отключение питания. Защита от сверхтока (короткого замыкания) обеспечивает защиту от косвенного прикосновения путем отключения поврежденного участка цепи при глухом замыкании на корпус. При малых токах замыкания, снижении уровня изоляции или обрыве нулевого защитного проводника УЗО фактически выступают единственным средством защиты.

Применение защиты от сверхтока является обязательным для объектов жилого фонда, тогда как использование УЗО носит рекомендательный характер. При этом УЗО ни в коем случае не может служить единственным видом защиты от косвенного прикосновения.

2.2.8. Расчет токов короткого замыкания при проектировании систем электроснабжения в сетях до 1 кВ

Необходимость расчета токов короткого замыкания при проектировании заключается в проверке термической стойкости кабелей и заземляющих устройств, настройке релейной защиты, выборе коммутационных аппаратов, а также определении электродинамической стойкости.

На первом этапе проводится сбор исходных данных, а именно технических характеристик питающего трансформатора, схемы типов питания, подключения электродвигателей, а также параметров кабельной линии (материал, сечение, длина). После чего проводится расчет сопротивлений трансформатора и кабельной линии с использованием математической модели электрической цепи в соответствии с ГОСТ 28249–93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ» [21].

ГОСТ 28249–93 устанавливает общие требования к расчетам токов короткого замыкания в электроустановках переменного тока до 1 кВ. Стандарт определяет необходимость учета индуктивных и активных сопротивлений элементов, параметров электродвигателей и сопротивления контактов и дуги. Основным параметром является начальное значение периодической составляющей для выбора аппаратов [21].

Индуктивное сопротивление трансформатора определяется ГОСТ 28249–93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ», а активное сопротивление (мОм) рассчитывается по формуле [21]:

$$R_T = \frac{U_K \times U_{\text{НОМ}}^2}{100 \times S_{\text{НОМ}}}, \quad (2.2.1)$$

где U_K – напряжение короткого замыкания, %;
 $U_{\text{НОМ}}$ – номинальное напряжение первичной обмотки трансформатора, кВ;
 $S_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА.

После расчета сопротивлений трансформатора и кабельных линий проводится расчет токов короткого замыкания. При этом определяется значение трехфазного симметричного короткого замыкания, однофазное КЗ на землю, а также апериодическая составляющая и ударный ток.

Расчет токов КЗ для выбора коммутационных аппаратов служит для обеспечения надежной защиты и включает определение следующего [21]:

- ◆ отключающей способности, характеризующей безопасное гашение дуги при размыкании;
- ◆ электродинамической стойкости, т. е. стойкости к механическому удару тока;
- ◆ термической стойкости, которая характеризует защиту изоляции и контактов от перегрева.

Алгоритм выбора устройства защитного отключения включает следующие шаги.

На первом этапе необходимо определить тип помещения – нормальные условия (сухие помещения, отсутствие агрессивной среды, нормальная температура), повышенная опасность (влажные помещения, высокая температура, пыль) или особо опасные (ванные комнаты, химически активная среда, особо сырые помещения). После чего определяется тип нагрузки, который влияет на необходимость установки УЗО. При защите в розеточной сети обязательна установка УЗО 30 мА, в осветительной сети только при повышенной опасности, а для стационарного оборудования не требуется. Ток утечки определяется по формуле [10–11]:

$$I_{\text{ут}} = I_{\text{нагр}} \times 0.4 + L_{\text{каб}} \times 10, \quad (2.2.2)$$

где $I_{\text{нагр}}$ – ток нагрузки, мА;
 $L_{\text{каб}}$ – длина фазного проводника, м.

При этом необходимо выполнять условие совместимости [10–11, 13]:

$$I_{\text{ут.сумм.}} \leq \frac{1}{3} \times I_{\Delta\text{лУЗО}}, \quad (2.2.3)$$

где $I_{\Delta\text{лУЗО}}$ – номинальный дифференциальный ток УЗО, мА.

На следующем этапе производится выбор тока срабатывания УЗО. Повышенная защита (10 мА) предусматривается в медицинских помещениях и детских учреждениях. Устройство защитного отключения 30 мА устанавливается в ванных комнатах, при наличии розеток в опасных помещениях, а также при наружном освещении. Защита от возгорания (100–300 мА) предусматривается при вводе в квартиру и противопожарной защите [10, 14].

Тип УЗО выбирается в зависимости от определенных токов утечки. Так, при синусоидальных и пульсирующих постоянных токах предусматривается тип А, тип АС при синусоидальных переменных токах утечек. При необходимости учета вышеуказанных видов токов утечек предусматривается УЗО типа В. На завершающем этапе проводится проверка ограничений.

Типовыми решениями для различных объектов защиты при установке УЗО являются [10–11, 13–14]:

- ◆ жилой комплекс – устройство защитного отключения 300 мА на вводе и УЗО 30 мА на розеточные группы;
- ◆ офисные помещения – УЗО 30 мА для всех розеточных групп;
- ◆ наружное освещение – устройство защитного отключения 30 мА для каждой линии освещения;
- ◆ ванная комната – обязательна установка УЗО 30 мА для розеток.

Обязательные требования к проверке силовых кабелей на невозгорание при коротких замыканиях и порядок расчета температур токопроводящих жил и тепловых импульсов в папоCAD BIM Электро установлены отраслевым распорядительным документом ЦИРКУЛЯР № Ц-02-98 (Э) [51].

На эксплуатируемых энергоустановках предписывается выполнять проверку силовых кабелей на невозгорание при КЗ в начале линии и при срабатывании резервной защиты. Допускается принимать расчетную точку КЗ на расстоянии 20 м от начала кабеля напряжением до 1 кВ и 50 м от начала кабеля напряжением 6–10 кВ. Критерием проверки служат расчетные температуры нагрева жил. Данное требование применимо и ко вновь проектируемым и реконструируемым энергетическим объектам, а также необходимо применять силовые кабели сечением не менее 70 мм² с многопроволочными алюминиевыми жилами [51].

При превышении температур, указанных в распорядительном документе, необходимо реализовать технические мероприятия, а именно изменение уставок защит, замену на быстродействующие защиты, изменение схемы питания. После каждого воздействия тока КЗ выполняется расчет температуры жил. Если температура не превышает значений, кабель пригоден к дальнейшей эксплуатации. При температуре в интервале между графами допускается эксплуатация в течение одного года при условии дополнительного осмотра, ремонта в доступных местах.

Проверка кабелей на невозгорание требует расчета трехфазного металлического КЗ в начале проверяемой линии. При этом допускается удаление расчетной точки на указанные выше расстояния (20/50 м) [51].

Учет тока подпитки от асинхронных электродвигателей на полный ток КЗ необходимо проводить для сети 0,4 кВ, в случае если суммарный номинальный ток одновременно включенных двигателей превышает 10 % начального значения периодической составляющей тока КЗ без учета двигателей, а для сети 6 кВ в том случае, когда двигатели мощностью 100 кВт и более, не отделенные реакторами или трансформаторами. Подпитка рассчитывается без учета апериодической составляющей. Для сети 0,4 кВ дополнительно учитывается активное сопротивление дуги и нагрев кабелей [51].

2.2.9. Проверка раздела проектной документации силового электрооборудования и внутреннего электроосвещения

При проектировании систем электроснабжения необходимо проверить проект на наличие следующих наиболее распространенных ошибок [10–11]:

- ◆ время-токовые диаграммы защитных аппаратов – уставки коммутационных аппаратов выбраны без построения диаграмм координации при максимальном и минимальном токах КЗ, что не подтверждает селективность, нарушая ПУЭ, п. 3.1.8;

- ◆ термическая стойкость кабелей к токам КЗ – сечение выбрано по допустимому току, но не проверено по условию термической стойкости, согласно ГОСТ Р 50571.4.43–2012 «Электроустановки низковольтные. Часть 4-43. Требования по обеспечению безопасности. Защита от сверхтока», п. 434.5.2 [52], поскольку на магистралях с большими токами КЗ кабель может не выдержать теплового импульса;
- ◆ надежность электроснабжения – в проекте присутствует схема АВР, однако время переключения не подтверждено расчетом. Для I категории – перерыв только на время автоматического восстановления, согласно ПУЭ, п. 1.2.18 [13], а для особой группы должен быть предусмотрен независимый источник (ГОСТ Р 50571.5.56–2013 «Электроустановки низковольтные. Часть 5-56. Выбор и монтаж электрооборудования. Системы обеспечения безопасности») [53];
- ◆ коэффициенты спроса – взяты для однородной группы электроприемников, а применяются к смешанной группе. В другом случае коэффициент спроса может быть назначен для всей подстанции вместо поузлового расчета [14];
- ◆ чувствительность защит на удаленных присоединениях – ток короткого замыкания в конце длинной линии падает ниже порога электромагнитного расцепителя, что должно обеспечиваться согласно ПУЭ, п. 1.1.7 [13]. Время отключения для сети 220 В должно быть менее 0,4 с, а для 380 В – 0,2 с;
- ◆ электромагнитная совместимость – экранированные кабели не заложены, не предусмотрены фильтры, а трассы силовых и слаботочных сетей не разнесены в соответствии с ГОСТ Р 51524–2012 «Совместимость технических средств электромагнитная. Системы электрического привода с регулируемой скоростью. Часть 3. Требования ЭМС и специальные методы испытаний» [101];
- ◆ электрическая дуга – для ГРЩ и ВРУ 0,4 кВ с высокими токами, более 20 кА, целесообразно предусмотреть дугозащитные меры;
- ◆ нулевой проводник – сечение нулевого проводника не увеличено при нелинейных нагрузках в случаях использования светодиодных драйверов и т. п.;
- ◆ групповая прокладка – поправочные коэффициенты на число кабелей в коробе и температуру среды не применены (ПУЭ, табл. 1.3.12 и 1.3.3) [13], в связи с этим допустимый ток будет завышен, поэтому коммутационный аппарат не защищает кабель.

2.3. Проектирование систем электроснабжения 0,4 кВ в nanoCAD BIM Электро

2.3.1. Установка программы nanoCAD

Разработчиком программных продуктов линейки nanocad является российская компания ООО «Нанософт разработ-ка», которая бесплатно представляет полнофункциональные учебные лицензии для оборудования компьютерных классов образовательных организаций, а также персональных компьютеров преподавательского состава и обучающихся. Учебные лицензии предоставляются сроком на 1 год. Для получения учебной лицензии необходимо зарегистрироваться на сайте **nanocad.ru** и оформить заявку в соответствии с видеоинструкцией: <https://academy.nanocad.ru/education>.



Видеоинструкция по получению и установке учебных лицензий программных продуктов nanoCAD

2.3.2. Начало работы в nanoCAD BIM Электро

Работа в nanoCAD BIM Электро начинается не с открытия файла, а с создания проекта. Проект представляет собой структурированный набор папок и файлов, включающий чертежи и базу данных применяемых элементов.

Для создания нового проекта необходимо:

1. Выбрать вкладку **Электрика** для перехода на ленту с командами nanoCAD BIM Электро (рис. 2.3.1).
2. Выбрать команду **Менеджер проекта** (или ввести в командную строку CW_PROJECT) на вкладке **Электрика** (рис. 2.3.1).



Рис. 2.3.1. Лента nanoCAD BIM Электро

В открывшемся окне **Менеджер проекта** пользователю доступны следующие операции: создание нового проекта, открытие существующего, а также сохранение изменений в активном проекте.

Для инициализации проекта следует выполнить команду **Создать проект**, которая доступна как на панели инструментов, так и в меню **Файл** (рис. 2.3.2).

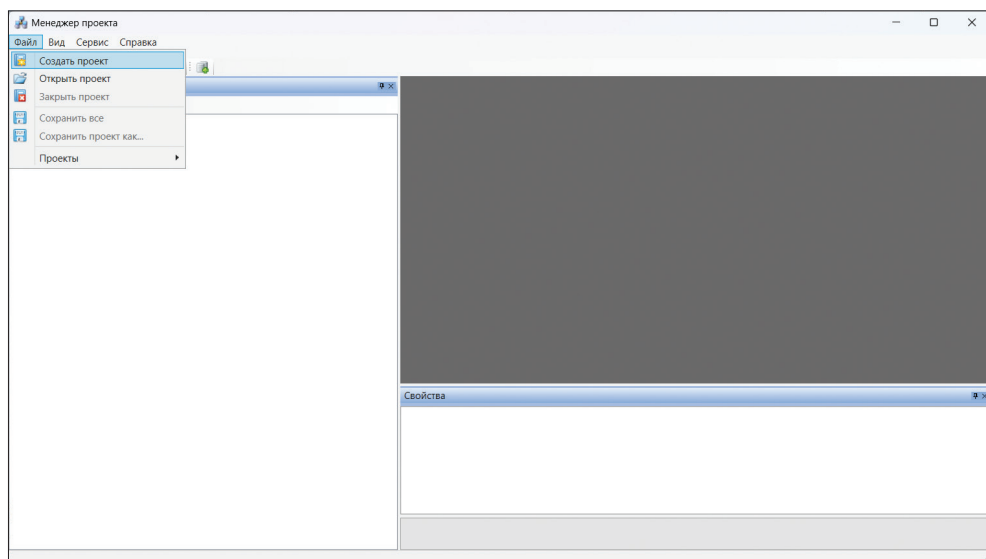


Рис. 2.3.2. Запуск команды **Создать проект** из меню **Файл**

После вызова команды отображается диалоговое окно **Создание нового проекта**, в котором задаются следующие параметры:

- ◆ **Название** – наименование создаваемого проекта;
- ◆ **Папка** – путь к каталогу на локальном или сетевом диске, где будет размещена папка проекта;
- ◆ флажок **Использовать базу данных по умолчанию** (поз. 3). При его снятии предоставляется возможность выбрать внешнюю базу оборудования, данные из которой будут использованы для наполнения базы проекта по умолчанию (рис. 2.3.3).

Программа автоматически создает папку проекта в указанной директории с заданным именем. В окне **Менеджер проекта** отображается сформированная структура папок и документов проекта.

В папоCAD BIM Электро каждый проект обладает собственным набором атрибутов (свойств). Значения атрибутов используются для автоматического заполнения основной надписи на листах выходной документации.

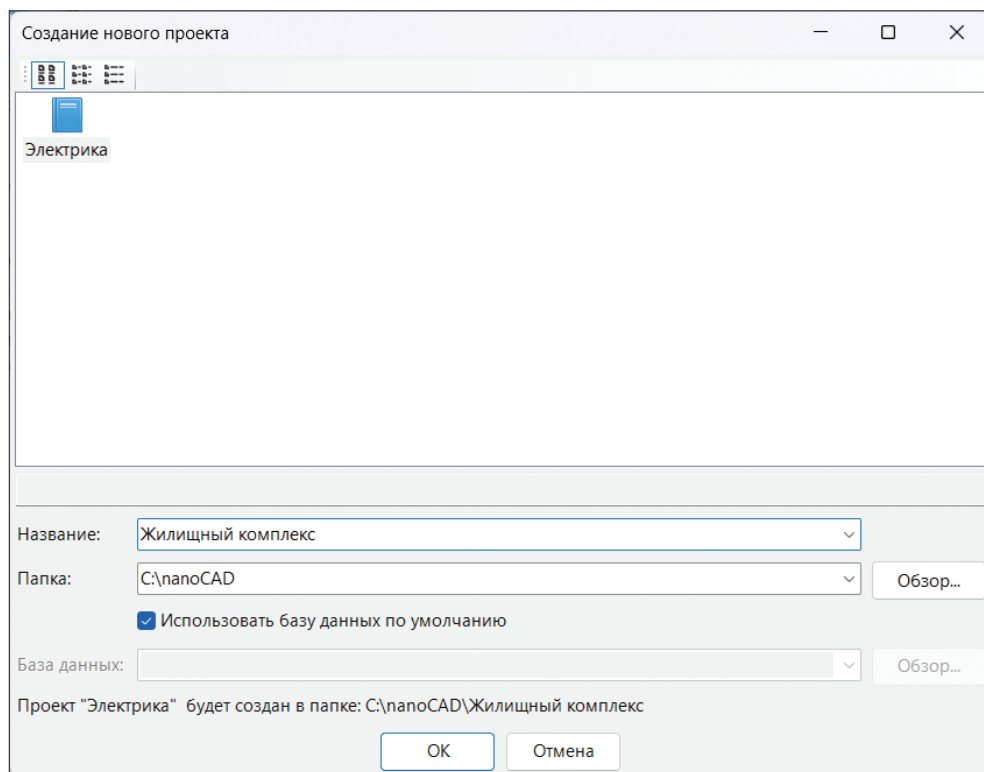


Рис. 2.3.3. Заполнение параметров в окне **Создание нового проекта**

Для настройки свойств проекта в окне **Менеджер проекта** необходимо выбрать корневую папку проекта. В нижней левой части интерфейса в окне **Свойства** отобразятся соответствующие атрибуты. Если окно **Свойства** не отображается, его следует активировать с помощью команды **Свойства** на панели инструментов или через меню **Вид** (рис. 2.3.4).

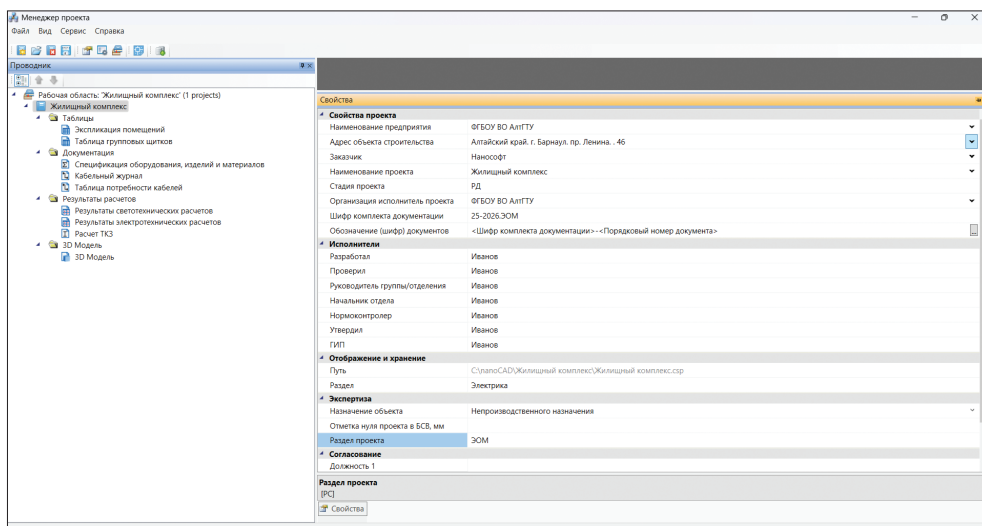
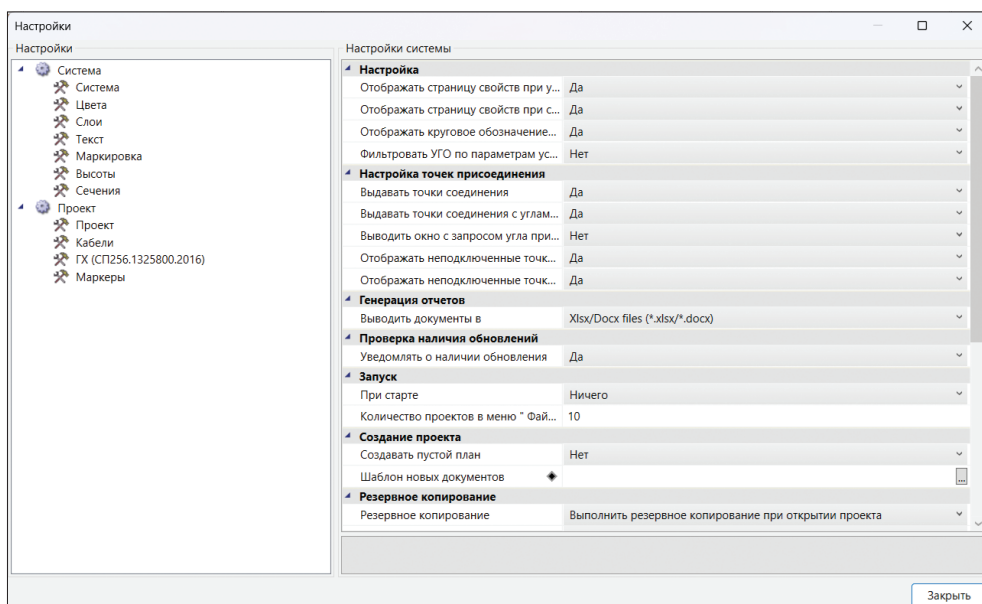


Рис. 2.3.4. Пример заполнения свойств проекта

Далее необходимо выполнить внутреннюю настройку программы nanoCAD BIM Электро. Помимо общих настроек Платформы nanoCAD (вызываемых командой **Настройки программы** или **OPTIONS** на ленте **Настройки**), приложение nanoCAD BIM Электро имеет специализированные параметры, регулирующие оформление, поведение инструментов и методики расчета. Для доступа к ним служит команда **Настройки** (или **CW_APP_SETTINGS**) на вкладке **Электрика** (рис. 2.3.5).

Рис. 2.3.5. Заполнение параметров в окне **Создание нового проекта**

Настройки подразделяются на две основные категории: **Система** и **Проект**.

Категория **Система** (глобальные параметры оформления):

- ◆ закладка **Система** позволяет адаптировать поведение программы под индивидуальные предпочтения пользователя;
- ◆ закладка **Цвета** определяет цвета подсветки объектов на плане в процессе работы;
- ◆ закладка **Слои** задает параметры слоев, в которые автоматически помещаются элементы проекта на плане;
- ◆ закладка **Текст** устанавливает текстовые стили и высоту шрифта для автоматически генерируемых документов;
- ◆ закладка **Маркировка** предоставляет возможность задать пользовательскую маску для автоматической маркировки элементов проекта из приведенного списка;
- ◆ закладка **Высоты** определяет значения высоты установки по умолчанию для каждого типа элементов. Целесообразно использовать, если определенный вид оборудования в проекте преимущественно размещается на фиксированной высоте (например, ящики – на 1,5 м, розетки – на 0,9 м, выключатели – на 1,0 м);
- ◆ закладка **Сечения** настраивает внешний вид и обозначения сечений трасс.

Категория **Проект** (параметры, задаваемые для каждого проекта):

- ◆ закладка **Проект** позволяет выбрать методики расчетов и задать параметры для выполнения расчетов и проверок;
- ◆ закладка **Кабели** задает параметры прокладки кабелей в кабеленесущих системах (КНС) и алгоритмы расчета длин кабелей;
- ◆ закладка **ГХ** (группа по характеру использования) предназначена для задания групп потребителей с необходимыми данными для расчета нагрузок по СП256.1325800.2016.

Настройки данной группы определяют методики расчетов и параметры инструментов и должны быть заданы перед началом работ над каждым новым проектом.

Порядок настройки групп для рабочего освещения представлен на рис. 2.3.6. При этом выбор расчетной таблицы производится в графе **Таблица (Кс/Ко)**. Дополнительно в рамках проекта необходимо создать группы **Сантехническое оборудование, Кондиционеры, Тепловые завесы** для учета потребителей другой категории.

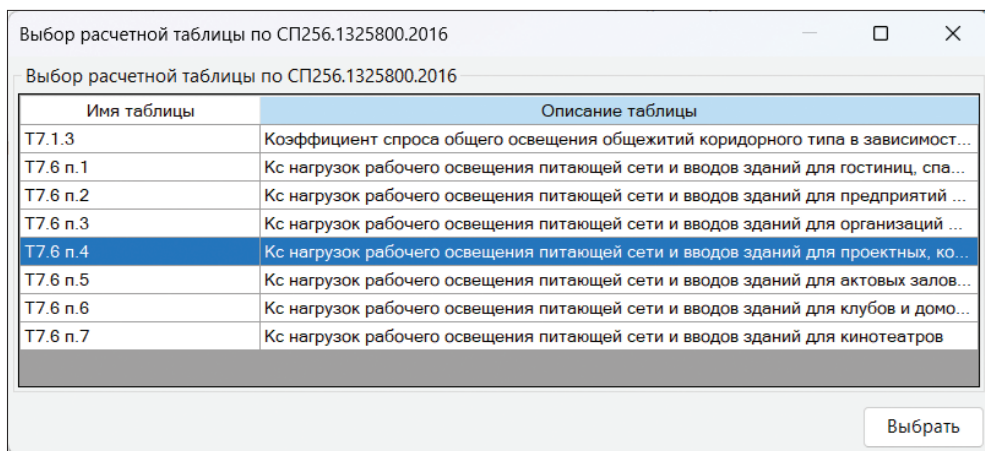
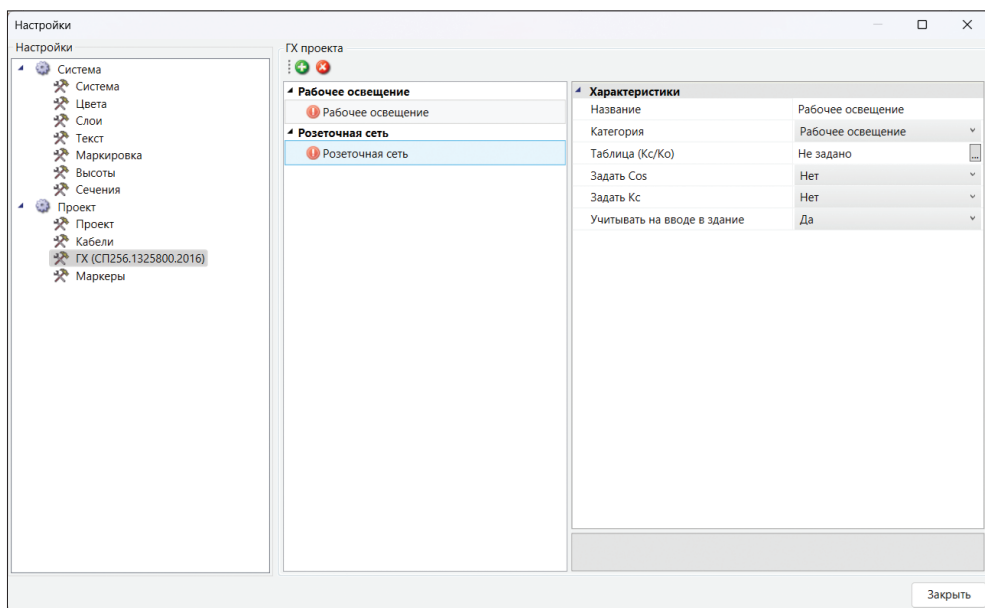


Рис. 2.3.6. Настройка параметров для расчета нагрузки рабочего освещения

Подключение плана в формате DWG к проекту рекомендуется выполнять с использованием команды **Ссылка на .dwg** Платформы nanoCAD. Для этого предварительно следует создать DWG-файлы в **Менеджере проекта**. Необходимо выбрать папку проекта, вызвать контекстное меню правой кнопкой мыши, команда **Создать новый план** (рис. 2.3.7).

Откроется окно **Создать новый план**, где можно задать имя плана, DWT-шаблон, масштаб документа и масштаб модели. Для учебного проекта устанавливаются масштаб плана 1:1, масштаб модели 1:100.

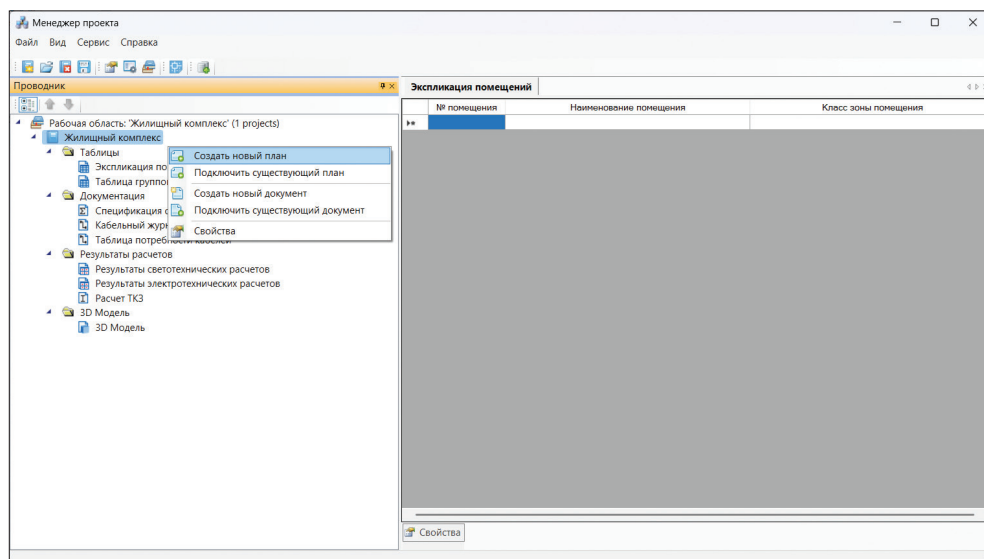


Рис. 2.3.7. Создание нового плана

После нажатия **Создать** в структуре **Менеджера проекта** появляется раздел **Чертежи** и созданный план (**План автостоянки**), а в папке проекта генерируется соответствующий DWG-файл. При выборе плана в **Менеджере проекта** отображаются его свойства, которые можно изменять: масштабы, наименование документа (только для отображения в **Менеджере**) и раздел хранения.

Для вставки внешней ссылки на DWG-файл в созданный **План автостоянки.dwg** (рис. 2.3.8):

1. Перейти на вкладку **Вставка**.
2. Выбрать команду **Ссылка на .dwg** (или ATTACH).
3. Выбрать файл **План -2 этажа (автостоянка)**.
4. В окне **Вставка внешней ссылки** снять флаг **Указать на экране** у параметра **Точка вставки** и нажать **ОК**.

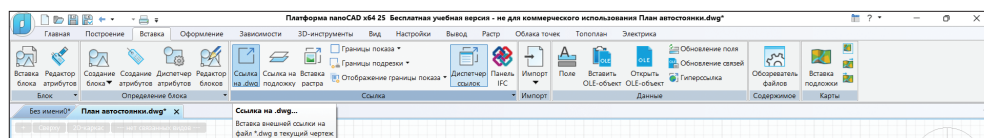


Рис. 2.3.8. Вставка внешней ссылки

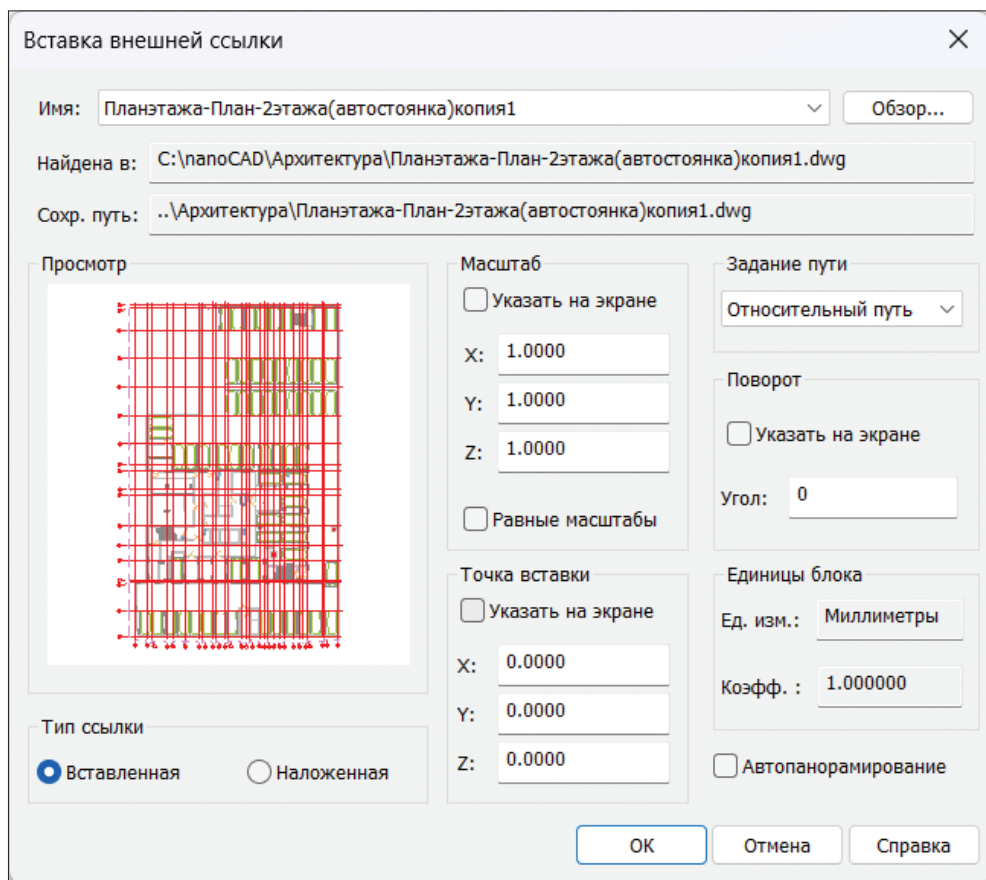


Рис. 2.3.8. Окончание

Выбранный файл будет вставлен как внешняя ссылка. Преимущество данного метода заключается в том, что при изменении архитектурных решений достаточно обновить только файл внешней ссылки.

Для создания контура этажа необходимо выполнить команду **Создать этаж** (или **CW_ADD_FLOOR_CONTOUR**) на вкладке **Электрика** и выбрать режим построения.

По умолчанию доступен режим **по 2 точкам**, необходимо указать два противоположных угла создаваемого прямоугольного контура. Контуры этажей размещаются программой на непечатаемом слое, поэтому точное повторение геометрии стен не требуется (рис. 2.3.9).

После создания контура автоматически открывается окно его свойств, где необходимо заполнить номер здания, номер этажа, высотную отметку этажа, высоту этажа и высоту помещений этажа.

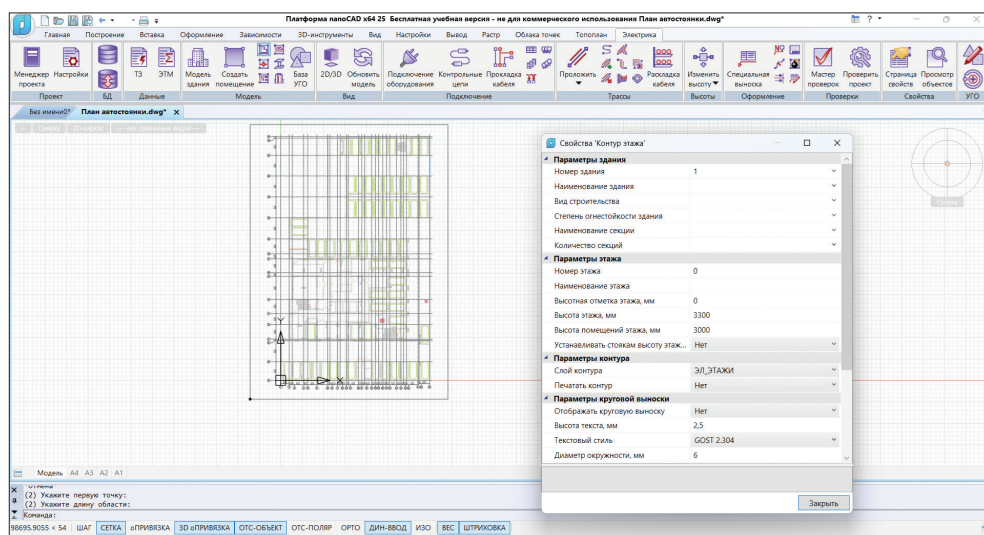


Рис. 2.3.9. Черчение контура этажа

Одновременно с контуром этажа создается **Маркер совмещения**, необходимый для корректного построения 3D-модели здания. Маркер представляет собой отдельный объект, его можно перемещать, удалять или добавлять из базы УГО. Позиции маркеров совмещения на разных этажах формируют вертикальную ось, относительно которой размещаются оборудование, стойки и трассы при построении общей модели.

Для создания контура помещения используется команда **Создать помещение** (или **CW_ADD_RECT_ROOM_CONTOUR**) на вкладке **Электрика**. Необходимо выбрать режим черчения (рис. 2.3.10).

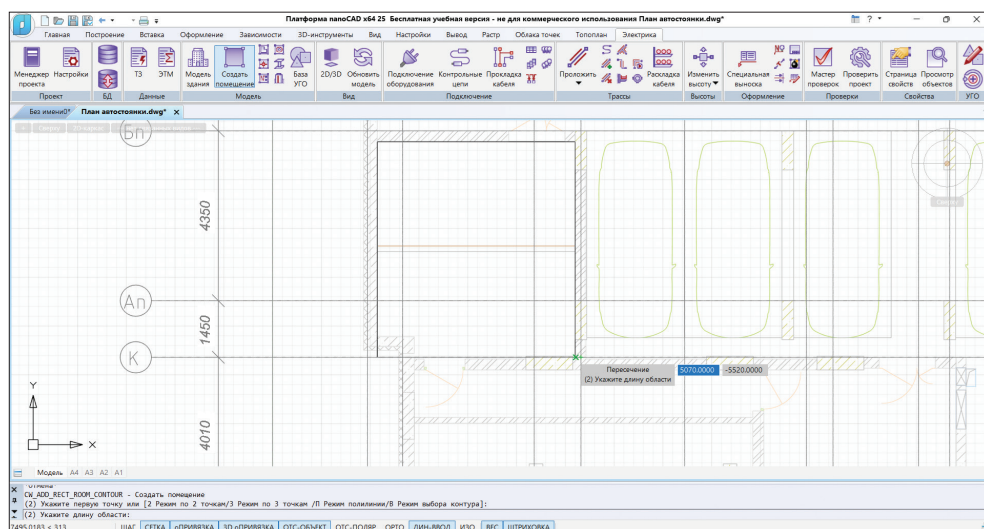


Рис. 2.3.10. Черчение контура помещения

При создании помещений в режиме **по 2 точкам** необходимо указать два противоположных угла прямоугольного помещения. После создания откроется окно свойств помещения, содержащее вкладки **Общие свойства** и **Светотехнические свойства**.

Параметры **Площадь, м²**, **Номер здания**, **Номер этажа** и **Высота помещения, мм** переводятся автоматически из свойств этажа. Пример заполнения приведен на рис. 2.3.11.

Свойства 'Контур помещения'	
Общие свойства	
Характеристики	
Номер помещения	T-1
Наименование помещения	Электрощитовая
Площадь, м ²	25,32
Периметр, м	20,13
Номер здания	1
Номер этажа	-2
Высота помещения, мм	3000
Характеристики среды	
Категория помещений по СП 12.131...	Не категоризируется
Категория взрывоопасной зоны по...	Невзрывоопасная
Категория взрывоопасной зоны по...	Невзрывоопасная
Категория пожароопасной зоны по...	Непжароопасная
Среда	Жаркая
Температура, °C	20
Параметры контура	
Слой контура	ЭЛ_ПОМЕЩЕНИЕ_КОНТУР
Печатать контур	Нет
Отображать прямоугольные области	Да
Среда	
Заккрыть	

Рис. 2.3.11. Свойства помещения

После нажатия **Заккрыть** помещение фиксируется на чертеже. Для выхода из режима создания помещений необходимо нажать **Esc**.

Режим **полилинии** позволяет создавать помещения произвольной формы. После вызова команды необходимо выбрать данный режим и последовательно указать все вершины контура.

Перед использованием автоматического определения помещений (команда **Автоматически определить помещение** или **CW_CREATE_ROOM_BY_POINT**) рекомендуется отключить слои, элементы которых могут препятствовать определению границ (например, **Сетка осей** и **Лестницы**).

Контур и атрибуты помещений могут быть не только заданы вручную, но и импортированы из IFC-модели здания. Для этого необходимо перейти на чертеж и выполнить команду **Модель здания** (или **CW_CALC_LIGHT**) на вкладке **Электрика**.

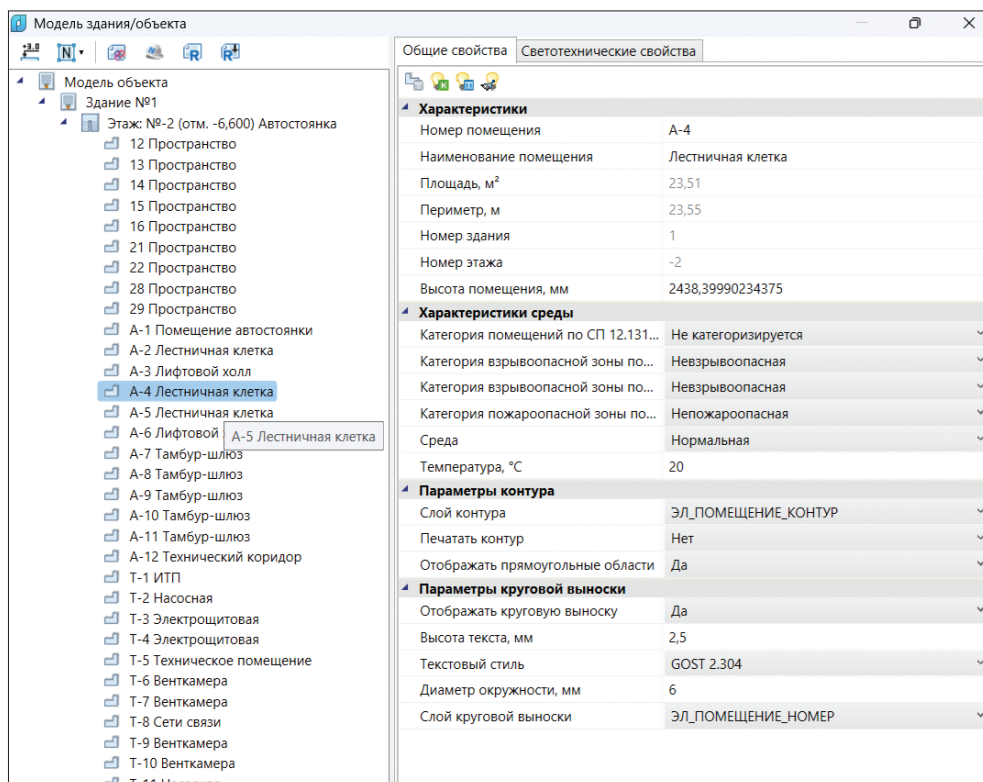
В открывшемся окне **Модель здания/объекта** доступен просмотр существующих помещений. Для импорта выполните команду **Импортировать этаж из IFC файла** на панели инструментов.

В окне **Выбор файла ссылки** необходимо указать путь, после чего следует выбрать нужный этаж и нажать кнопку **Импорт** (рис. 2.3.12).



Рис. 2.3.12. Выбор этажа и помещений

Программа запросит точку вставки. Рекомендуется выбрать пересечение осей 1 и А. После указания точки выполняется импорт атрибутов и контуров этажа и помещений. Окно **Импорт помещений** закрывается командой **Завершить**. На чертеже отображаются контур этажа, контуры помещений и маркер совмещения, размещенный в точке вставки. В окне **Модель здания/объекта** появляются все импортированные этажи и помещения (рис. 2.3.13).

Рис. 2.3.13. Окно **Модель здания/объекта**

После выполнения задания необходимо сохранить и закрыть проект. Для этого в окне **Менеджер проекта** выполнить команду **Сохранить все**, затем **Закрыть проект**. После закрытия проекта также следует сохранить и закрыть все связанные с ним DWG-файлы.

База данных для выполнения проекта доступна во вкладке **Базы оборудования** на официальном сайте ООО «Нанософт разработка».

2.3.3. Проектирование электрического освещения

Для выполнения расчета освещенности методом коэффициента использования (Ки) необходимо открыть проект. После загрузки проекта требуется открыть план этажа двойным щелчком левой кнопки мыши. В окне свойств помещения присутствуют две вкладки: **Общие свойства** и **Светотехнические свойства**. Для корректного расчета освещенности методом Ки необходимо задать светотехнические характеристики помещения, что можно сделать индивидуально для каждого помещения через его свойства (вкладка **Электро**) либо централизованно через окно **Модель здания/объекта**.

В открывшемся диалоговом окне необходимо выбрать соответствующий прототип. После нажатия кнопки **Выбрать** выбранные параметры прототипа будут применены к помещению.

Далее можно приступить к расчету освещенности, для этого на панели инструментов окна **Модель здания/объекта** следует вызвать команду **Расчет освещенности. Метод Ки** (рис. 2.3.14).

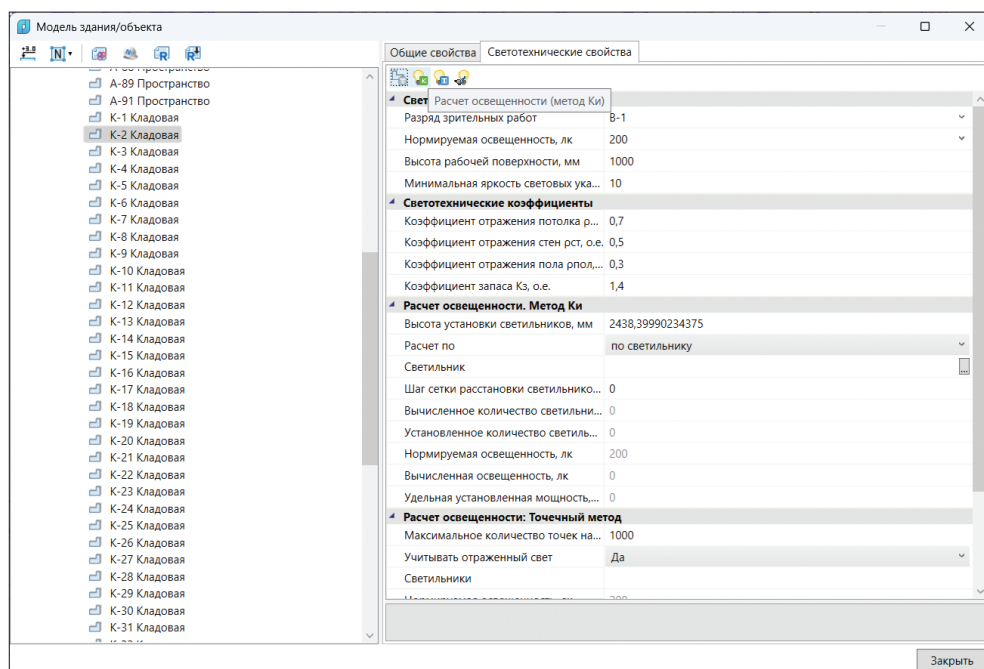


Рис. 2.3.14. Команда **Расчет освещенности. Метод Ки**

В появившемся окне **Расчет освещенности методом Ки** необходимо указать высоту установки светильников, выбрать из базы данных оборудования соответствующий тип светильника и нажать кнопку **Пересчитать**. Программа автоматически определит требуемое количество светильников (рис. 2.3.15).

Расчёт освещённости методом Ки

Характеристики	
Номер помещения	К-2
Наименование помещения	Кладовая
Площадь, м ²	4,8
Высота помещения, мм	2438,39990234375
Светотехнические характеристики	
Разряд зрительных работ	В-1
Нормируемая освещенность, лк	200
Высота рабочей поверхности, мм	1000
Характеристики среды	
Категория помещений по СП 12.131...	В3
Категория взрывоопасной зоны по...	Невзрывоопасная
Категория пожароопасной зоны по...	П-IIa
Среда	Нормальная
Температура, °C	20
Светотехнические коэффициенты	
Коэффициент отражения потолка p...	0,7
Коэффициент отражения стен рст, о.е.	0,5
Коэффициент отражения пола рпол,...	0,3
Коэффициент запаса Кз, о.е.	1,4
Расчет освещенности. Метод Ки	
Высота установки светильников, мм	2438,39990234375
Расчет по	по светильнику
Светильник	ДПБ-01-ПП-24-BL-3К-IP65-A3 CRI90
Шаг сетки расстановки светильнико...	0
Вычисленное количество светильни...	0
Установленное количество светилъ...	0
Нормируемая освещенность, лк	200
Вычисленная освещенность, лк	0

*Прямоугольная область									Установить рекомендуемое количество светильников	Расчет по требуемой освещенности		3
Светильник	Тип ламп	Количество ламп	Необходимое количество светильников	Освещенность от необходимого количества светильников	Рекомендуемое количество светильников	Освещенность от рекомендуемого количества светильников	Индекс помещения	Ки				
ДПБ-01-ПП-24-BL-3К-IP65-	СД	0	2	351.09	2	351.09	0.67	40.72				

Рис. 2.3.15. Окно Расчет освещенности методом Ки

При нажатии кнопки **Поместить** открывается окно **База УГО**, где требуется выбрать подходящее условное графическое обозначение. В рассматриваемом примере используется УГО **Светильник светодиодный формы, отличной от линейной**. В результате светильники равномерно размещаются в помещении на заданной высоте (рис. 2.3.16).

Точечный расчет возможен только при условии, что в помещении уже установлены светильники. Необходимо открыть окно **Модель здания/объекта**, при этом в интерфейсе появится индикатор, свидетельствующий о том, что для данного помещения ранее был выполнен расчет методом Ки. Необходимо выбрать команду **Расчет освещенности: Точечный метод** (рис. 2.3.17).

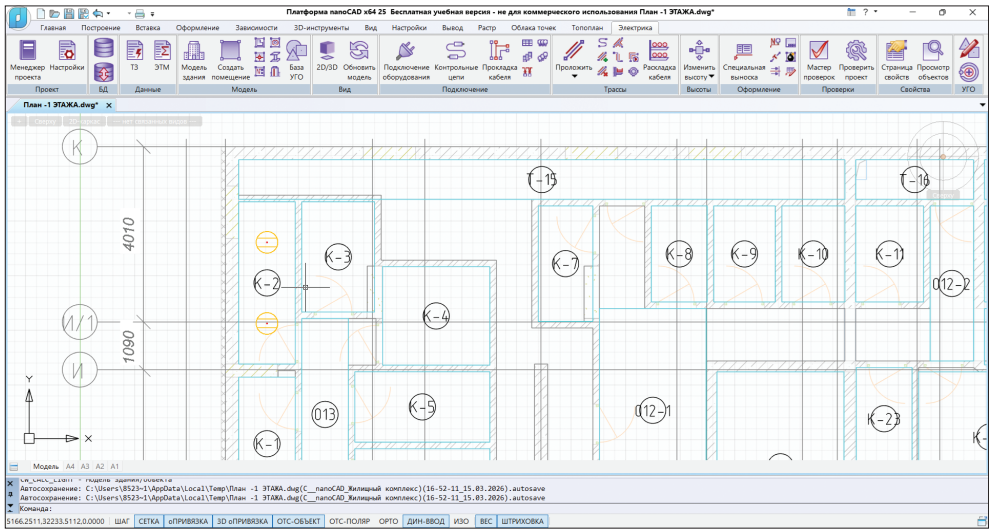


Рис. 2.3.16. Расстановка светильников в помещении

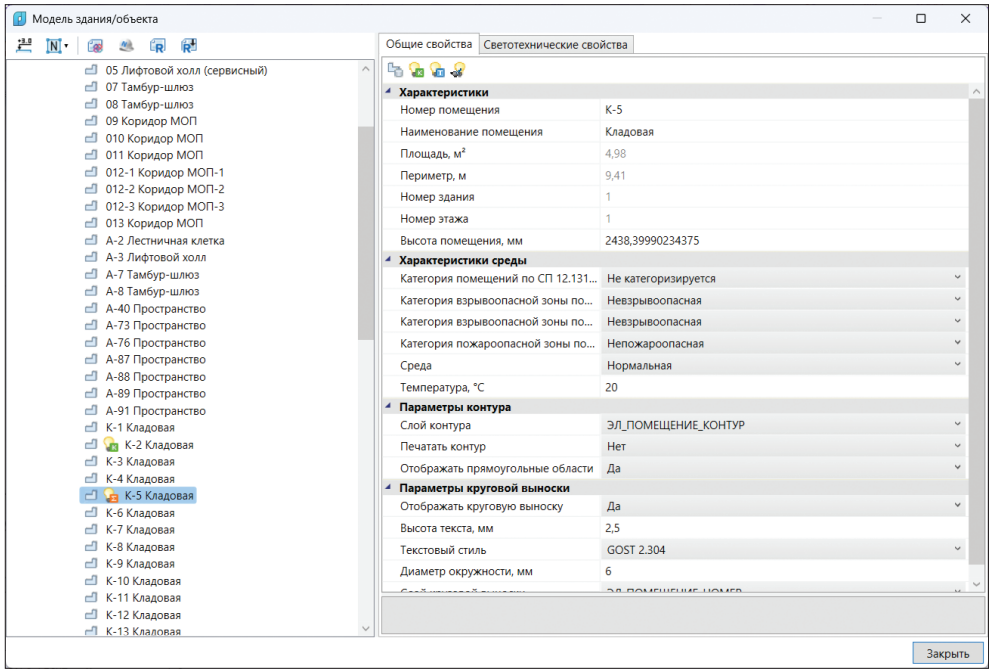


Рис. 2.3.17. Команда Расчет освещенности: Точечный метод

Откроется окно **Результаты расчета точечным методом**, в котором представлены итоговые значения освещенности. Доступен выбор режима расчета (рабочий или аварийный), а также настройка изолиний. По умолчанию программа отображает изолинии только для значения нормируемой освещенности в помещении.

Для добавления дополнительных изолиний в соответствующем разделе необходимо выбрать уровни изолиний, нажать кнопку **Добавить** (знак «плюс») и создать новые изолинии, задав им значения в люксах и цвета отображения (рис. 2.3.18).

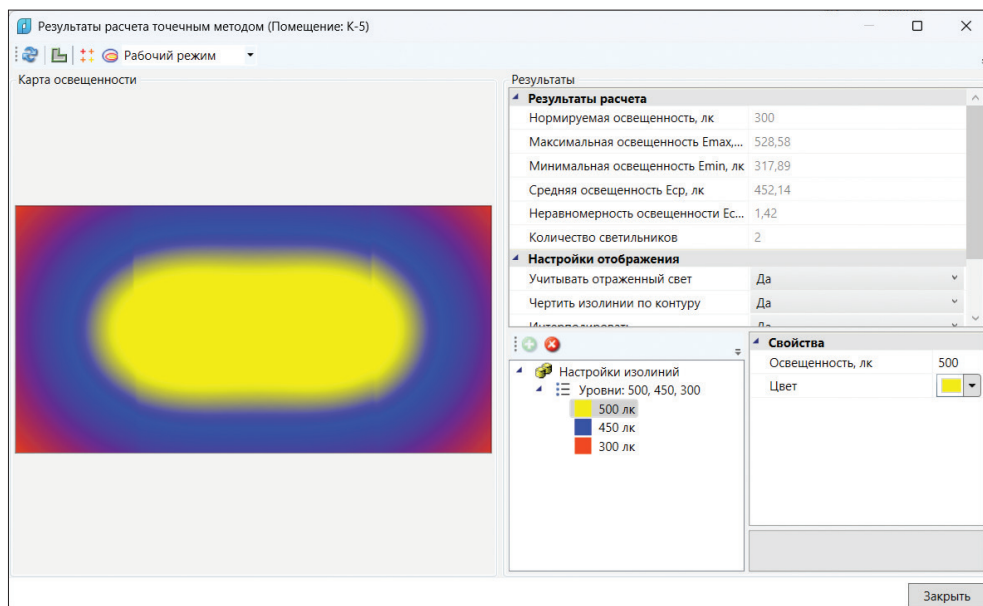


Рис. 2.3.18. Окно **Результаты расчета точечным методом**

При наличии в проекте нескольких помещений с идентичными характеристиками (например, лестничных клеток, холлов, офисов, подсобных помещений и санузлов) процесс расчета освещенности и расстановки светильников может быть существенно ускорен с помощью команды **Копировать параметры расчета освещенности** (рис. 2.3.19).

2.3.4. Проектирование электрических нагрузок

Электроприемники, относящиеся к оборудованию смежных отделов и подлежащие подключению, размещаются и хранятся в окне **Технологическое задание**. Для этого необходимо выполнить команду **Технологическое задание** (EL_TECH_TASK в командной строке), доступную на вкладке **Электрика**. После вызова команды отображается окно **Технологическое задание**, а в левой его части представлен перечень электроприемников технологического оборудования, в правой – свойства выбранного элемента (рис. 2.3.20).

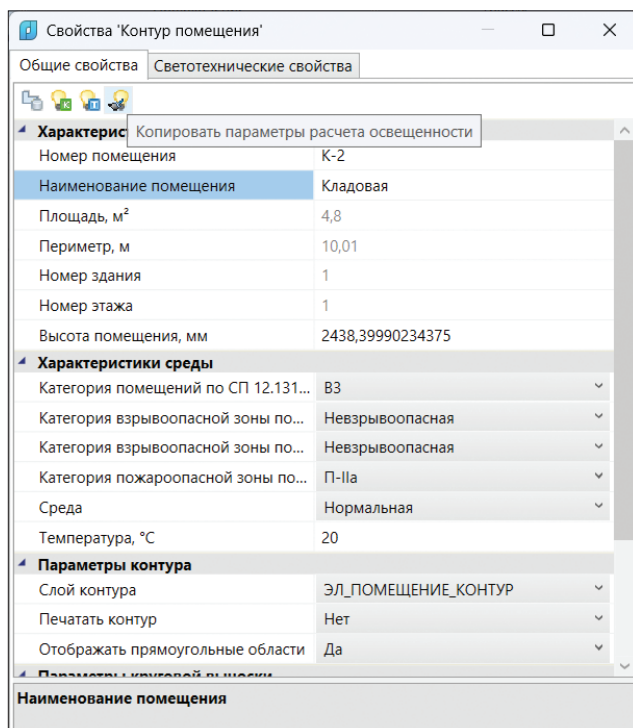


Рис. 2.3.19. Команда Копировать параметры расчета освещенности

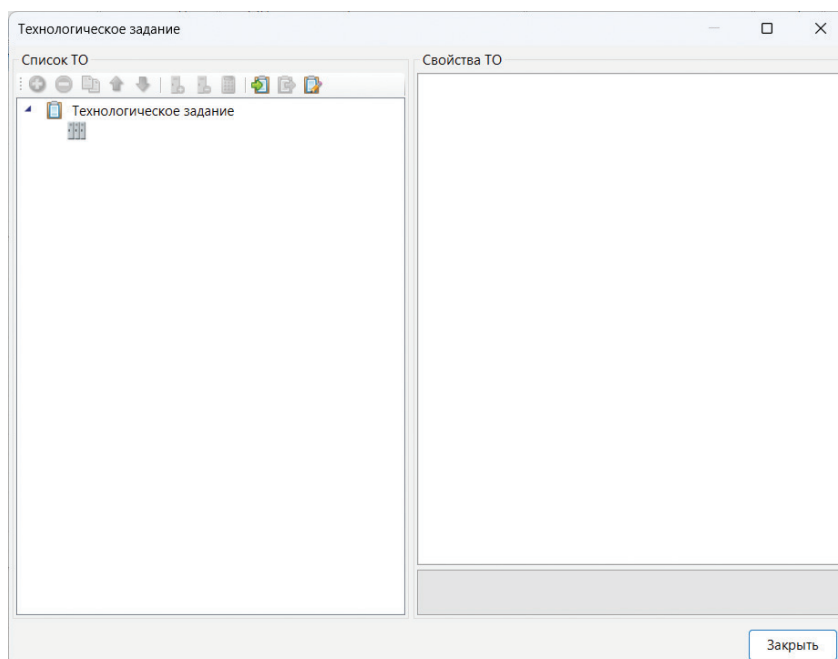


Рис. 2.3.20. Окно Технологическое задание

Функционал окна **Технологическое задание** позволяет распределять электроприемники по распределительным устройствам (РУ). Данная операция дает возможность выполнить предварительный расчет электрических нагрузок с целью оценки требуемой мощности трансформаторов, загрузки щитов и необходимых габаритов электропомещений.

Для добавления нового электроприемника в технологическое задание следует выделить элемент **Распределительное устройство** и активировать команду **Добавить электроприемник**. После создания электроприемника необходимо задать его параметры, которые отображаются в правой части окна **Технологическое задание**. Заполнение группы **Параметры ТО** (технологического оборудования) обеспечивает идентификацию электроприемника. Пример заполнения приведен на рис. 2.3.21.

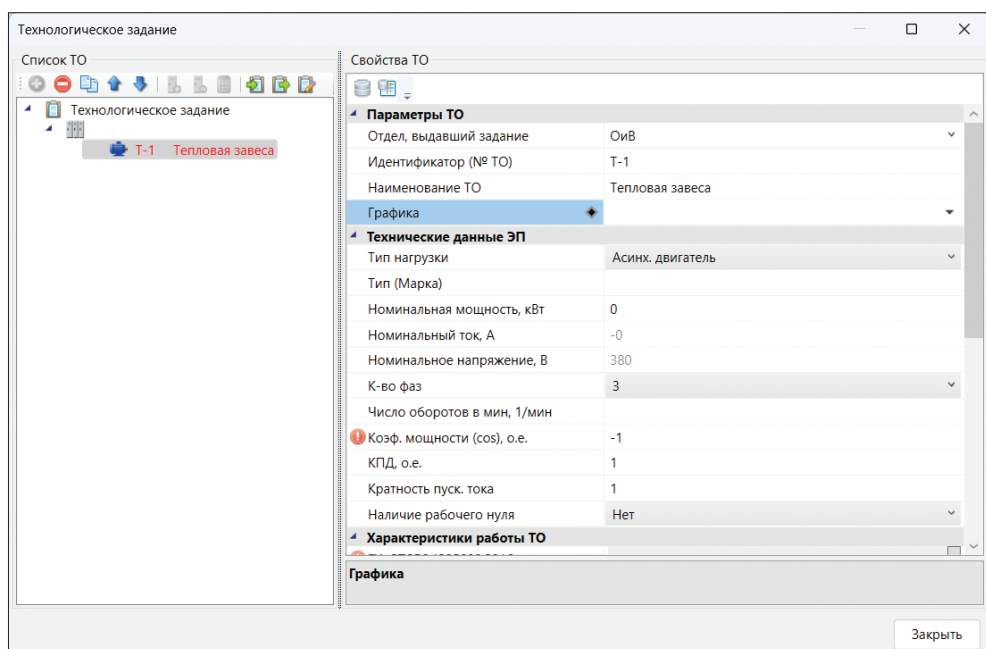


Рис. 2.3.21. Окно **Технологическое задание**

Электротехнические характеристики электроприемника содержатся в группе параметров **Технические данные ЭП**. Значения могут быть введены вручную либо автоматически посредством выбора соответствующего электроприемника из базы данных оборудования проекта. Перед заданием электротехнических параметров необходимо указать тип нагрузки в соответствующем поле. Для автоматического заполнения параметров следует выделить элемент в дереве и на панели инструментов вызвать команду **Задать параметры электроприемника из БД** (рис. 2.3.22).

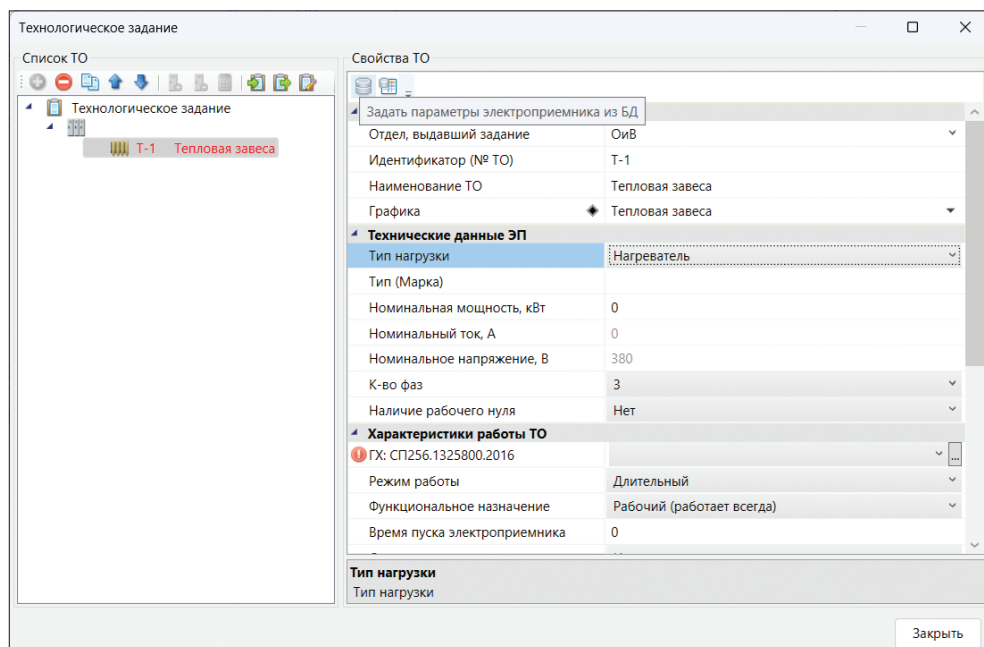


Рис. 2.3.22. Команда **Задать параметры электроприемника из БД**

В результате электротехнические параметры, за исключением параметра **Наличие рабочего нуля**, заполняются автоматически.

Далее требуется заполнить группу параметров **Характеристики работы ТО**. Параметр **ГХ: СП256.1325800.2016** задается выбором из списка групповых характеристик.

Для корректного отображения электроприемников на планах и в 3D-модели в реальных габаритах рекомендуется заполнить группу параметров **Габариты**.

Для создания электроприемника возможно использование копирования существующего электроприемника. Для этого необходимо выделить запись и на панели инструментов активировать команду **Копировать электроприемник** (рис. 2.3.23).

Перечень электроприемников и их параметры могут быть экспортированы в файл формата Excel. Данная функция полезна для сохранения информации с целью использования в последующих проектах. Для экспорта в окне **Технологическое задание** на панели инструментов вызовите команду **Экспортировать список электроприемников**.

После этого автоматически откроется Microsoft Excel с перечнем электроприемников и их параметров.

Файл Excel со списком электроприемников может быть импортирован обратно в окно **Технологическое задание** с созданием новых электроприемников, что позволяет получать задания от смежных подразделений. Для корректного импорта параметры потребителей в файле Excel должны быть структурированы определенным образом.

По завершении импорта в окне **Технологическое задание** появятся новые потребители, подключенные к РУ с позиционным обозначением **Без шкафа**. Для подключения новых электроприемников к первому распределительному устройству необходимо последовательно выбрать их и с помощью кнопок со стрелками вверх/вниз на панели инструментов разместить в нужном положении (рис. 2.3.25).

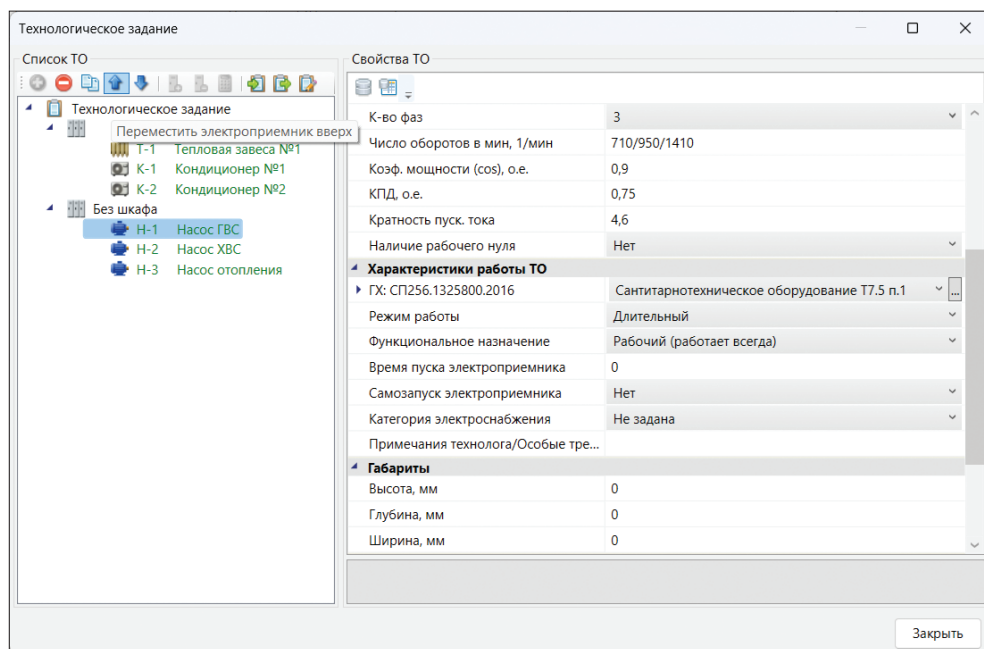


Рис. 2.3.25. Перемещение потребителей

В окне **Технологическое задание** доступен оценочный расчет нагрузок. Данный расчет не является полноценным, а учитывает только потребителей, внесенных в окно **Технологическое задание**, и предназначен для предварительной оценки общей потребности объекта в электроэнергии.

Для начала необходимо выбрать распределительное устройство, к которому подключены потребители, и задать значения параметров **Позиционное обозначение РУ**, **Назначение**, затем на панели инструментов окна **Технологическое задание** вызвать команду **Расчет электрической нагрузки** (рис. 2.3.26).

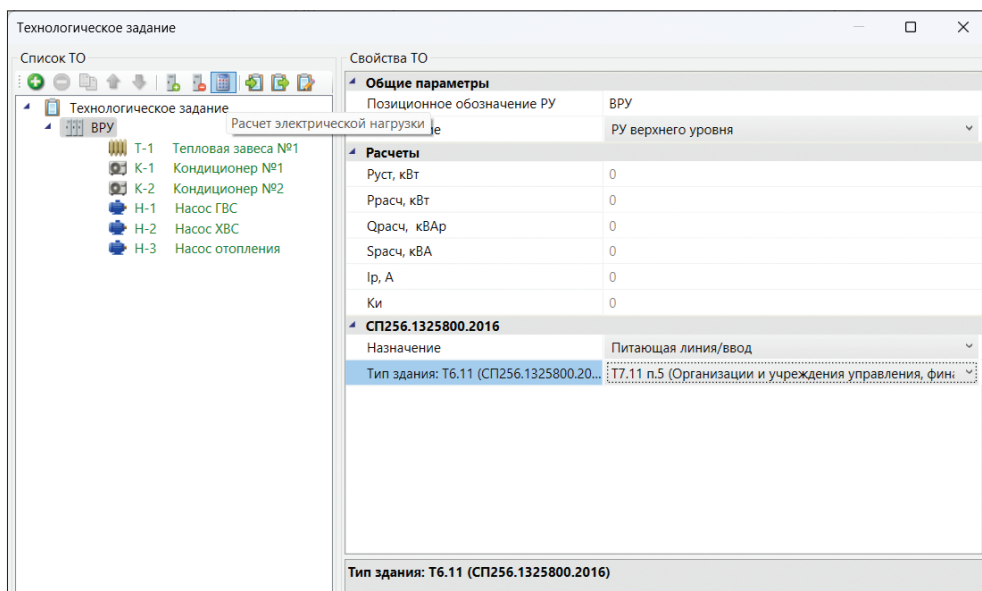


Рис. 2.3.26. Команда Расчет электрической нагрузки

2.3.5. Условные графические обозначения электрооборудования

С целью размещения на планах оборудования необходимо выбрать окно **База УГО**, например для размещения тепловой завесы с обозначением K-1 требуется в открывшемся окне последовательно раскрыть разделы: **Устройства** → **Электроприемники ЭП** → **Нагреватель (Электрика)**. Далее необходимо найти и выбрать УГО **Нагреватель** (рис. 2.3.27).

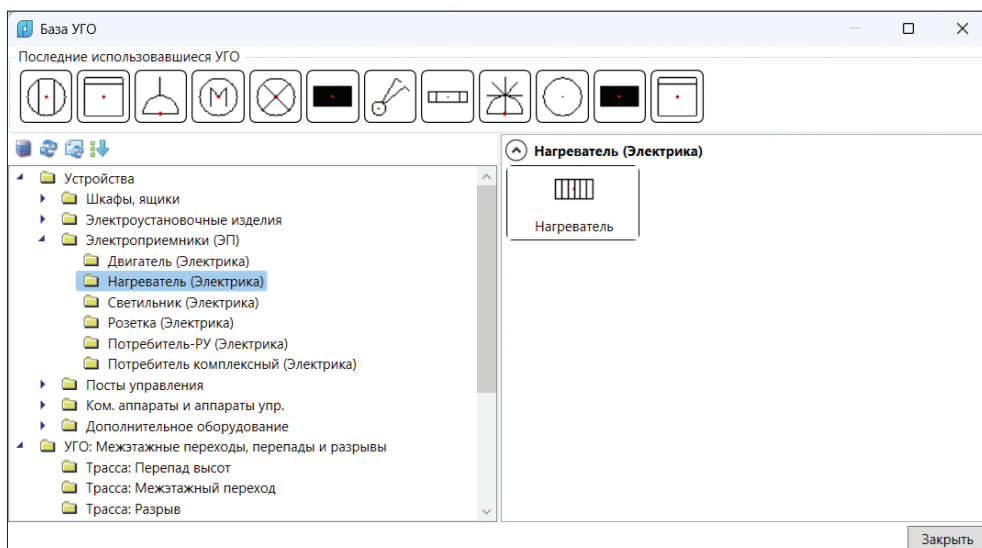


Рис. 2.3.27. Выбор УГО Нагреватель

После выбора графического элемента требуется указать на плане место установки тепловой завесы. По завершении размещения УГО на плане программное обеспечение автоматически открывает окно **Технологическое задание**, в котором надлежит выбрать подходящий электроприемник из предложенного перечня (рис. 2.3.28).

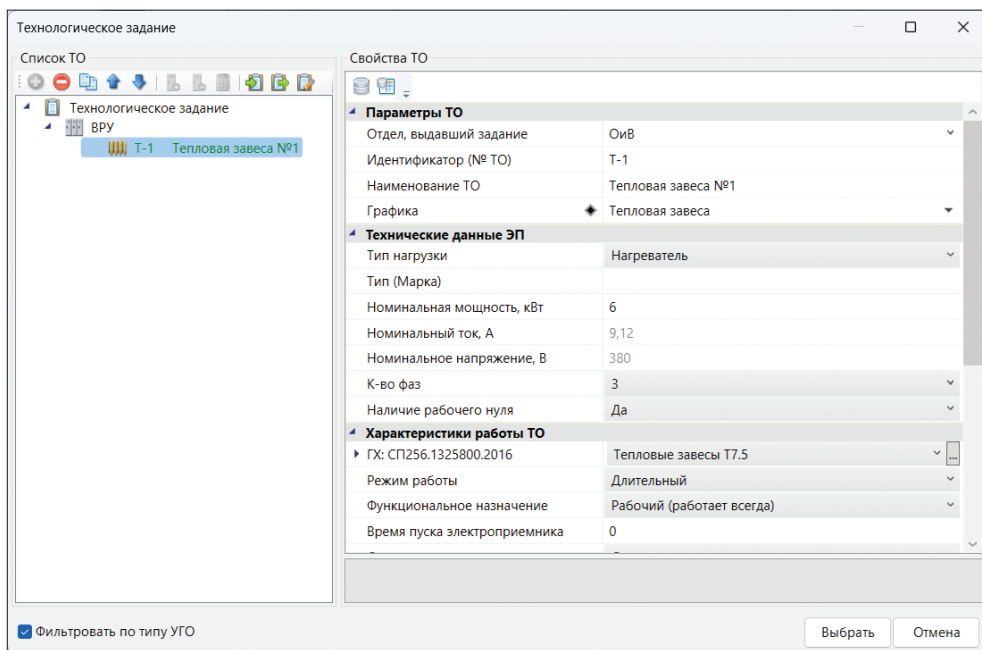


Рис. 2.3.28. Выбор электроприемника

После выбора соответствующей записи из списка технического описания (ТО) отображается окно **Свойства конструктива**. В данном окне необходимо задать высоту установки тепловой завесы.

Для завершения операции следует закрыть окно **Свойства конструктива**, нажав кнопку **Заккрыть**. В случае если размещенное УГО имеет неправильную ориентацию, допускается его поворот с использованием соответствующих команд контекстного меню.

Процедура установки электрооборудования на план аналогична размещению электроприемников. Отличие заключается в том, что для получения технических характеристик папоCAD BIM Электро обращается не к окну **Технологическое задание**, а к **База данных оборудования**. Например, для установки розетки необходимо открыть окно **База УГО**, найти и выбрать УГО **Розетка штепсельная открытой установки со степенью защиты IP20 – IP23 двухполюсная с защитным контактом** (рис. 2.3.29).

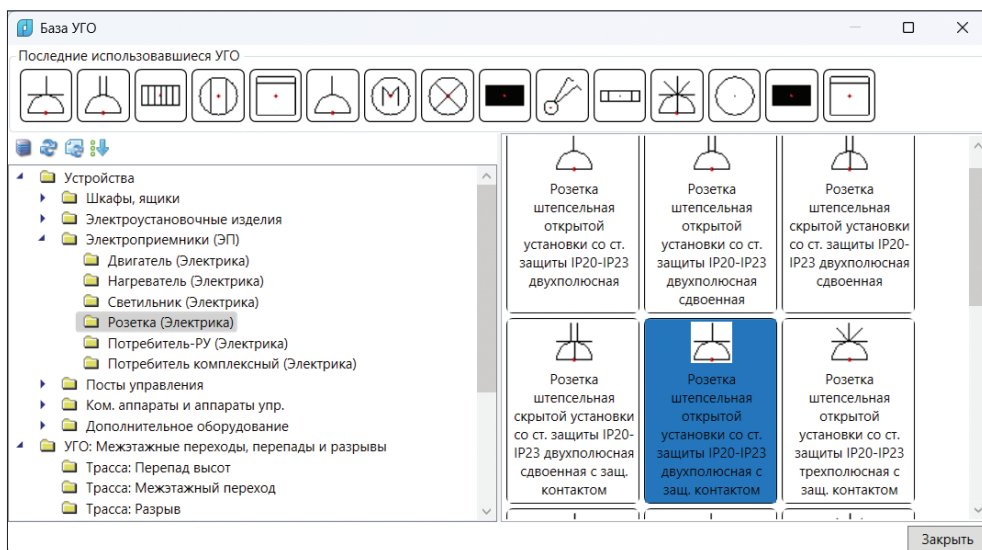


Рис. 2.3.29. Выбор УГО

Затем на плане указывается место установки розетки, после этого автоматически открывается окно **База данных оборудования**, в котором требуется выбрать соответствующую розетку. После выбора изделия из базы данных появляется окно **Свойства конструктива**. В нем необходимо заполнить высоту установки, коэффициент мощности, номинальную мощность, параметр **Плоскость крепления** (рис. 2.3.30).

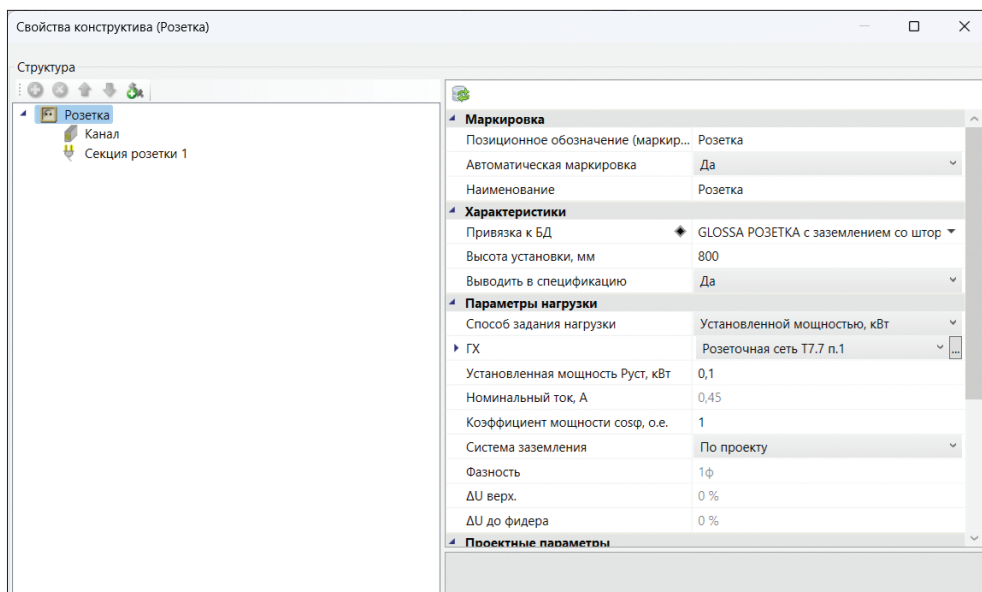


Рис. 2.3.30. Заполнение значений параметров

При монтаже розеток в кабельный канал дополнительно следует добавить соответствующий аксессуар. Для этого необходимо нажать кнопку **Добавить индивидуальную комплектацию** на панели инструментов (рис. 2.3.31).

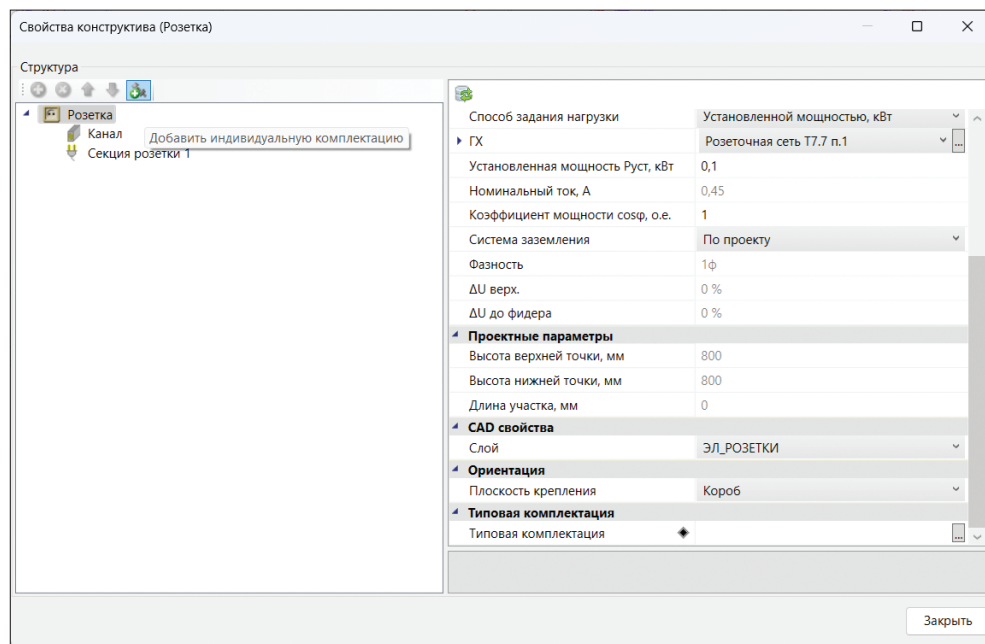


Рис. 2.3.31. Команда **Добавить индивидуальную комплектацию**

В открывшемся окне **База данных оборудования** выбирают необходимые дополнительные элементы. Далее следует закрыть окно **Свойства конструктива**, нажав кнопку **Закрыть**. Условные графические обозначения электроустановочных изделий не требуют ручного разворота, поскольку при размещении на плане они автоматически принимают правильную ориентацию относительно стен помещения. Установка выключателей на план выполняется аналогично процедуре для розеток.

Установка аварийных светильников осуществляется по аналогии с размещением розеток. Особенность заключается в необходимости задания следующих значений параметров в окне **Свойства конструктива**:

1. Параметр **ГХ** (групповая характеристика) – выбрать значение **Аварийное освещение**.
2. Параметр **Функциональное назначение** – выбрать значение **Аварийное осв. (нормально вкл.)** (рис. 2.3.32).

Для удобства дальнейшей работы рекомендуется изменить слой, к которому принадлежат эвакуационные светильники, на новый с наименованием «ЭЛ_СВЕТИЛЬНИКИ_АВАР». Слой с указанным именем необходимо создать с помощью инструмента **Диспетчер слоев**. Для нового слоя следует задать красный цвет (рис. 2.3.33).

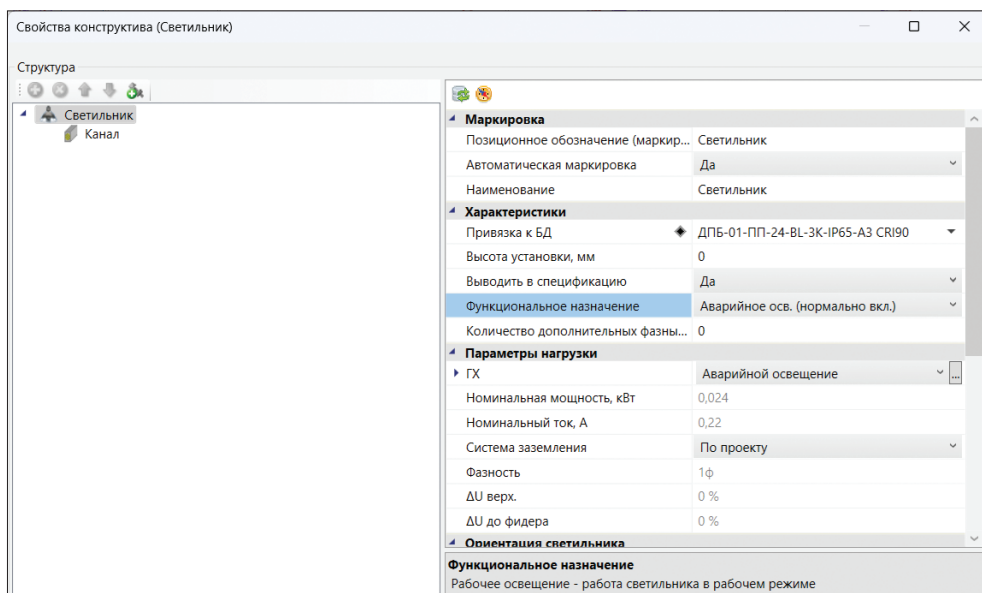


Рис. 2.3.32. Свойства аварийного светильника

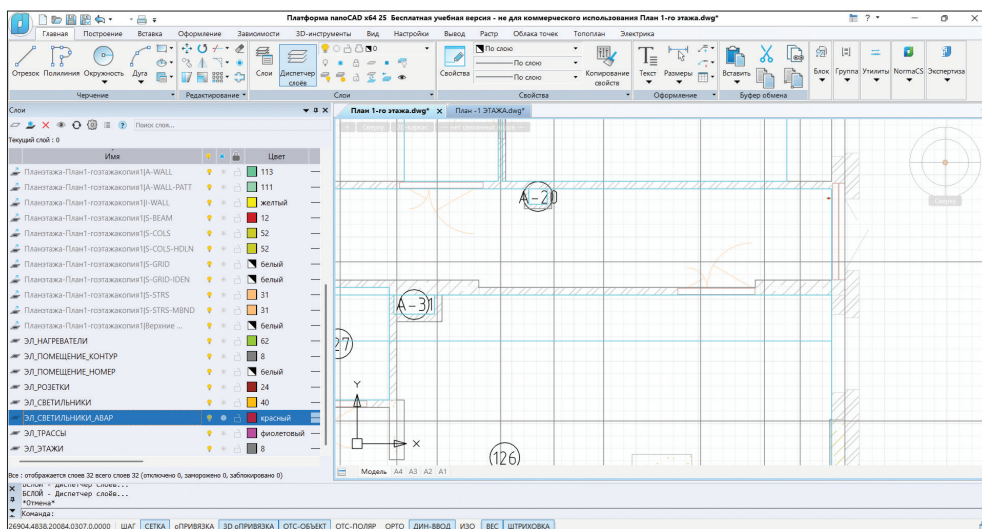


Рис. 2.3.33. Создание нового слоя

В окне **Свойства конструктива** требуется изменить слой объекта, в результате светильник на плане будет окрашен в красный цвет.

Для оценки уровня освещенности от аварийных светильников в выбранном помещении допускается применение точечного метода расчета освещенности. В окне **Результаты расчета точечным методом** необходимо выбрать режим расчета **Аварийный режим** и задать значения изолиний в соответствии с нормативными требованиями (рис. 2.3.34).

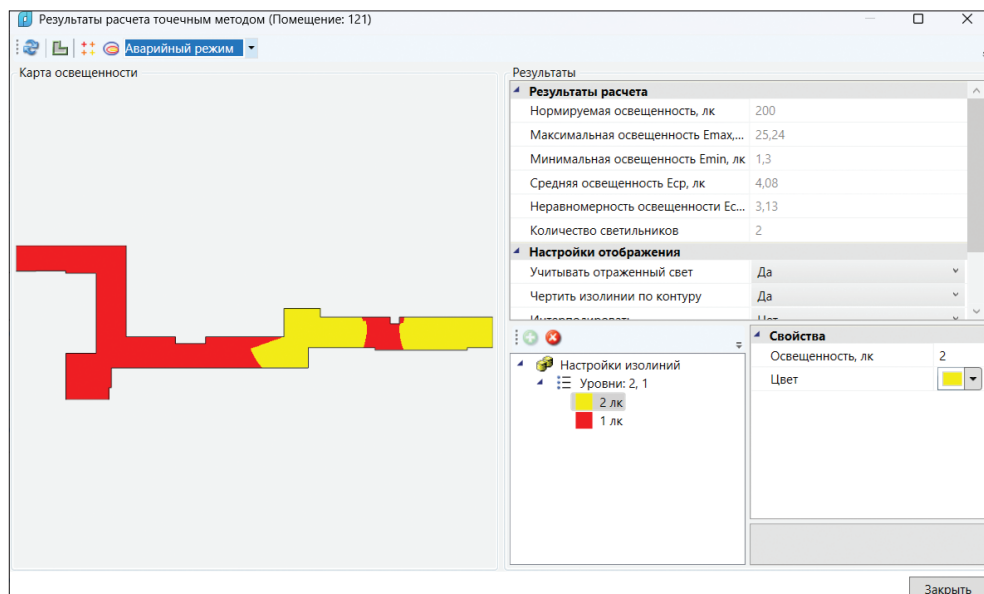


Рис. 2.3.34. Расчет освещения для аварийного режима

2.3.6. Проектирование электрических сетей

Для установки шкафа на план необходимо выбрать окно **База УГО**, далее условное графическое обозначение (УГО) **Щиток группового рабочего освещения**. После этого откроется окно **База данных оборудования**, где требуется выбрать подходящий типоразмер шкафа (рис. 2.3.35).

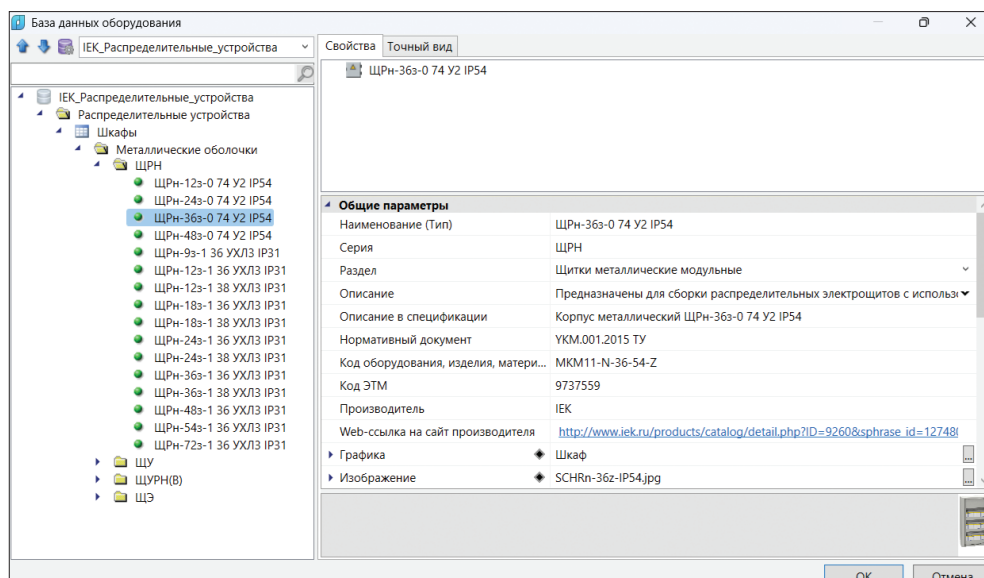


Рис. 2.3.35. Выбор шкафа в окне База данных оборудования

После выбора изделия отобразится окно свойств шкафа. Первоначально необходимо заполнить параметры в группах **Характеристики** и **Спецификация оборудования, изделий и материалов**. Затем в группе **Характеристики подключения** для параметра **Назначение** следует задать значение **Щит рабочего освещения и/или розеточной сети** (рис. 2.3.36).

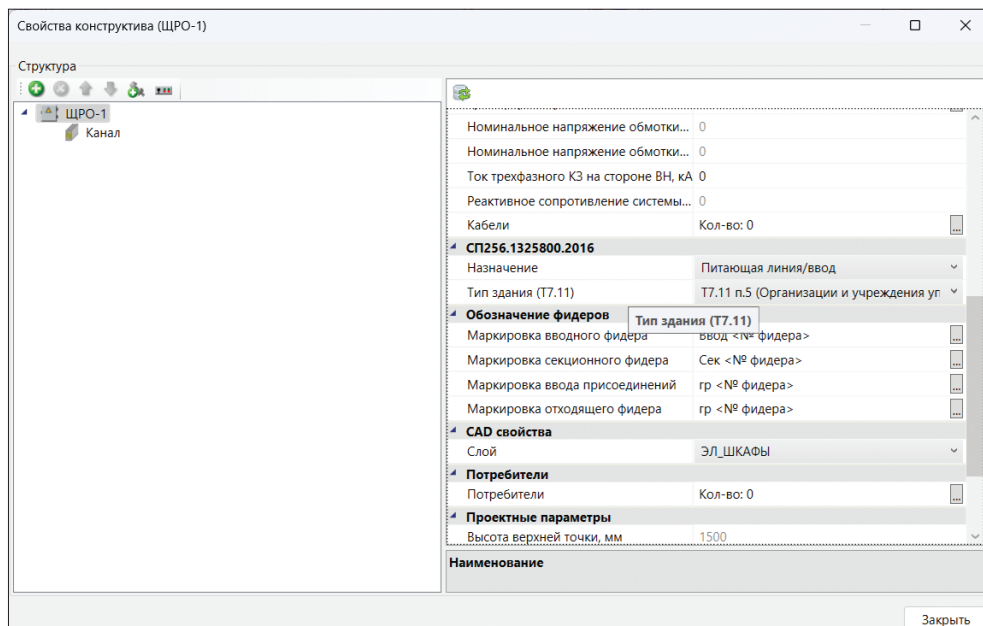
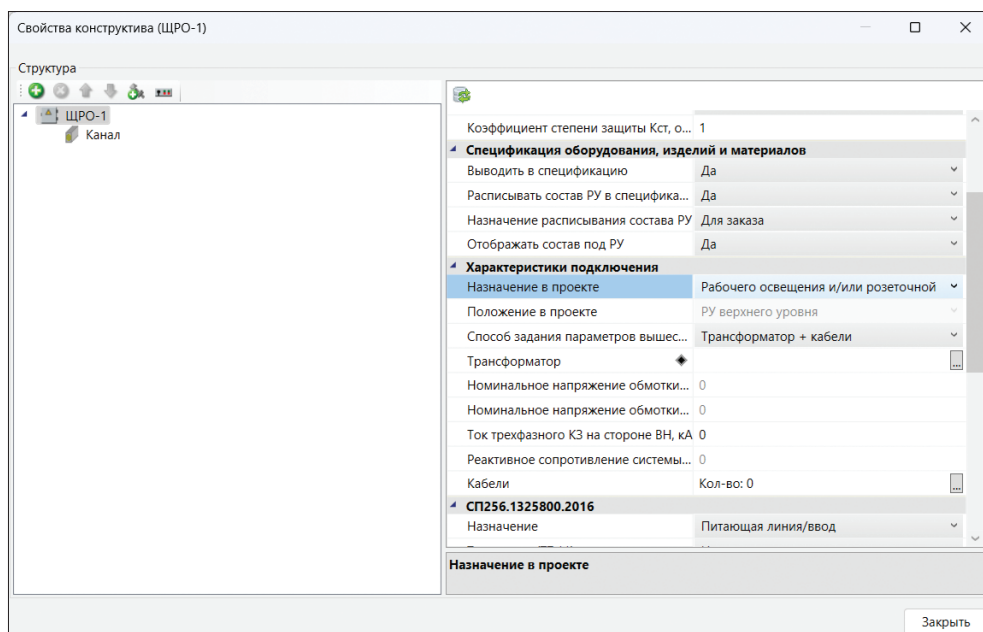


Рис. 2.3.36. Выбор шкафа в окне База данных оборудования

Для формирования внутренней структуры созданного щитка необходимо открыть окно его свойств, выделить элемент **Шкаф** и выполнить команду **Добавить новый элемент**, в структуре шкафа появится фидер. При его выделении в правой части окна отобразятся соответствующие свойства. Необходимо выставить параметры, представленные на рис. 2.3.37.

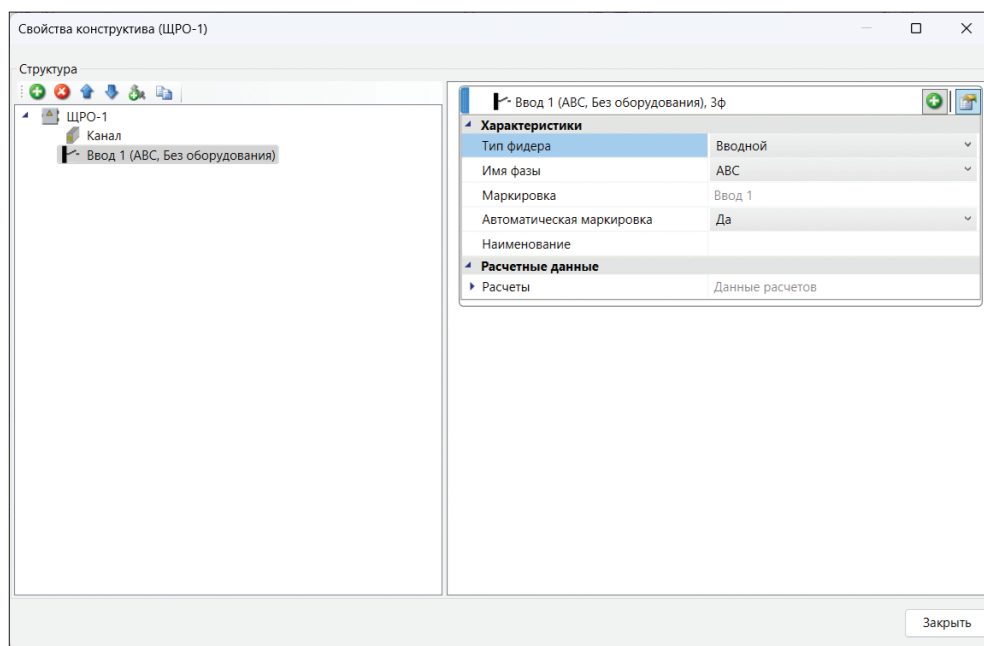


Рис. 2.3.37. Параметры фидера

Для наполнения фидера оборудованием нужно выбрать команду **Добавить оборудование** в плитке фидера.

В открывшемся окне **База данных оборудования** необходимо выбрать коммутационный аппарат (например, автоматический выключатель). В результате в структуру фидера будет добавлен указанный аппарат (рис. 2.3.38). Для сворачивания/разворачивания плитки аппарата дважды необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши по ее заголовку.

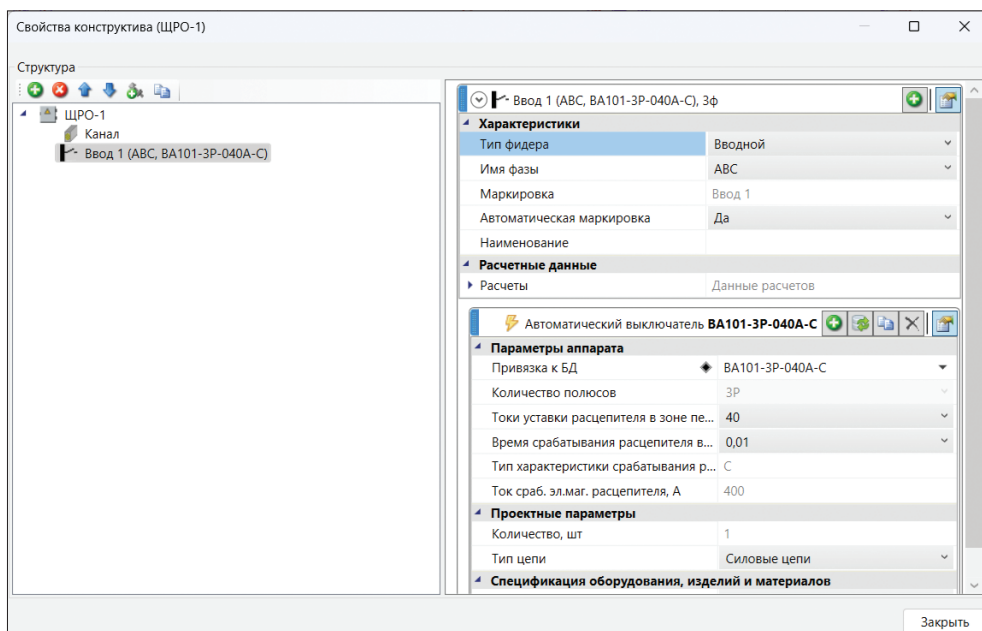


Рис. 2.3.38. Параметры фидера

Аналогичным образом возможно создать отходящий фидер, например, для линии освещения, задав параметры **Тип фидера** и **Имя фазы** с добавлением коммутационного аппарата (рис. 2.3.39).

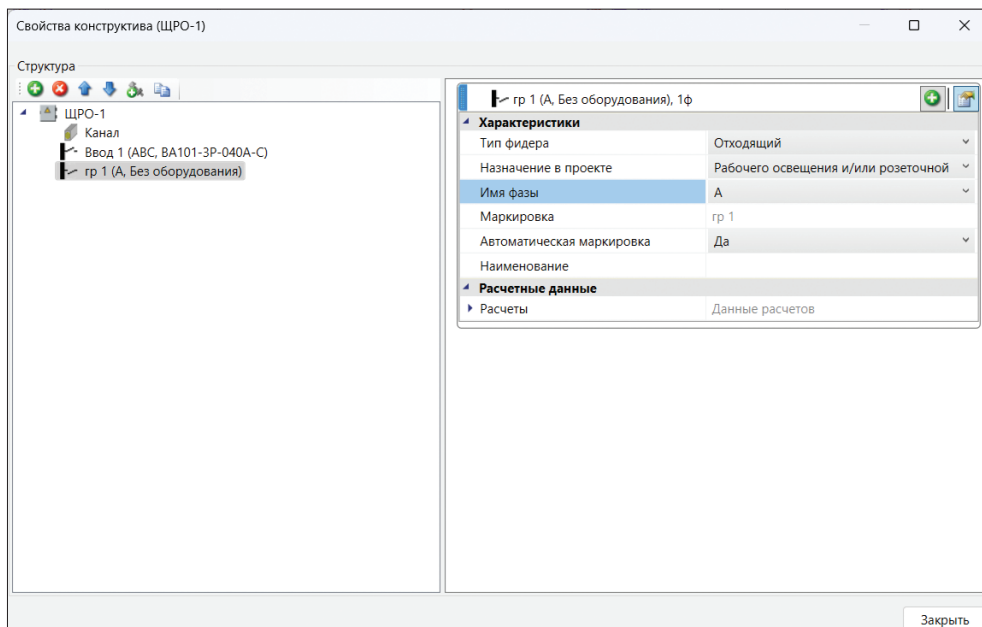


Рис. 2.3.39. Добавление отходящего фидера

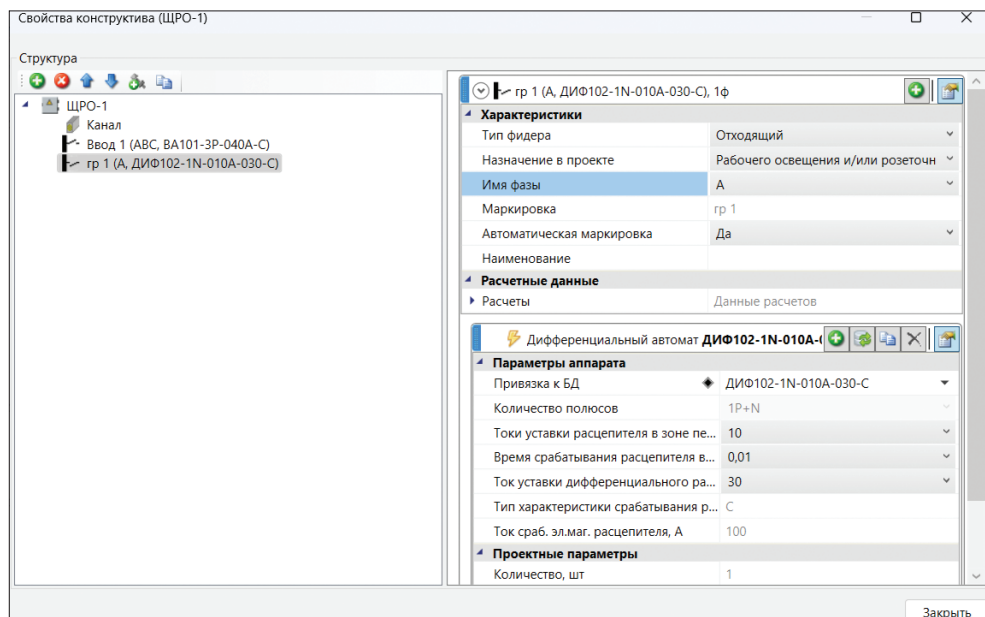


Рис. 2.3.39. Окончание

Идентичные фидеры могут быть добавлены с помощью команды **Добавить копию**, распределяя однофазные фидеры по фазам. Аналогично возможно сформировать отходящие фидеры для розеточной сети. Для розеточной сети необходимо предусмотреть устройство защитного отключения (УДТ) (рис. 2.3.40).

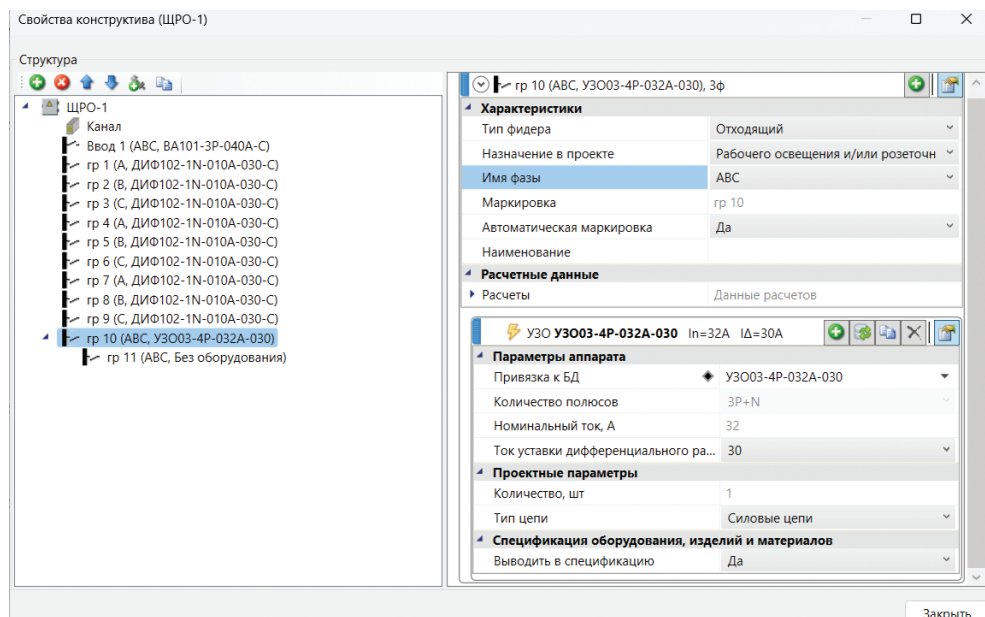


Рис. 2.3.40. Добавление отходящего фидера розеточной сети

К группе возможно подключать подчиненный фидер. Для этого необходимо выбрать определенный фидер и применить команду **Добавить новый элемент**. Для установки вводно-распределительного устройства (ВРУ) здания необходимо открыть окно **База УГО** и выбрать обозначение **Шкаф одностороннего обслуживания**, указать точку размещения на плане.

После этого откроется окно **База данных оборудования**, где необходимо выбрать соответствующий шкаф. Далее появится окно **Свойства конструктива**. Особенность данного шкафа – в комплектной поставке с аппаратурой, поэтому его структура отображается сразу (рис. 2.3.41).

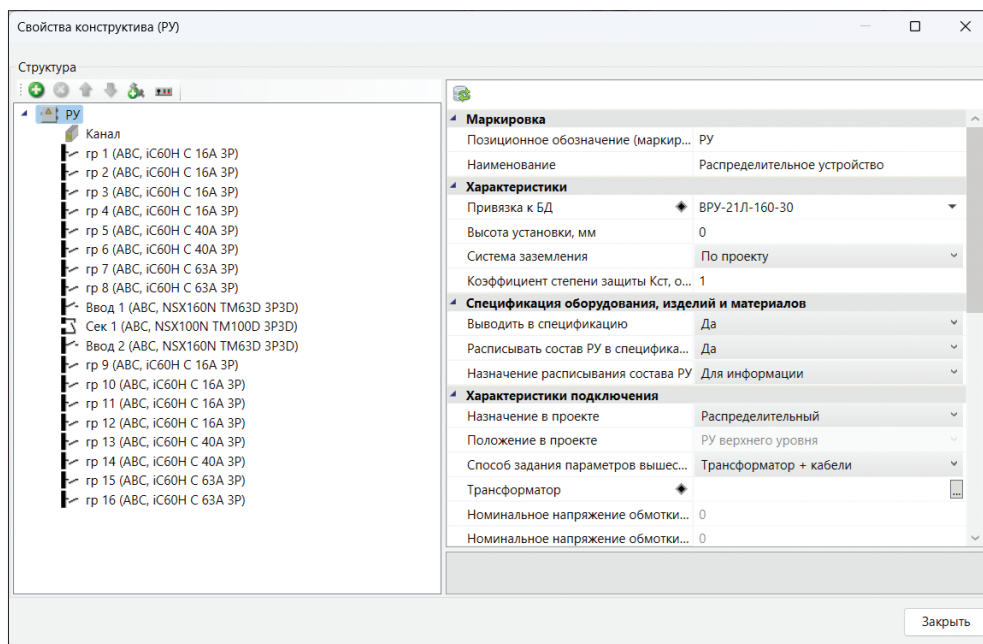
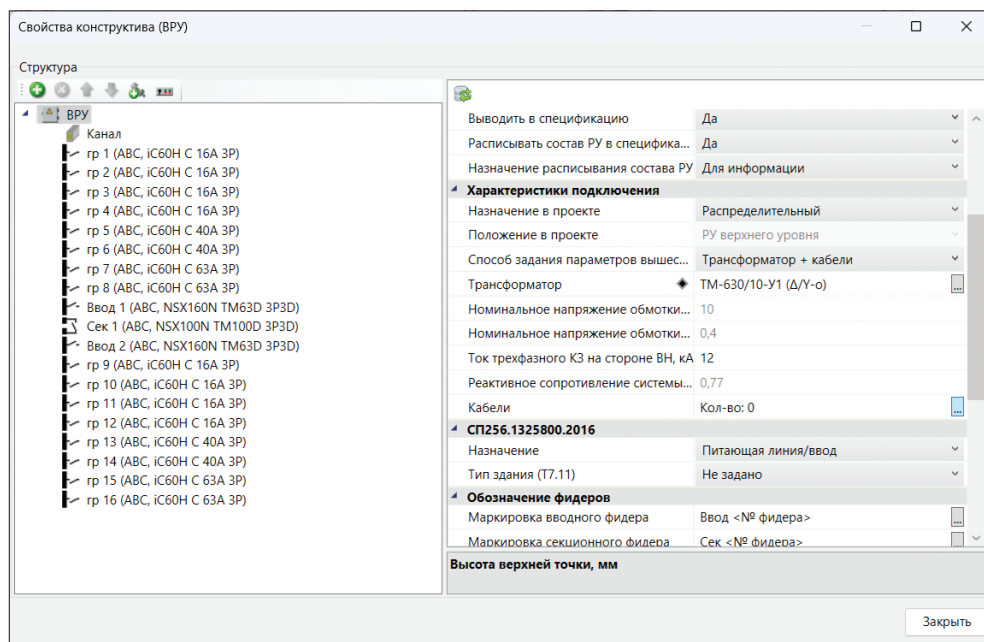


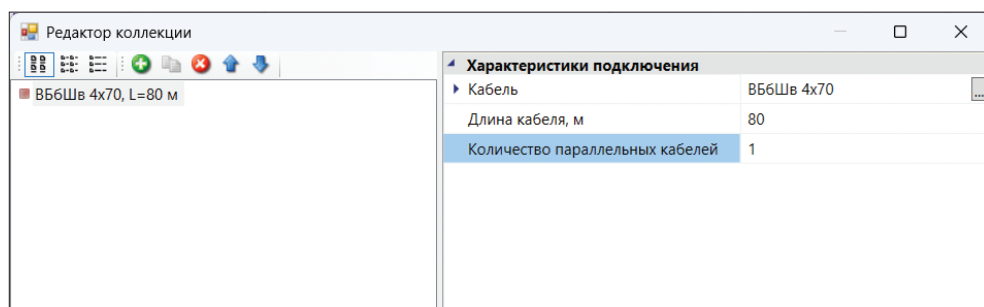
Рис. 2.3.41. Окно **Свойства конструктива**

Далее необходимо заполнять группы **Маркировка**, **Характеристики** и **Спецификация оборудования, изделий и материалов**, **Характеристики подключения**.

Для корректного выполнения расчетов следует указать параметры вышестоящей сети. Выше ВРУ проложен кабель (длина 80 м) до трансформаторной подстанции и установлен трансформатор ТМ-630/10-У1 (рис. 2.3.42).

Рис. 2.3.42. Параметры группы **Характеристики подключения**

Для задания кабелей необходимо нажать кнопку ... в поле параметра **Кабели**, после чего откроется окно **Редактор коллекции**. В данном случае требуется один кабель. Для его добавления необходимо использовать команду **Добавить новый элемент** на панели инструментов, заполнить поля **Кабель**, **Длина кабеля, м** и **Количество параллельных кабелей** (рис. 2.3.43).

Рис. 2.3.43. Параметры группы **Характеристики подключения**

В поле **$\Delta U_{\text{сверху}}$, %** необходимо вводить значение падения напряжения в сети от ВРУ до трансформатора включительно. Данная величина не рассчитывается, а принимается из задания на проектирование. Далее в группе **СП 256.1325800.2016** для параметра **Назначение** и **Тип здания** необходимо установить данные.

2.3.7. Проектирование кабельных линий и электрических проводов

Для создания линейной кабельной трассы на плане необходимо:

1. Выбрать команду **Проложить трассу с каналом** (в командной строке CW_ADD_CANAL_TRACE), которая находится на вкладке **Электрика**.
2. В диалоговом окне **Настройки трассы** указать следующие параметры (рис. 2.3.44):
 - ♦ тип кабеленесущей системы (КНС);
 - ♦ высота прокладки (мм);
 - ♦ шаг установки узлов крепления (м);
 - ♦ поверхность крепления.

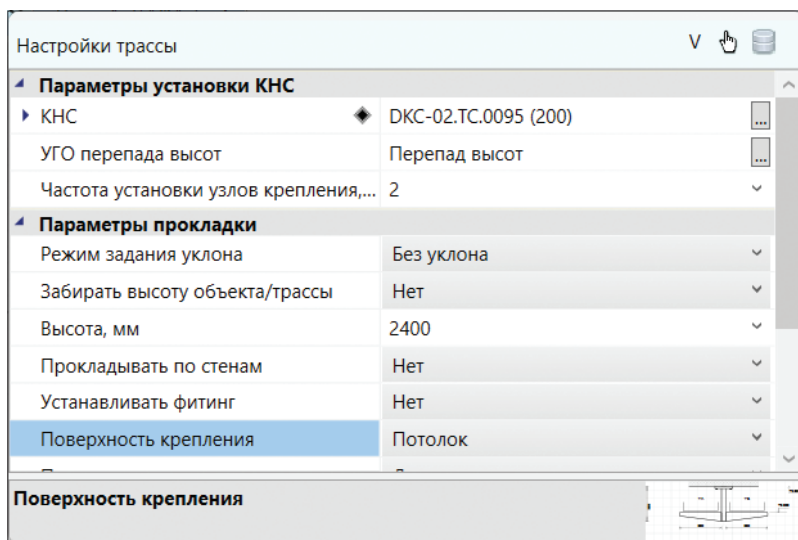


Рис. 2.3.44. Задание параметров трассы в окне **Настройки трассы**

3. Последовательно указать на плане начальную и конечную точки трассы.
Для начала прокладки от вводно-распределительного устройства (ВРУ) необходимо подвести курсор к шкафу до появления двойной зеленой окружности в точке подключения (рис. 2.3.45).

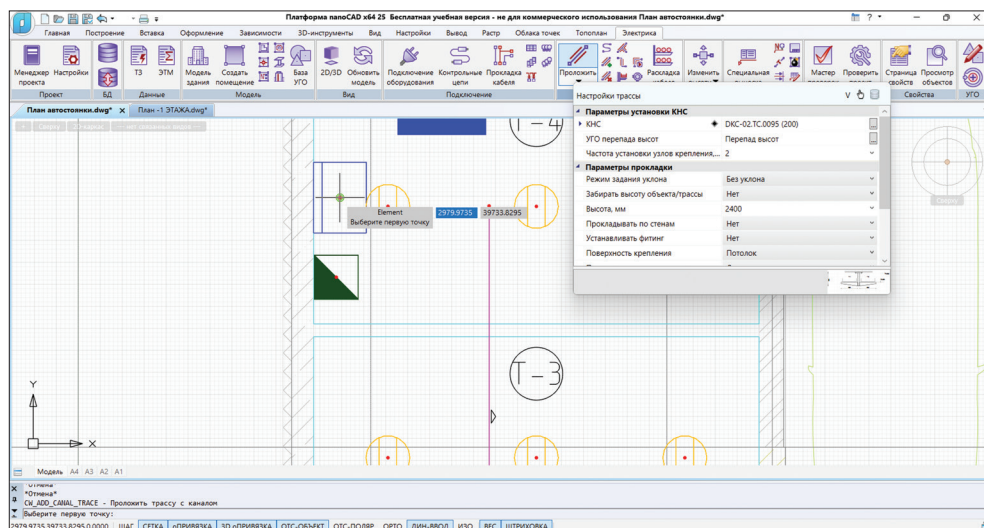


Рис. 2.3.45. Прокладка кабельной трассы от ВРУ

Для смены типа КНС, высоты прокладки, частоты креплений и т. д. не требуется завершать команду. Достаточно изменить нужные значения в окне **Настройки трассы** и продолжить построение. Для настенного короба необходимо выбрать опцию **Прокладывать по стенам** и задать **Отступ от стены на плане, мм**, что обеспечит автоматическую привязку к стене. При включенной опции **Устанавливать фитинги** программа автоматически разместит на плане соответствующие типовые фитинги. При изменении высоты прокладки УГО перепада высот добавляется автоматически.

Построение линейной трассы завершается нажатием клавиш **Enter** или **Esc**. После этого трасса помещается в заданный слой и автоматически обрезается по контурам УГО подключаемого оборудования, а неподключенные концы трассы маркируются красным кружком.

Встраивание розеток в кабель-каналы выполняется вручную. Для этого необходимо перетащить розетку за точку подключения к кабель-каналу, а также можно выделить розетки в помещении, открыть контекстное меню правой кнопкой мыши и выбрать **Сервис → Встроить розетки в трассу** (рис. 2.3.46).

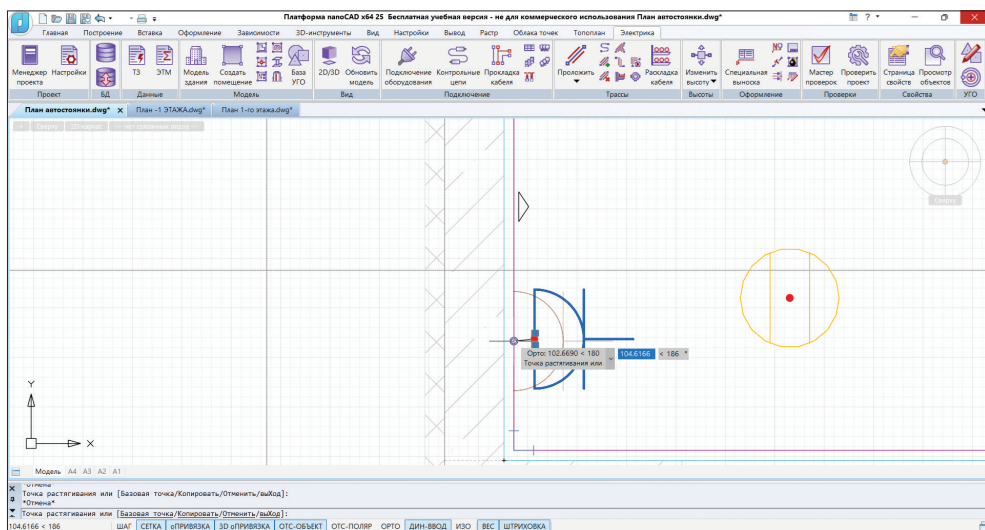


Рис. 2.3.46. Установка розеток в кабельные трассы

Команда **Проложить канал в существующих трассах** предназначена для назначения типа КНС трассам, у которых он ранее не был задан, замены существующего типа КНС, прокладки КНС в вертикальных опусках к оборудованию. При создании опуска вместо выбора трассы необходимо выделить оборудование, к которому выполняется опуск.

На рис. 2.3.47 представлен функционал команды **Проложить канал в существующих трассах** в виде создания опуска. Выделенные трассы и объекты для наглядности подсвечиваются зеленым цветом.

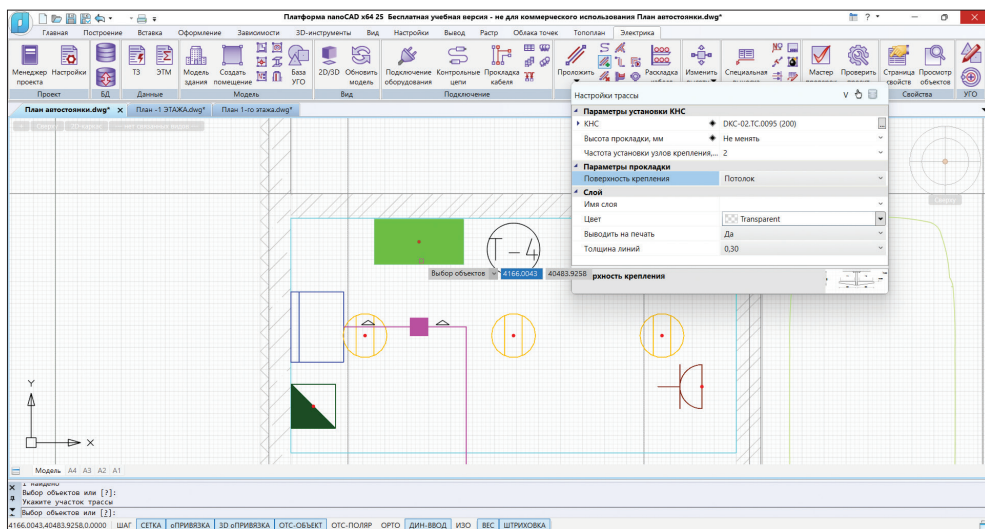


Рис. 2.3.47. Выделение оборудования для создания опусков

Для обеспечения связи между разными уровнями здания, размещенными на различных чертежах, используются межэтажные переходы. Создание перехода требует установки на планы соответствующих условных графических обозначений (УГО).

Алгоритм создания межэтажного перехода:

1. На выбранном плане открыть **Базу УГО** и выбрать элемент **Трасса уходит на более высокую отметку**.
2. Установить его на конце трассы в необходимом помещении.
3. В окне свойств заполнить поле **Имя стояка**, по этому параметру программа объединяет УГО в стояки.
4. Выбрать тип КНС для перехода с помощью команды **Привязка к БД**. В открывшейся базе данных выбрать кабельный канал.
5. После привязки в свойствах отобразится информация о КНС и группа параметров **Конфигурация КНС** (рис. 2.3.48).

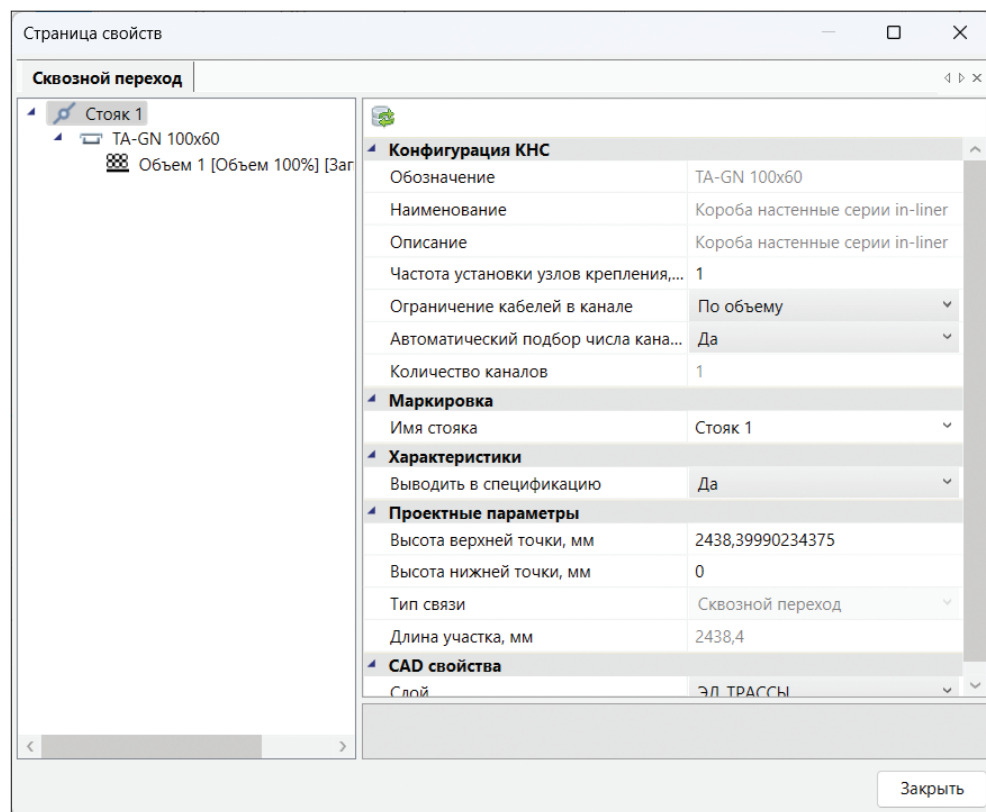


Рис. 2.3.48. Параметры КНС в свойствах межэтажного перехода

6. На следующем этаже выбрать УГО **Трасса пересекает отметку, изображенную на плане, снизу вверх**.

7. Необходимо установить его на конце трассы.
8. При заполнении поля **Имя стояка** указать значение из выпадающего списка, для объединения переходов в один стояк значения должны полностью совпадать (рис. 2.3.49).
9. Вызвать команду **Обновление модели** (в командной строке EL_MARK_MGR) на вкладке **Электрика**.

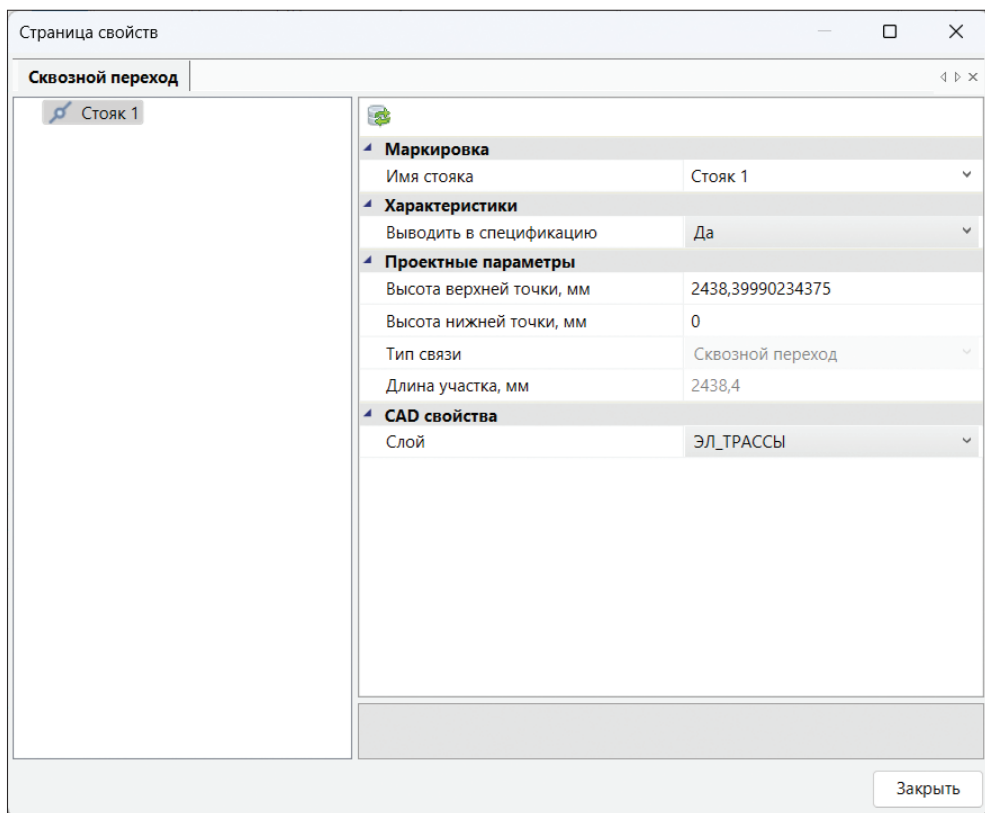


Рис. 2.3.49. Свойства межэтажного перехода

Параметры **Высота верхней точки, мм** и **Высота нижней точки, мм** при установке УГО заполнять не требуется, поскольку их значения будут определены автоматически при формировании стояка.

Команда **Мастер межэтажных соединений** на вкладке **Электрика** позволяет просмотреть все параметры созданного стояка (рис. 2.3.50).

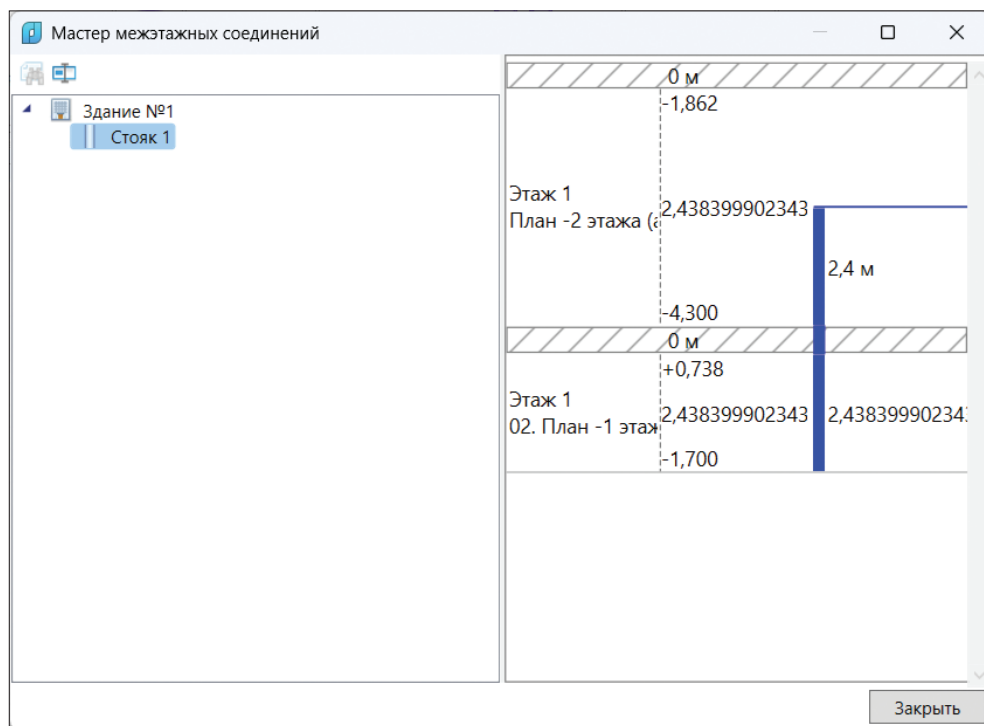


Рис. 2.3.50. Окно **Мастер межэтажных соединений**

Для графической индикации способа прокладки или назначения кабельной линии применяются специализированные типы линий. Для изменения типа линии трассы необходимо выделить трассу и в раскрывающемся списке типов линий выбрать необходимую линию. Трасса отобразится заданным типом линии (рис. 2.3.51).

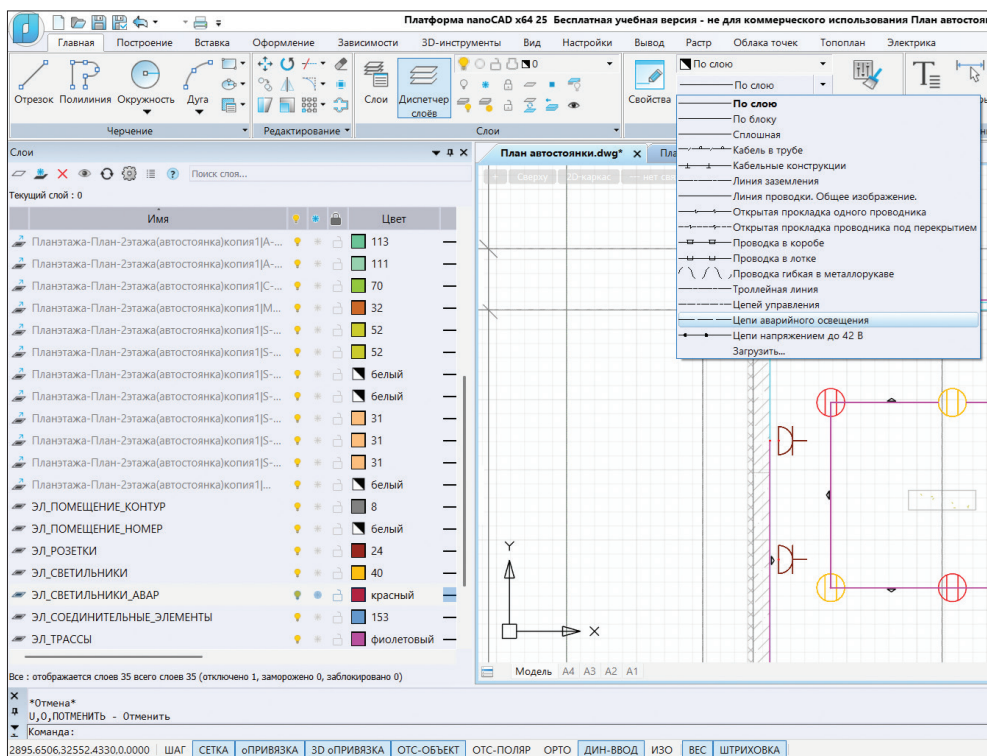
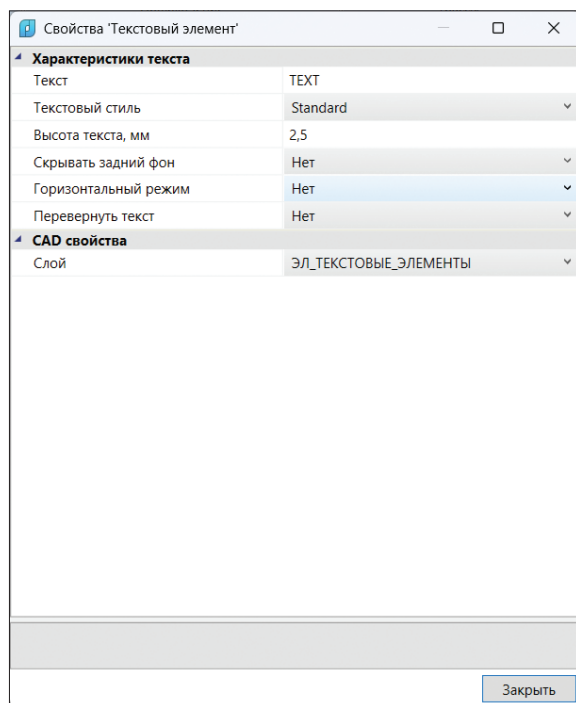


Рис. 2.3.51. Список типов линий

Для быстрого оформления нескольких трасс доступна команда **Копирование свойств**.

При необходимости визуально прервать трассу в местах пересечения с оборудованием или другой трассой (при отсутствии электрического соединения) применяется команда **Текстовый элемент**, для чего необходимо:

1. Вызвать команду **Текстовый элемент** на вкладке **Электрика** (рис. 2.3.52).
2. Указать на трассе точку размещения элемента, текстовый элемент будет автоматически ориентирован вдоль трассы и создаст графический разрыв.
3. В открывшемся окне свойств доступно редактировать текст. Для организации разрыва достаточно ввести две точки с тремя пробелами между ними.

Рис. 2.3.52. Команда **Текстовый элемент**

2.3.8. Подключение элементов электрической сети

Процедура подключения оборудования реализуется через интерфейс **Мастер подключения оборудования**. Данное окно вызывается посредством одноименной команды (в командной строке CW_ADD_TEXT_ELEMENT) на панели инструментов **Электрика**.

После активации команды на экране отображается диалоговое окно **Мастер подключения оборудования**. Для выполнения подключения осветительных приборов к щиту рабочего освещения ЩРО-1 необходимо нажать кнопку **Выбрать** и указать на плане щит ЩРО-1. В области **Объекты** будет представлена структура выбранного щита (рис. 2.3.53).

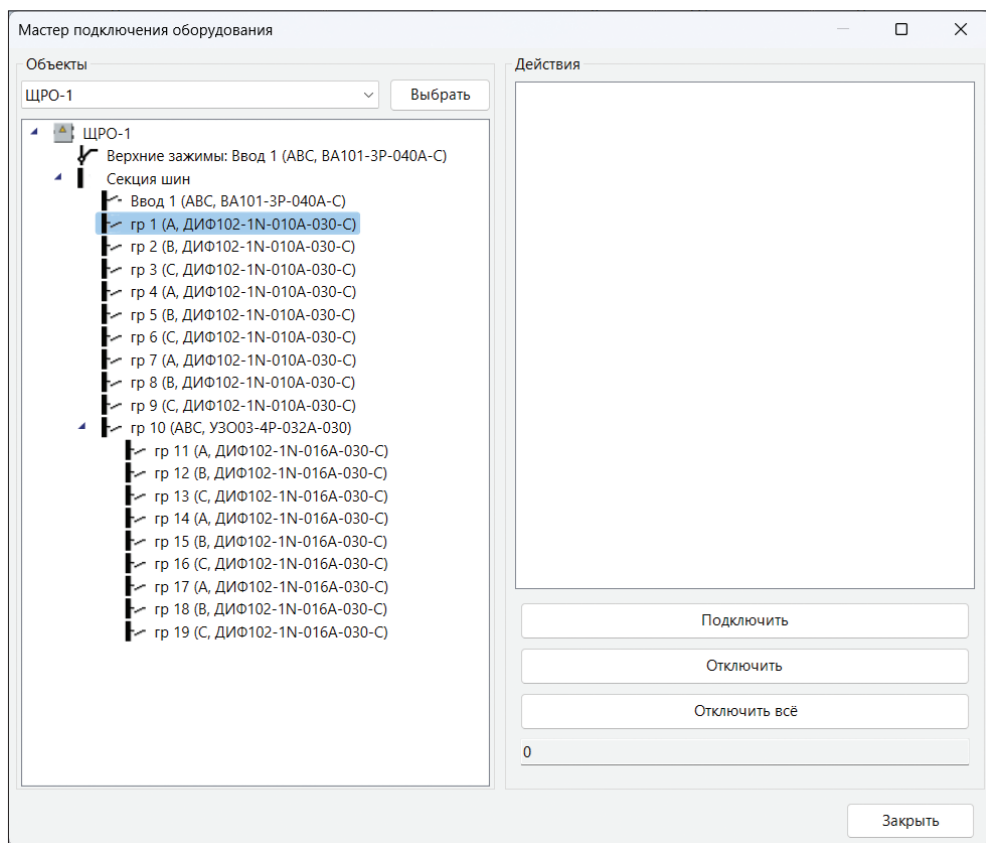


Рис. 2.3.53. Окно **Мастер подключения оборудования**

Далее следует выделить группу № 1 и инициировать команду **Подключить**. Затем необходимо указать на плане осветительные приборы рабочего освещения и выключатели, расположенные в помещениях. После нажатия клавиши **Enter** подключенные элементы подсвечиваются зеленым цветом. Повторное нажатие **Enter** возвращает пользователя в окно **Мастер подключения оборудования**, в области **Действия** отображаются присоединенные объекты (рис. 2.3.54).

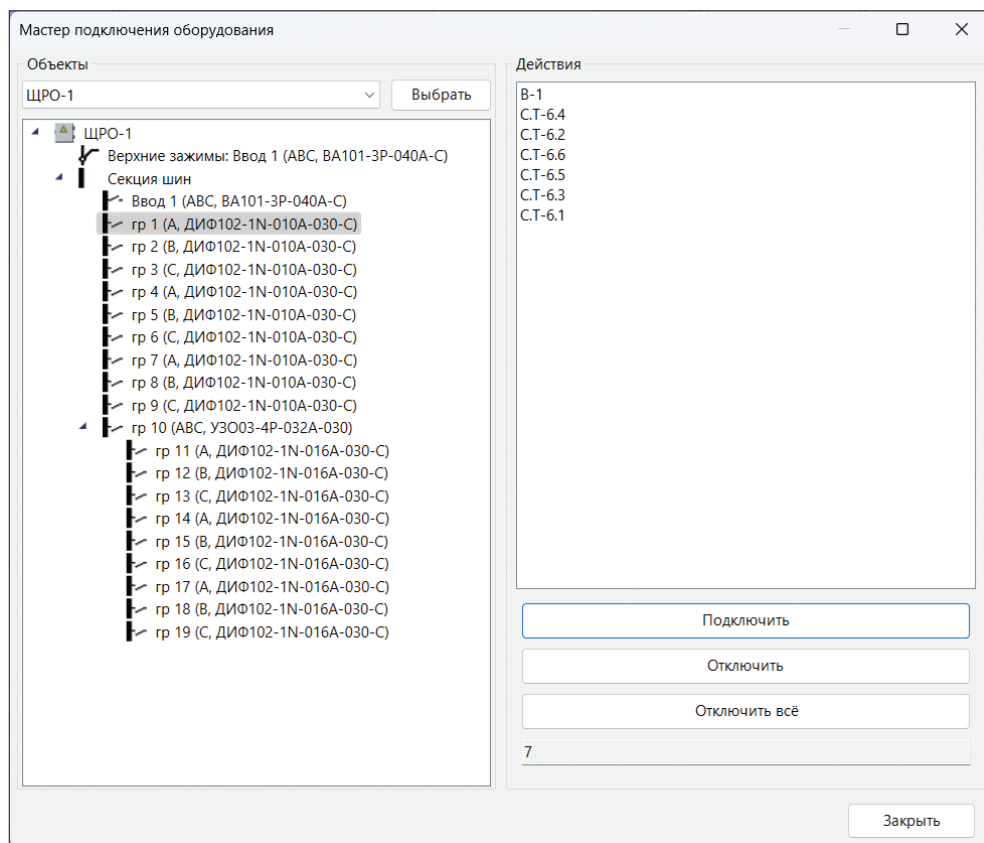


Рис. 2.3.54. Подключенные светильники и выключатели к щиту

Следующим этапом требуется выполнить подключение светильников к выключателям. Для этого в окне **Мастер подключения оборудования** надо выбрать команду **Выбрать** и указать на плане соответствующий выключатель – его структура появится в области **Объекты**. Затем выделить секцию I и выбрать команду **Подключить**.

После этого необходимо выбрать на плане осветительные приборы, управление которыми должно осуществляться данным выключателем. Нажатие клавиши **Enter** приведет к подсветке подключенных светильников зеленым цветом. Повторное нажатие **Enter** возвращает окно **Мастер подключения оборудования**. В области **Действия** отобразятся подключенные светильники (рис. 2.3.55).

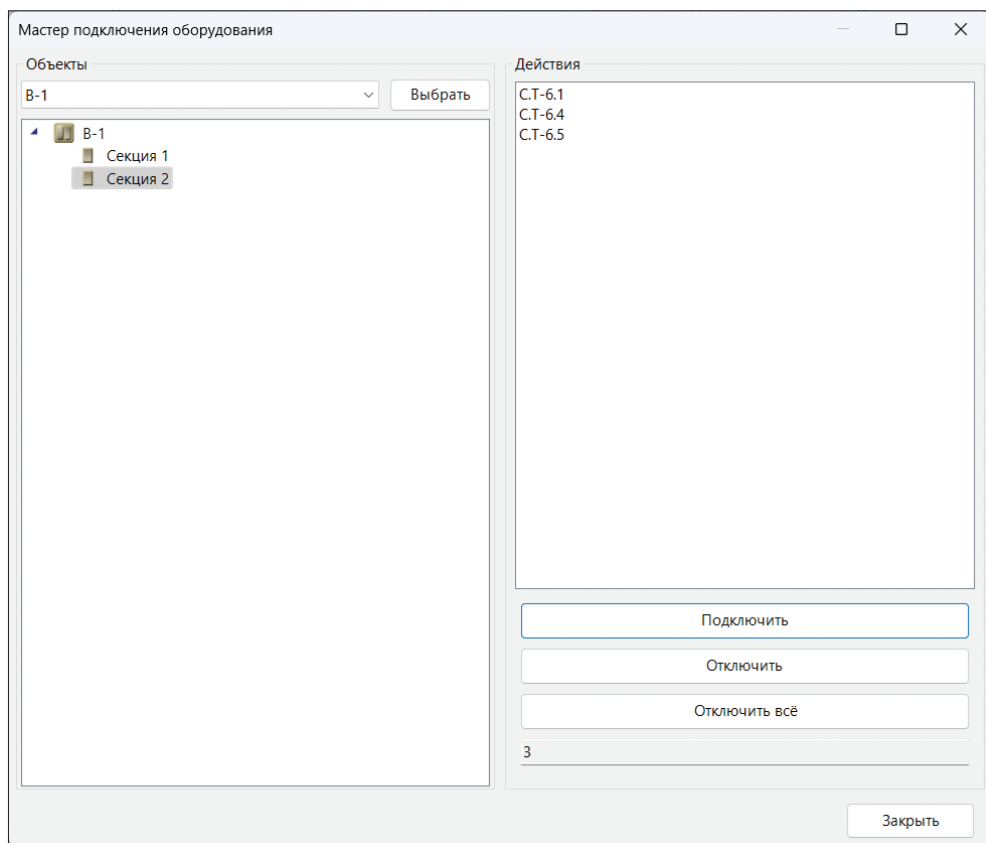


Рис. 2.3.55. Светильники, присоединенные к выключателю

В результате выполненных операций осветительные приборы оказываются подключенными к щиту ЩРО-1 и управляемыми посредством выключателей. Аналогичным образом производится подключение розеток и технологического оборудования. Если подключаемые элементы расположены на разных планах, сначала необходимо выполнить подключение на одном плане и закрыть окно **Мастер подключения оборудования**. Затем следует переключиться на другой план, повторно вызвать указанное окно и осуществить подключение объектов на втором плане.

Прокладка кабелей по заданным трассам осуществляется в окне **Прокладка кабелей/проводов**. Данное окно вызывается одноименной командой (в командной строке EL_GROUP_BUILD) на вкладке **Электрика**.

В открывшемся окне необходимо нажать кнопку ... и выбрать на плане (либо из раскрывающегося меню) распределительное устройство, от которого требуется проложить кабели. В результате структура указанного устройства отобразится в окне **Прокладка кабелей/проводов**. Для прокладки кабелей от фидера к выключателям и светильникам необходимо выбрать фидер и команду **Проложить автоматически** (рис. 2.3.56).

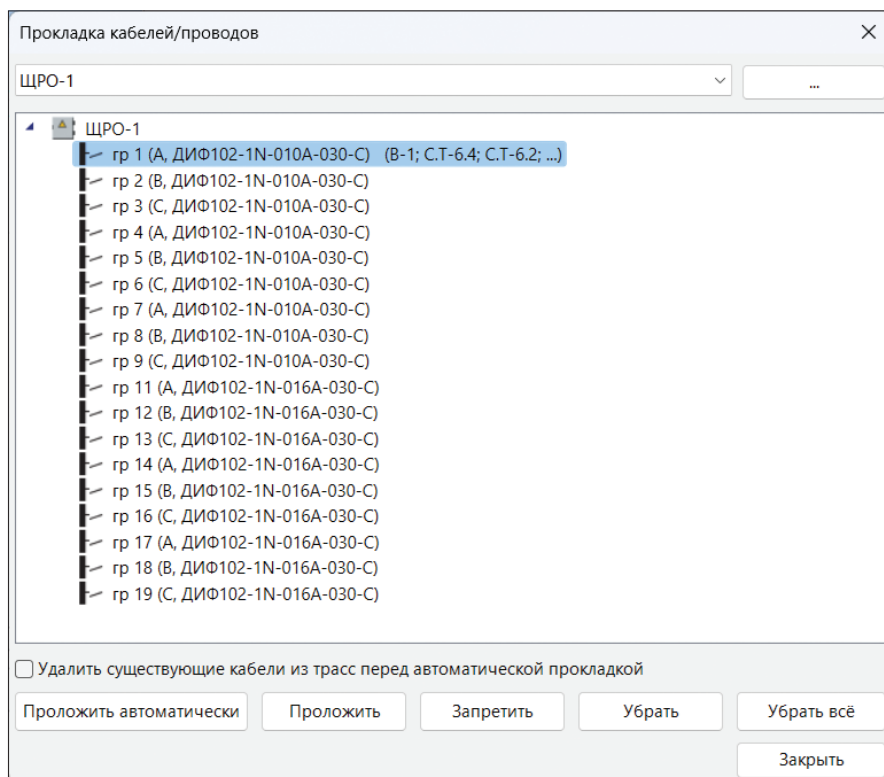


Рис. 2.3.56. Команда **Проложить автоматически**

В результате кабели будут автоматически проложены по существующим трассам. Трассы, задействованные при прокладке, подсвечиваются зеленым цветом. Для возврата в окно **Прокладка кабелей/проводов** необходимо нажать **Enter**.

Возможна одновременная прокладка кабелей и проводов, отходящих от распределительного устройства. Для этого необходимо снова вызвать окно **Прокладка кабелей/проводов**, выделить ЩРО-1 и применить команду **Проложить автоматически** (рис. 2.3.57).

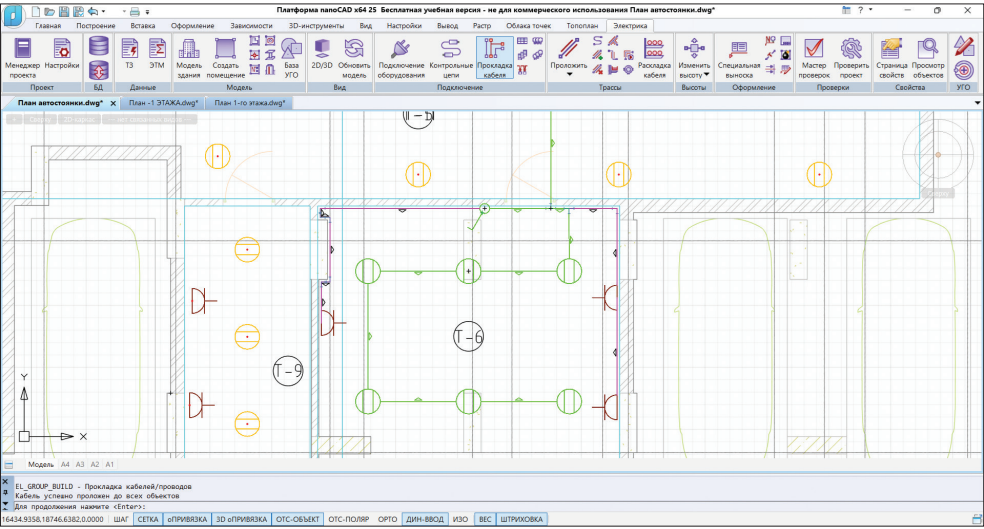


Рис. 2.3.57. Автоматическая прокладка кабелей по трассам

2.3.9. Выбор кабелей и коммутационных аппаратов

Выбор кабелей и коммутационных аппаратов осуществляется в окне **Электротехническая модель**. Для его вызова предназначена одноименная команда, доступная на вкладке ленты **Электрика**. Альтернативный способ – ввод в командной строке `CW_SHOW_ETMODEL`. В открывшемся окне необходимо перейти на вкладку **Подсоединения** и выделить фидер № 1 щита ЩРО-1 (рис. 2.3.58).

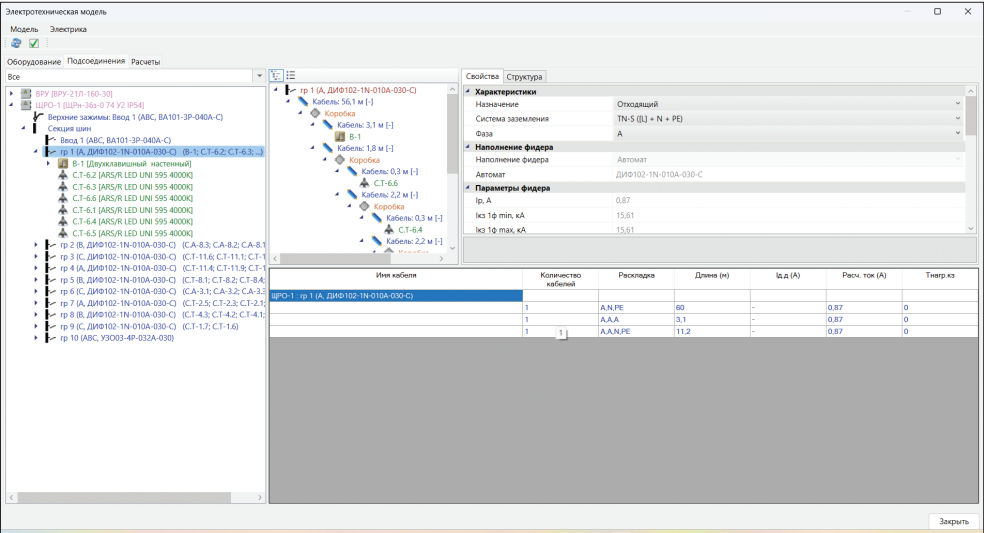


Рис. 2.3.58. Окно Электротехническая модель, вкладка Подсоединения

На этапе, когда кабели еще не выбраны, доступен только расчет электрических нагрузок, а на основе полученного расчетного тока выполняется подбор сечений кабелей. Для автоматизации назначения кабеля каждому участку групповой сети в программе реализована сводная таблица кабелей. В данной таблице группируются все участки сети по способу раскладки жил. При этом для каждой группы кабельных участков в таблице указывается расчетный ток.

Чтобы выбрать кабель из базы данных оборудования, необходимо дважды щелкнуть левой кнопкой мыши по соответствующей строке в сводной таблице. После этого откроется окно **База данных оборудования**, где следует подобрать подходящий кабель. Основное условие – длительно допустимый ток кабеля должен превышать расчетный ток линии (рис. 2.3.59). Аналогичным образом выполняется выбор кабелей для остальных групп.

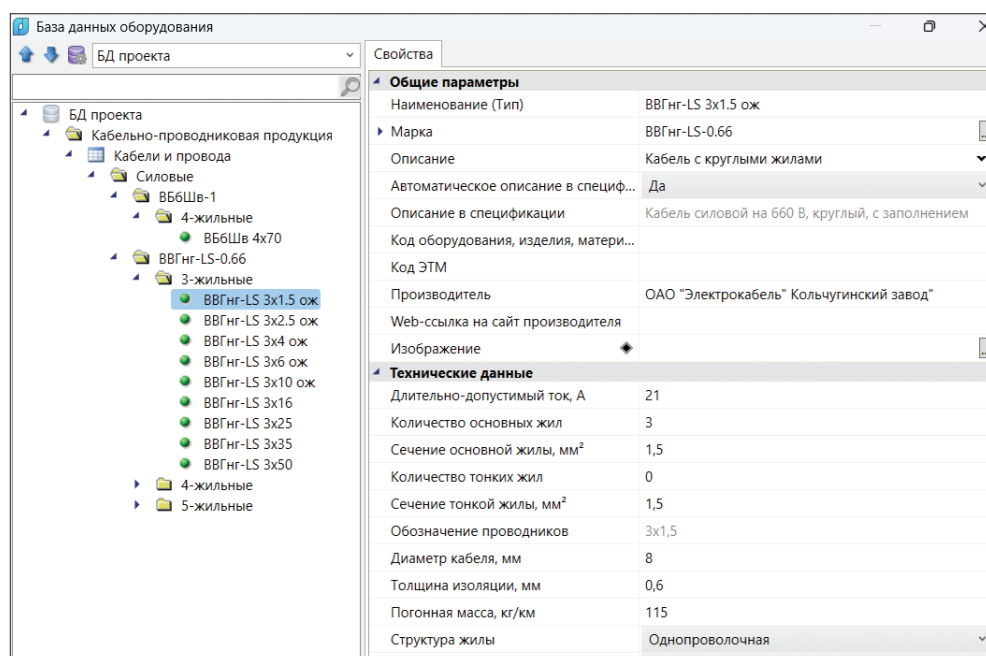


Рис. 2.3.59. Выбор кабеля в окне **База данных оборудования**

Выбор коммутационных аппаратов был произведен ранее, однако на данном этапе требуется проверить соответствие номинала аппарата расчетному току линии (рис. 2.3.60).

Необходимо также рассмотреть проверку кабелей и коммутационных аппаратов по условиям пускового режима, режима короткого замыкания и потерям напряжения.

После выбора кабелей и коммутационных аппаратов программа позволяет выполнить электротехнические расчеты для получения корректных значений токов короткого замыкания, токов утечки и потерь напряжения. Для запуска расчетов рекомендуется использовать команду **Обновить** на панели инструментов окна **Электротехническая модель**.

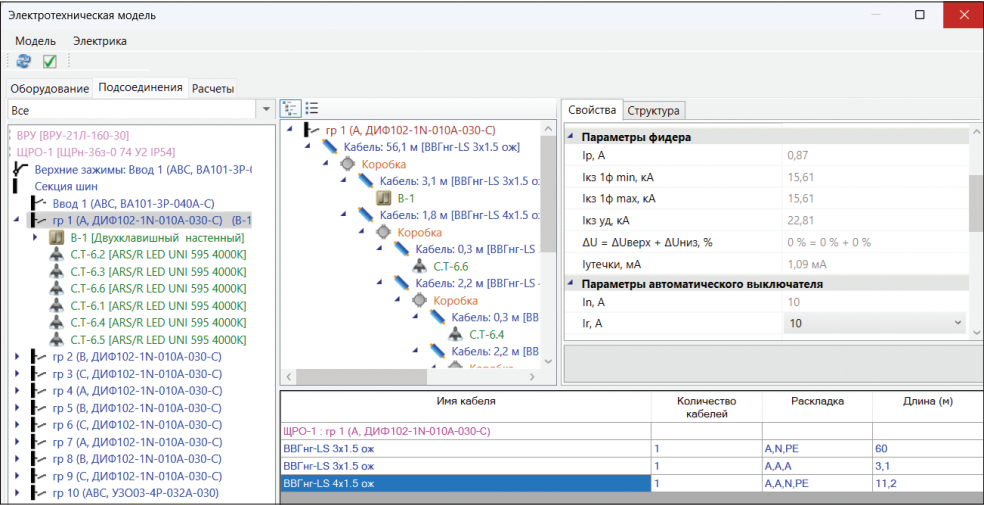


Рис. 2.3.60. Автоматический выключатель

Для просмотра основных расчетных величин, необходимых при проверке коммутационных аппаратов и кабелей, необходимо перейти на вкладку **Расчеты** и выбрать интересующий фидер (рис. 2.3.61).

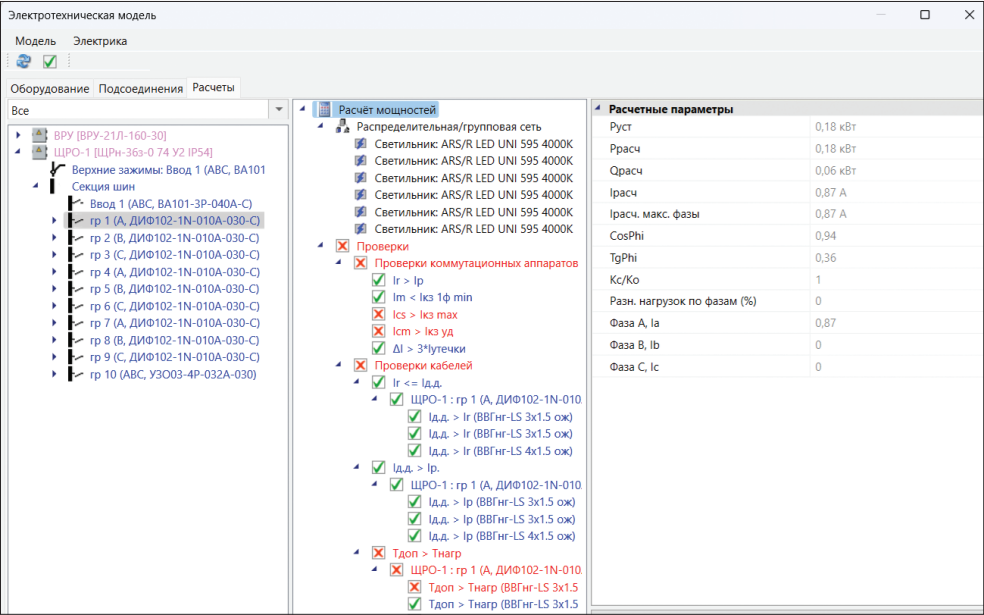


Рис. 2.3.61. Просмотр расчетных величин

В соответствии с рис. 2.3.61 группа № 1 не проходит по проверке коммутационных аппаратов и кабелей. Чтобы пройти проверку коммутационного аппарата, необходимо заменить коммутационный аппарат (рис. 2.3.62).

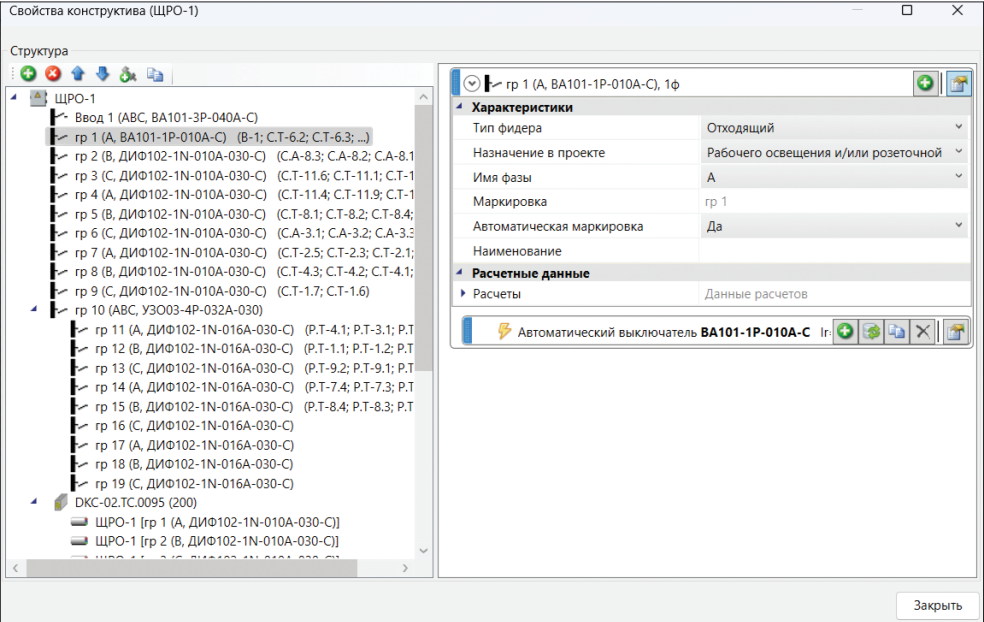


Рис. 2.3.62. Замена коммутационного аппарата

Для прохождения проверки кабеля необходимо заменить кабель на другое сечение (рис. 2.3.63).

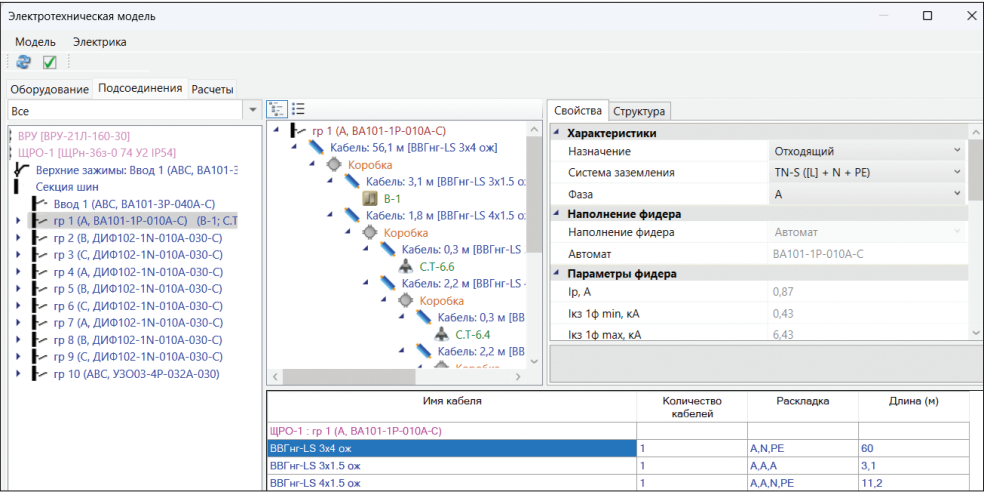


Рис. 2.3.63. Замена сечения кабеля

С целью оперативного выявления проблемных участков без последовательного перебора всех фидеров предусмотрена команда **Проверки** на панели инструментов окна **Электротехническая модель**. При активации открывается окно **Мастер проверок** (рис. 2.3.64).

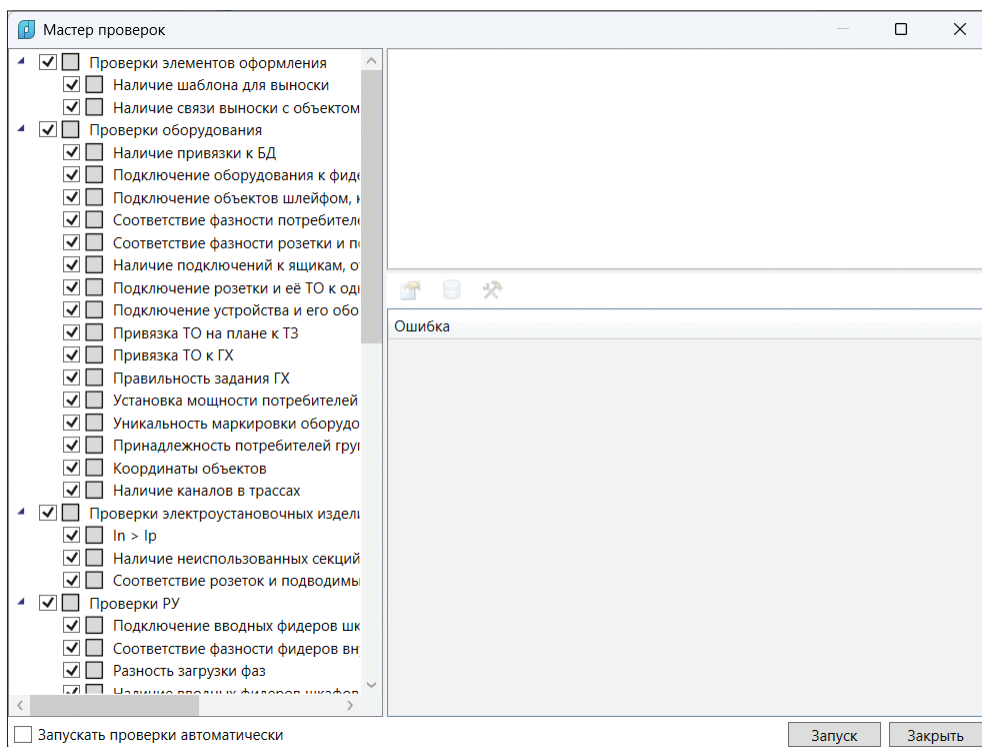


Рис. 2.3.64. Окно Мастер проверок

После замены коммутационных аппаратов и кабеля необходимо повторно открыть окно **Электротехническая модель** и убедиться в отсутствии ошибок (рис. 2.3.65).

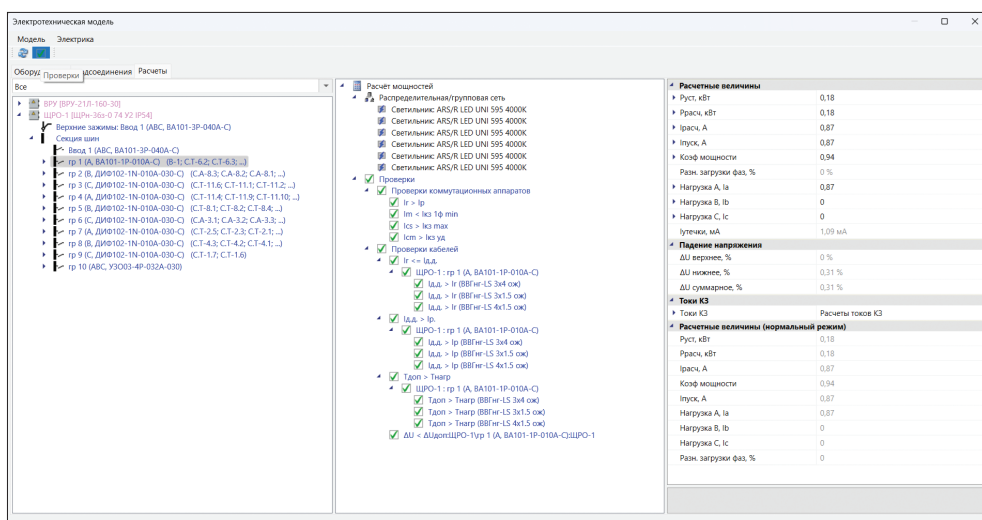


Рис. 2.3.65. Проверка отсутствия ошибок

2.3.10. Проектирование распределительных коробок

После выполнения трассировки кабельных линий необходимо разместить распределительные коробки и выбрать соответствующие позиции из базы данных оборудования. Стандартный алгоритм расстановки коробок, как и для любого другого оборудования, характеризуется значительной трудоемкостью и рутинностью операций. В связи с этим в nanoCAD BIM Электро реализован механизм автоматической расстановки распределительных коробок. Данный механизм активируется командой **Установка коробок** (в командной строке EL_SHOW_CASE_SETTER), расположенной на вкладке **Электрика** (рис. 2.3.66).

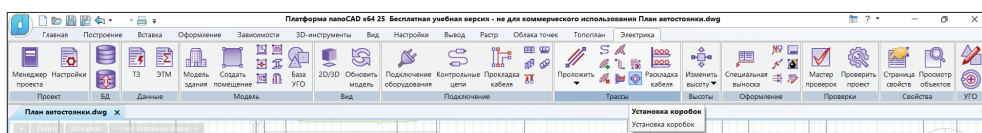


Рис. 2.3.66. Команда **Установка коробок**

В открывшемся диалоговом окне следует выделить элемент **Все** и нажать кнопку **Установить коробки**. В результате автоматического выполнения операции распределительные коробки размещаются на плане, как показано на рис. 2.3.67.

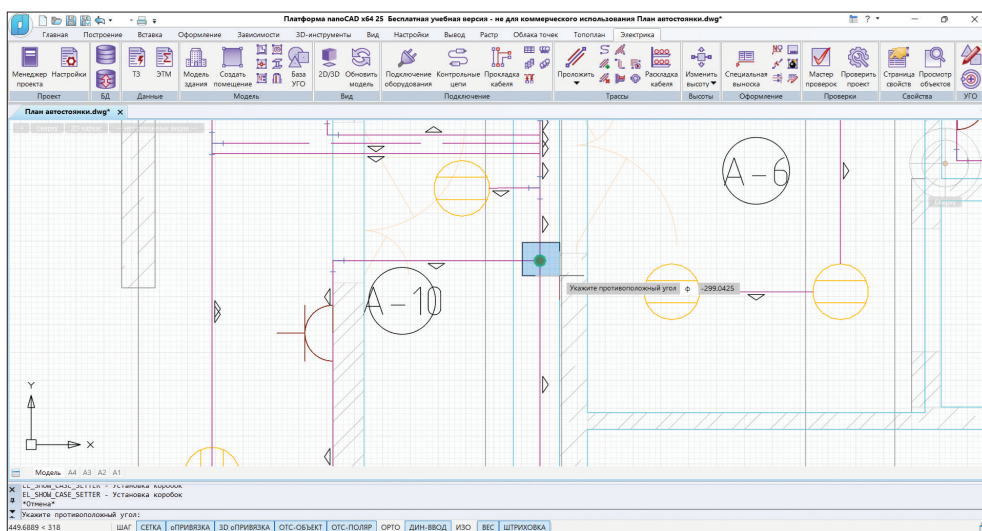


Рис. 2.3.67. Разветвительная (коммутационная) коробка на плане

Далее для установленных коробок требуется назначить конкретное типовое изделие из базы данных оборудования. Для этого в окне **Мастер установки коробок** в левой части выделить элемент **Все**, а в правой части осуществить двойной щелчок левой кнопкой мыши по соответствующей коробке. В открывшемся окне **База данных оборудования** выбрать подходящую распределительную коробку. После нажатия кнопки **ОК** выбранное изделие будет назначено (рис. 2.3.68). Аналогичные действия необходимо выполнить для остальных распределительных коробок.

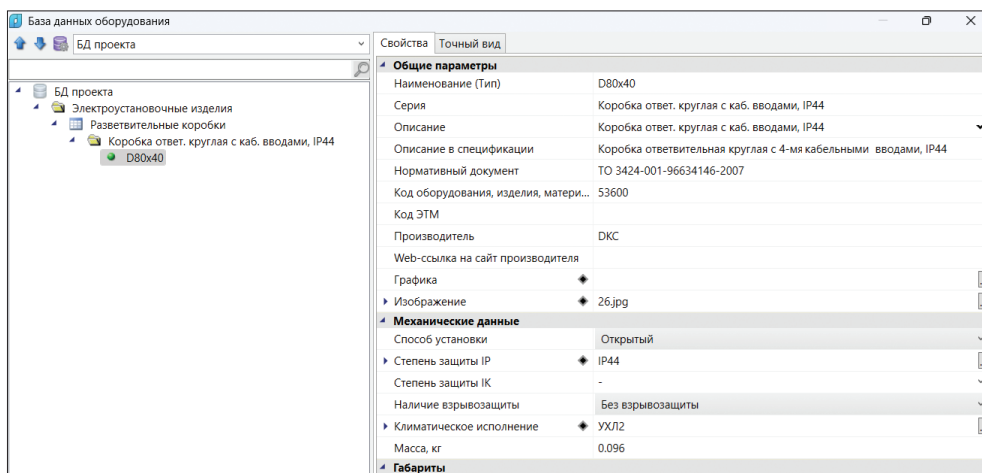


Рис. 2.3.68. Выбор разветвительной коробки в базе данных

2.3.11. Проектирование соединительных элементов кабеленесущей системы

Для корректного автоматического подбора соединительных элементов необходимо задать верную ориентацию трасс кабельных каналов. На плане, приблизительно в средней части каждой трассы, отображается треугольный маркер, указывающий сторону расположения крышки кабельного канала (рис. 2.3.69). В большинстве случаев nanoCAD BIM Электро автоматически определяет правильную ориентацию всех трасс. Если требуется изменить ориентацию вручную, необходимо выделить соответствующую трассу и выполнить один щелчок левой кнопкой мыши по треугольной грип-точке, расположенной в средней части трассы (рис. 2.3.69).

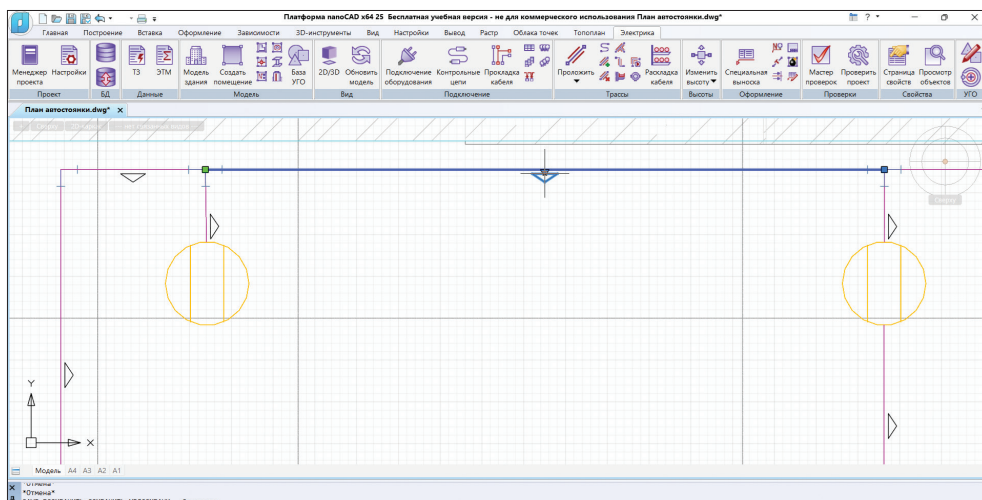


Рис. 2.3.69. Ориентация трассы и грип-точка

Условные графические обозначения соединительных элементов (фитингов) размещаются непосредственно в процессе прокладки кабельных трасс при условии, что параметру **Устанавливать фитинг** присвоено значение **Да**.

Если УГО фитинга не было установлено в требуемой позиции, его можно добавить вручную через окно **База УГО** по аналогии с размещением любого другого оборудования. При этом в местах, где необходима установка торцевых заглушек, ручное размещение УГО фитинга не требуется, торцевые заглушки будут автоматически добавлены на план после выполнения команды **Подбор соединительных элементов**.

Для подбора конкретных типовых изделий под каждый соединительный элемент следует выбрать команду **Подбор соединительных элементов**. Вызов команды осуществляется с помощью соответствующей кнопки на вкладке **Электрика** (рис. 2.3.70) либо через ввод в командной строке CW_INSTALL_FITTINGS.

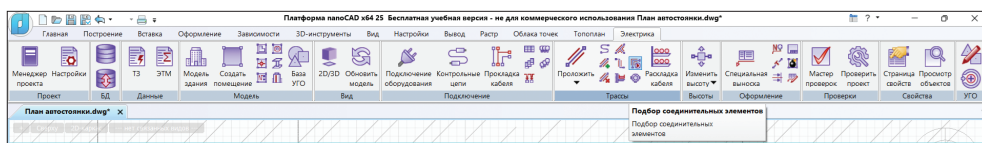


Рис. 2.3.70. Команда **Подбор соединительных элементов**

После нажатия кнопки на экране отображается диалоговое окно с запросом подтверждения на выполнение автоматического подбора соединительных элементов. В результате выполнения команды программа автоматически устанавливает торцевые заглушки и подбирает все необходимые соединительные элементы, о чем выдается соответствующее уведомление.

Результат работы команды **Подбор соединительных элементов** можно проверить, выделив любой соединительный элемент на плане и открыв панель его свойств, для элемента будет указан конкретный тип изделия из базы данных (рис. 2.3.71).

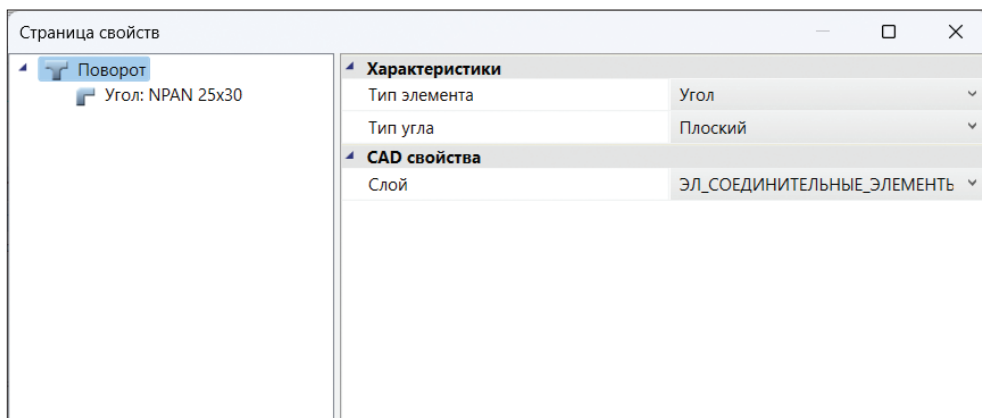


Рис. 2.3.71. Пример подобранного наружного угла кабельного канала

2.3.12. Проектирование заполнения кабеленесущей системы

Процесс раскладки кабелей реализован в окне **Мастер раскладки кабеля**. Вызов данного окна осуществляется с помощью одноименной команды, доступ к которой можно получить двумя способами:

- ◆ через вкладку ленты **Электрика**;
- ◆ вводом в командную строку **CW_PUE_GROOM**.

Перед вызовом команды необходимо предварительно выделить требуемую кабельную трассу (рис. 2.3.72).

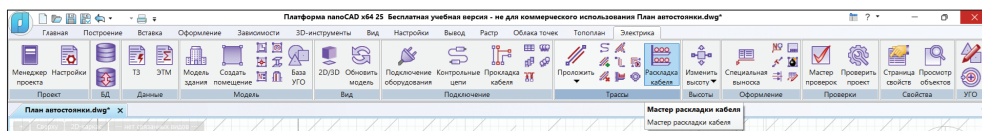


Рис. 2.3.72. Команда **Мастер раскладки кабеля**

Далее следует выделить необходимый участок трассы. В результате на экране отображается окно **Мастер раскладки кабеля** (рис. 2.3.73). Интерфейс окна включает три основные области:

- ◆ кабели в трассе – в этой области перечислены кабели, уже проложенные в данной трассе. Кабели автоматически сгруппированы в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок;
- ◆ конструкция трассы – отображает элементы лотковой системы и кабели, размещенные в трассе. На начальном этапе кабели находятся в директории **Без места**, поскольку еще не распределены по лоткам;
- ◆ свойства – предоставляет информацию о параметрах выделенного в любой из областей элемента.

Алгоритм размещения кабелей в лотке:

1. В левой области (**Кабели в трассе**) выделить группу кабелей, подлежащих размещению.
2. В средней области (**Конструкция трассы**) выбрать элемент **Объем**, соответствующий целевому лотку.
3. Нажать кнопку **Перенести кабели** на панели инструментов.

В результате выполнения указанных действий кабели выделенной группы будут разложены внутри выбранного лотка. При этом в левой области они подсвечиваются зеленым цветом, а в средней области перемещаются в иерархию соответствующего лотка (рис. 2.3.74).

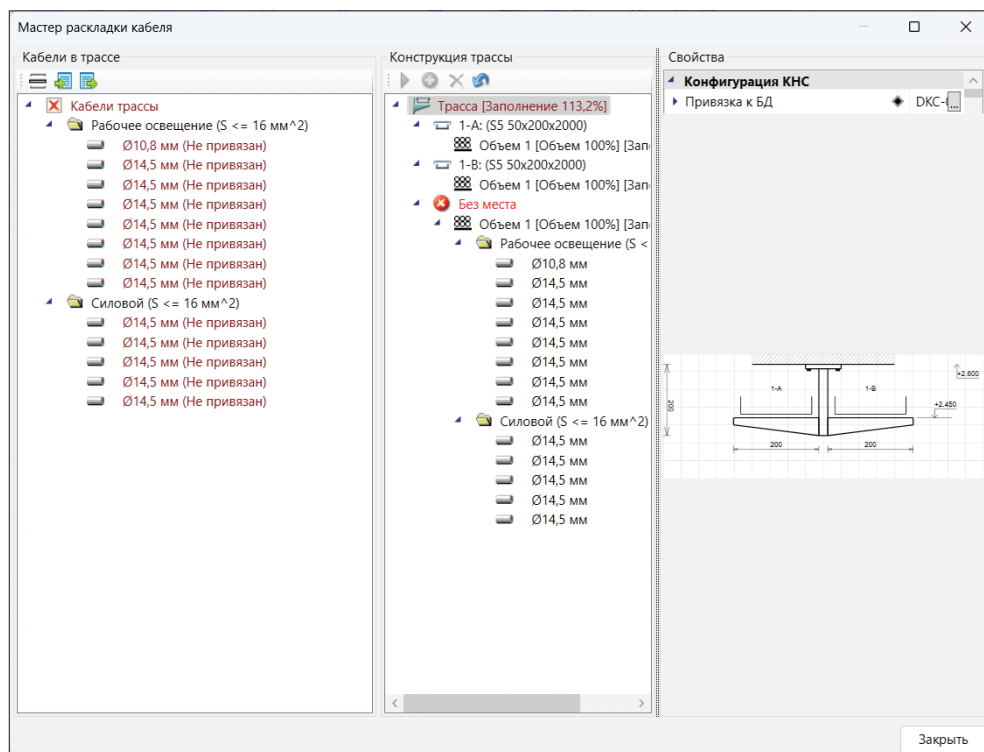


Рис. 2.3.73. Окно Мастер раскладки кабеля

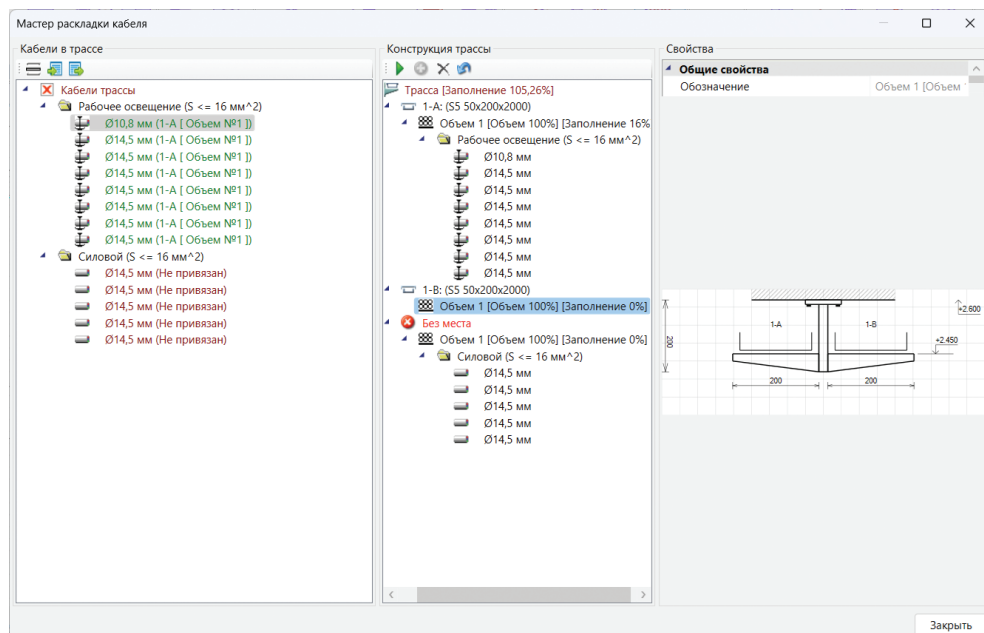


Рис. 2.3.74. Разложенные кабели рабочего освещения

Для изменения способа укладки кабелей в лотке **1-А** необходимо выделить элемент **Объем** данного лотка, а также в области **Свойства** присвоить параметру **Тип укладки кабеля** значение **Однослойно без расстояния между кабелями**.

Заданные параметры раскладки, примененные к одному участку трассы, могут быть скопированы на остальные участки кабельной трассы. Для этого предназначена команда **Копировать параметры раскладки в другие трассы** (рис. 2.3.75).

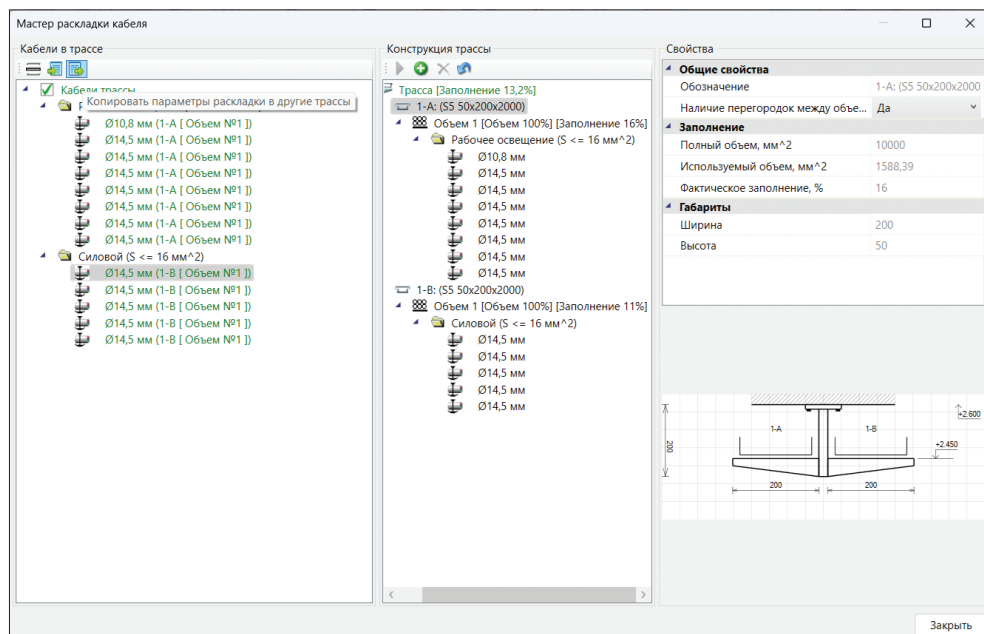


Рис. 2.3.75. Команда **Копировать параметры раскладки в другие трассы**

После активации команды необходимо указать на плане трассы, на которые следует перенести параметры раскладки. Выбранные трассы подсвечиваются зеленым цветом, а для завершения операции нажать клавишу **Enter**. Кабели в выделенных трассах будут автоматически разложены по тем же правилам, что и в исходной трассе.

2.3.13. Проверка проекта

В nanoCAD BIM Электро реализован обширный набор проверок, которым подлежит каждый элемент проекта. Данные проверки сгруппированы в окне **Мастер проверок**, вызываемом одноименной командой (в командной строке CW_CHECK) на вкладке **Электрика**. После активации команды открывается окно **Мастер проверок** (рис. 2.3.76).

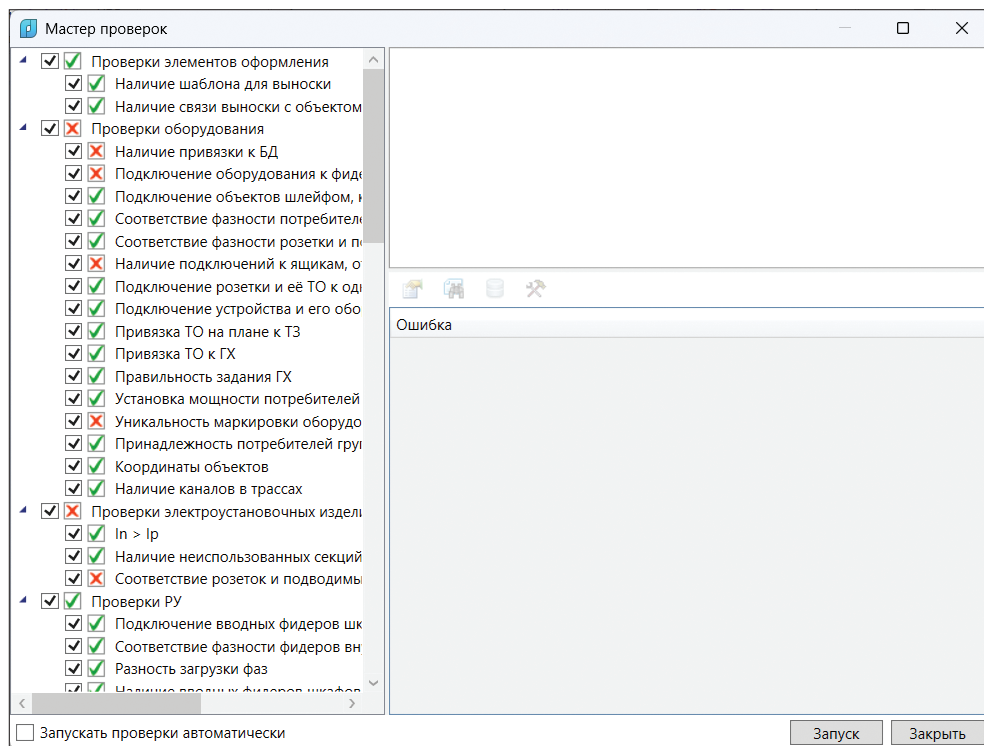
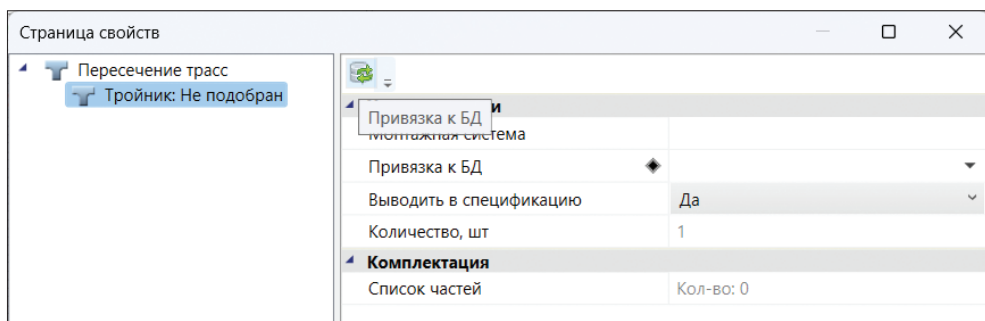
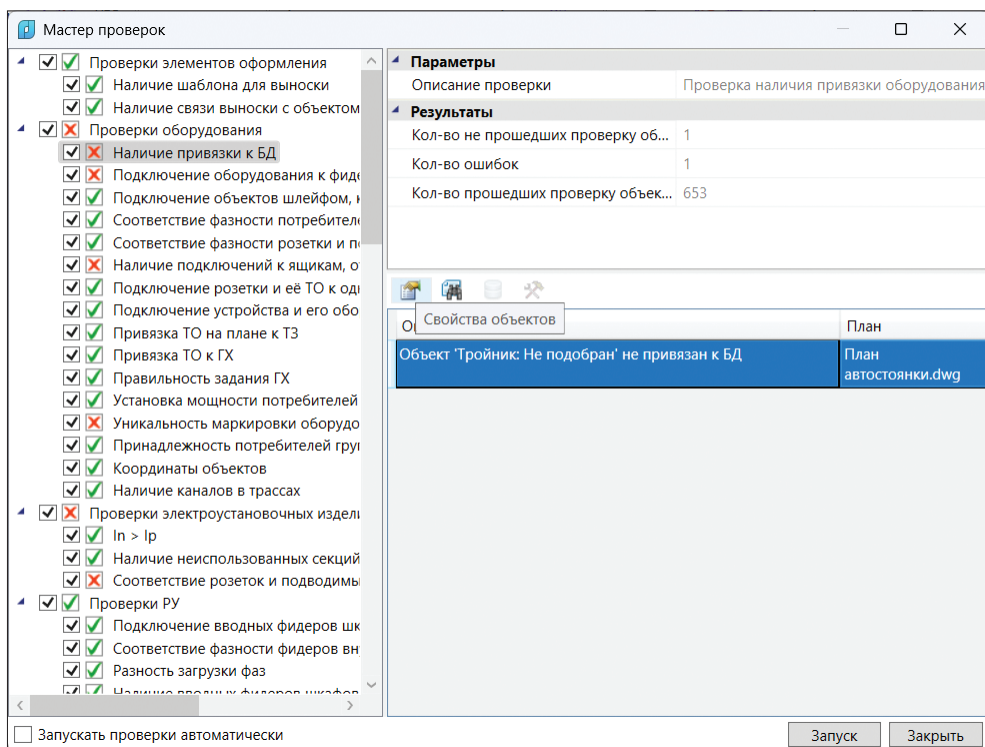


Рис. 2.3.76. Окно **Мастер проверок**

Если какой-либо элемент проекта не удовлетворяет условиям определенной проверки, соответствующая строка в мастере маркируется красным крестом. При выборе такой проверки в правой части окна отображаются все элементы, не прошедшие верификацию.

Обнаружить ошибочный объект на плане можно с помощью функции **Показать на плане**. После вызова nanoCAD BIM Электро автоматически переходит к плану и выделяет ошибочный объект красным цветом.

Для устранения проблемы, связанной с отсутствием привязки к базе данных, необходимо выбрать **Свойства объектов** и осуществить привязку командой **Привязка к БД** (рис. 2.3.77).

Рис. 2.3.77. Ошибка **Наличие привязки к БД**

Для устранения проблемы, связанной с принадлежностью оборудования к помещению, необходимо выбрать объект командой **Показать на плане** и осуществить удаление объекта (рис. 2.3.78).

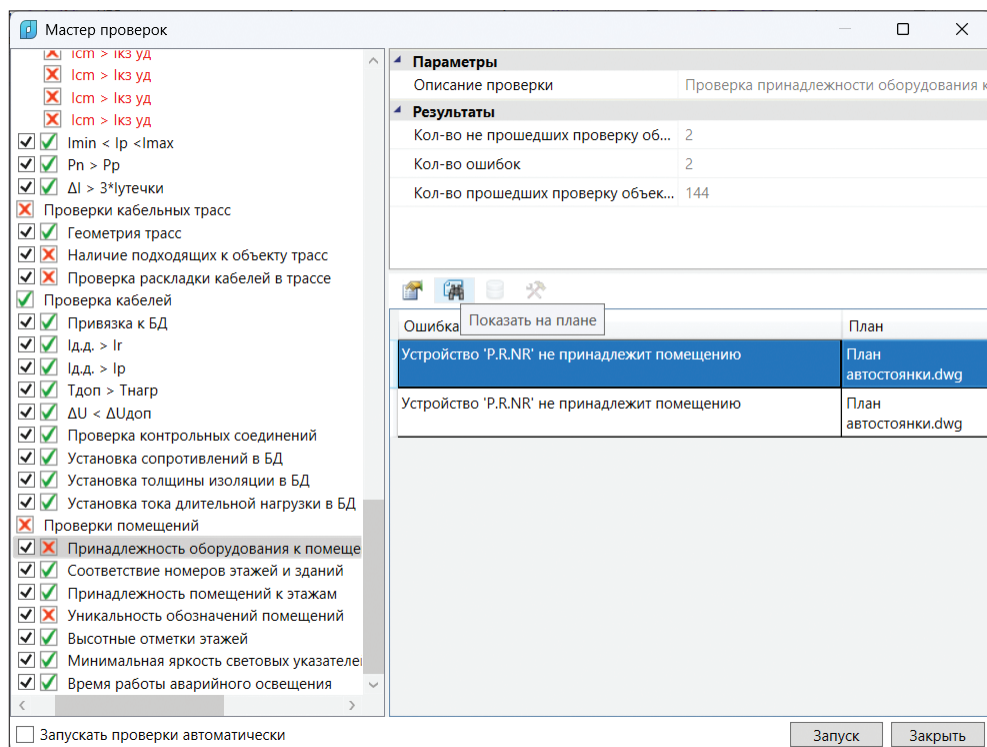


Рис. 2.3.78. Ошибка Принадлежность оборудования к помещению

Сообщения об ошибках носят информационный характер и не препятствуют дальнейшей работе над проектом. В ситуациях, когда nanoCAD BIM Электро сигнализирует об ошибке, но инженер-проектировщик считает принятое проектное решение корректным, сообщение об ошибке следует просто игнорировать.

При работе на плоскости (в 2D-режиме) отслеживание некоторых пространственных ошибок может быть затруднено. В связи с этим программа предоставляет возможность переключения режимов отображения модели проекта из 2D в 3D и обратно. Для этого используется команда **2D/3D** (в командной строке CW_2D3D) на вкладке **Электрика**.

Практически все элементы сети в 3D-модели отображаются с учетом их фактических габаритов. Распределительные коробки представлены в виде условных графических обозначений. 3D-модели вполне достаточно для выявления пространственных ошибок, допущенных в проекте, а при обнаружении ошибок их можно исправлять как в 2D-, так и в 3D-режиме (рис. 2.3.79).

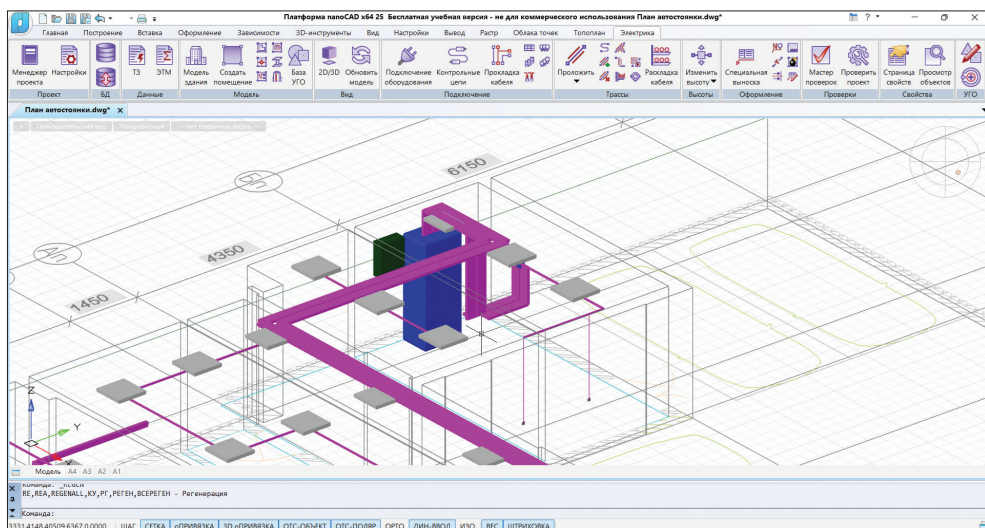


Рис. 2.3.79. 3D-отображение элементов

2.3.14. Формирование выходной документации

Программа nanoCAD BIM Электро позволяет полноценно оформлять и формировать выходную документацию. Для размещения на плане рамки чертежа с основной надписью необходимо выбрать команду **Установить рамку чертежа** (в командной строке CW_CHECK) на вкладке ленты **Электрика**. В открывшемся диалоговом окне **Вставка рамки** из раскрывающегося списка следует выбрать необходимый формат рамки чертежа и тип основной надписи. После нажатия кнопки **ОК** нужно указать на плане точку вставки рамки (рис. 2.3.80).

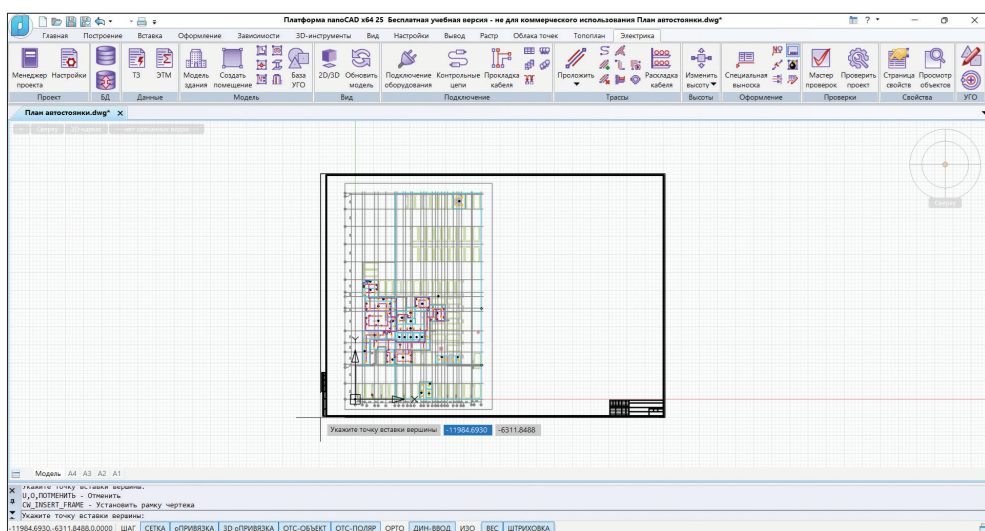


Рис. 2.3.80. Вставка рамки на план

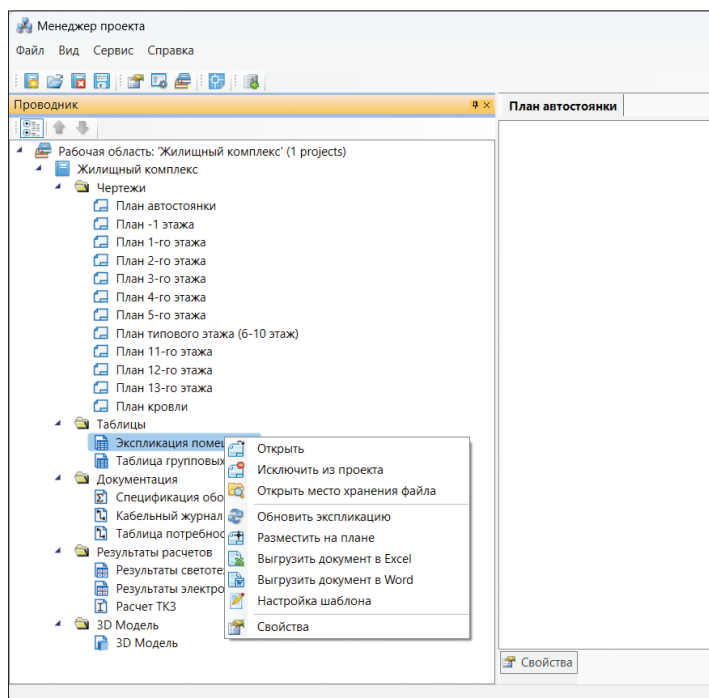
Затем откроется окно свойств рамки. Параметры группы **Свойства проекта** заполняются автоматически на основании данных проекта, а остальные реквизиты необходимо внести вручную (рис. 2.3.81).

Свойства	
Свойства проекта	
Наименование предприятия	ФГБОУ ВО АлтГТУ
Наименование здания (сооружения)	Жилищный комплекс
Стадия проекта	РД
Организация исполнитель проекта	ФГБОУ ВО АлтГТУ
Свойства документа	
Наименование документа	Силовые сети и сеть освещение. План -2 этажа (автостоянка)
Обозначение документа	26-2026.ЭОМ
Лист	3
Листов	15
Участники проекта. Строка 1	
Характер выполняемой работы	Разработал
Фамилия лица, выполняющего рабо...	Иванова
Дата подписания документа	06.04.2026
Участники проекта. Строка 2	
Характер выполняемой работы	Проверил
Фамилия лица, выполняющего рабо...	Петров
Дата подписания документа	06.04.2026
Участники проекта. Строка 3	
Характер выполняемой работы	
Фамилия лица, выполняющего рабо...	
Дата подписания документа	
Участники проекта. Строка 4	
Характер выполняемой работы	
Фамилия лица, выполняющего рабо...	
Дата подписания документа	
Участники проекта. Строка 5	
Характер выполняемой работы	Н. контролер
Фамилия лица, выполняющего рабо...	
Дата подписания документа	
Участники проекта. Строка 6	
Характер выполняемой работы	
Дата подписания документа	
Дата подписания документа	

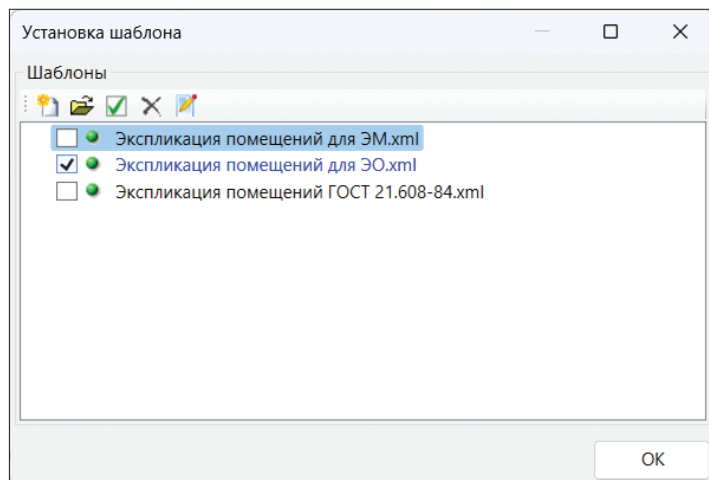
Рис. 2.3.81. Окно свойств рамки чертежа

Для автоматического формирования экспликации помещений необходимо открыть окно **Менеджер проекта** и двойным щелчком левой кнопки мыши выбрать вкладку **Экспликация помещений**. В области предварительного просмотра отобразится содержимое документа.

По умолчанию экспликация помещений строится по шаблону для проектов силового электрооборудования. Для того чтобы сформировать экспликацию по шаблону для проектов электроосвещения, в контекстном меню документа **Экспликация помещений** выбрать команду **Настройка шаблона** (рис. 2.3.82).

Рис. 2.3.82. Вкладка **Экспликация помещений**

В появившемся окне **Установка шаблона** необходимо установить флажок на шаблоне **Экспликация помещений ГОСТ 21.608-84** и нажать **ОК**. Для применения параметров нового шаблона и обновления данных документа необходимо вызвать контекстное меню и выбрать команду **Обновить экспликацию** (рис. 2.3.83).

Рис. 2.3.83. Окно **Установка шаблона**

Далее необходимо разместить экспликацию помещений на плане, для этого в контекстном меню соответствующего элемента выбрать команду **Разместить на плане** (рис. 2.3.84).

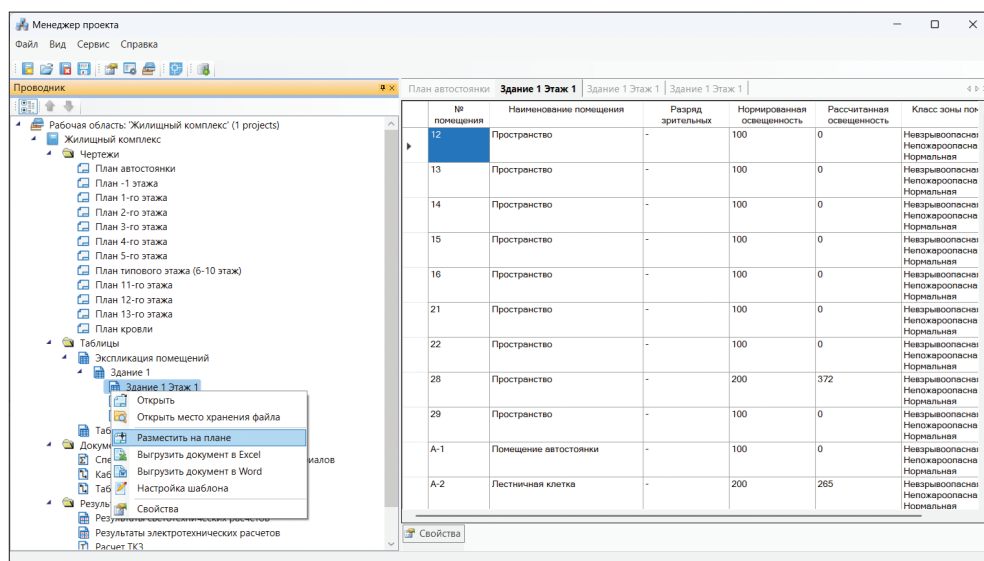


Рис. 2.3.84. Команда **Разместить на плане**

После выбора команды программа автоматически переключится на вид плана. Необходимо указать точку вставки, после чего экспликация помещений будет размещена на чертеже (рис. 2.3.85).

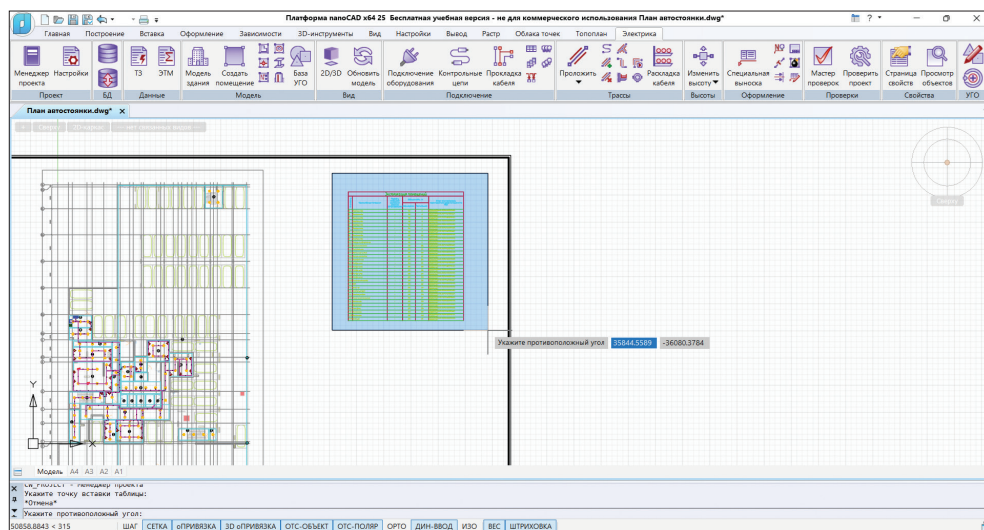


Рис. 2.3.85. Размещение экспликации помещений на плане

Для автоматического формирования таблицы групповых щитков необходимо открыть **Менеджер проекта** и двойным щелчком левой кнопки мыши выбрать документ **Таблица групповых щитков**. Содержимое документа отобразится в области предварительного просмотра. Для актуализации данных документа рекомендовано выбрать контекстное меню и команду **Обновить**.

Затем возможно разместить таблицу групповых щитков на плане. Для этого в контекстном меню соответствующего щитка выбрать команду **Разместить на плане** (рис. 2.3.86).

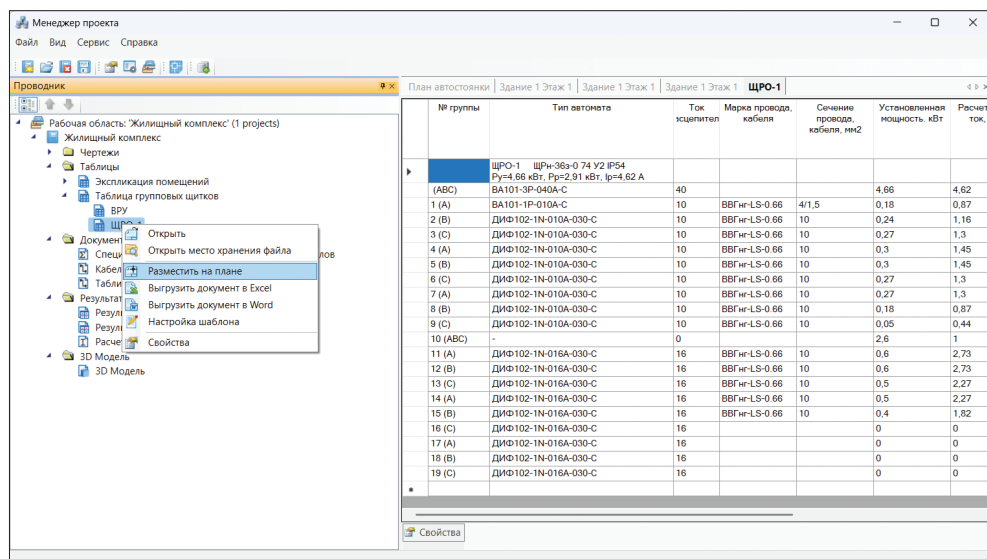


Рис. 2.3.86. Команда **Разместить на плане**

После этого программа перейдет в режим работы с планом. Также необходимо указать точку вставки, после чего таблица группового щитка будет размещена на чертеже.

Для автоматического формирования выноски к оборудованию необходимо выделить соответствующее оборудование на плане, в контекстном меню выбрать пункт **Спец. Выноска** и указать требуемый тип выноски (рис. 2.3.87).

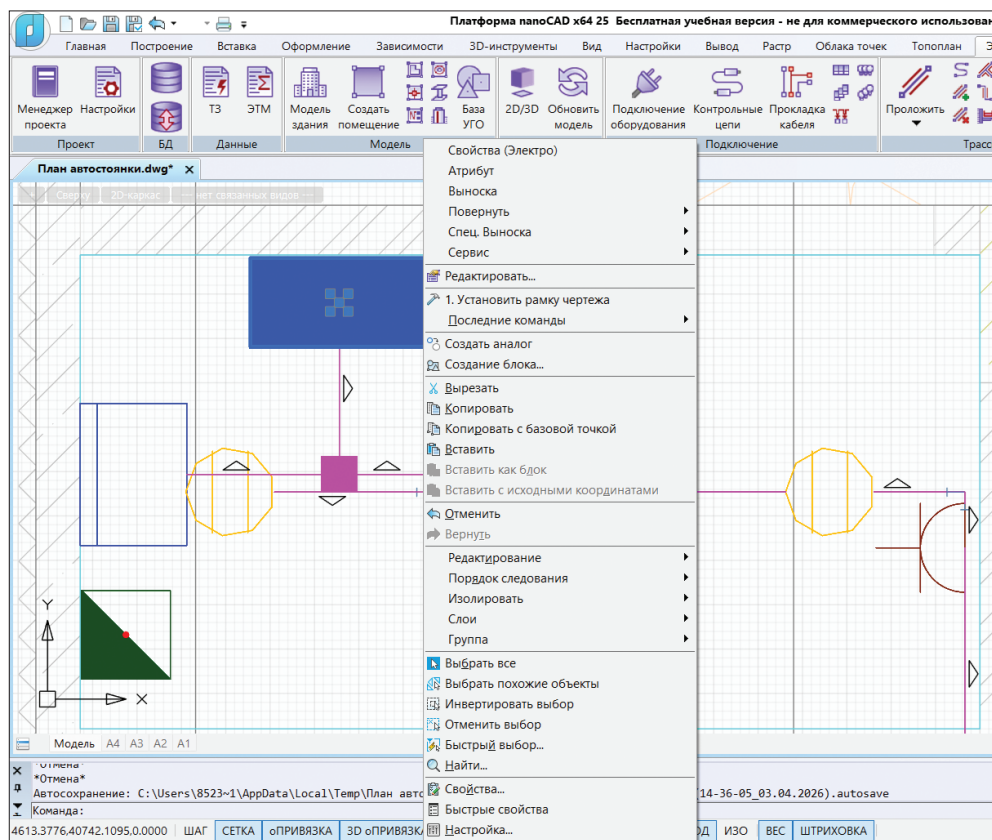


Рис. 2.3.87. Контекстное меню

После этого необходимо на плане обозначить место размещения выноски и начало выносной линии, после чего выноска будет установлена. Аналогичным образом выполняется установка выноски для любого элемента проекта, включая кабельную трассу (рис. 2.3.88).

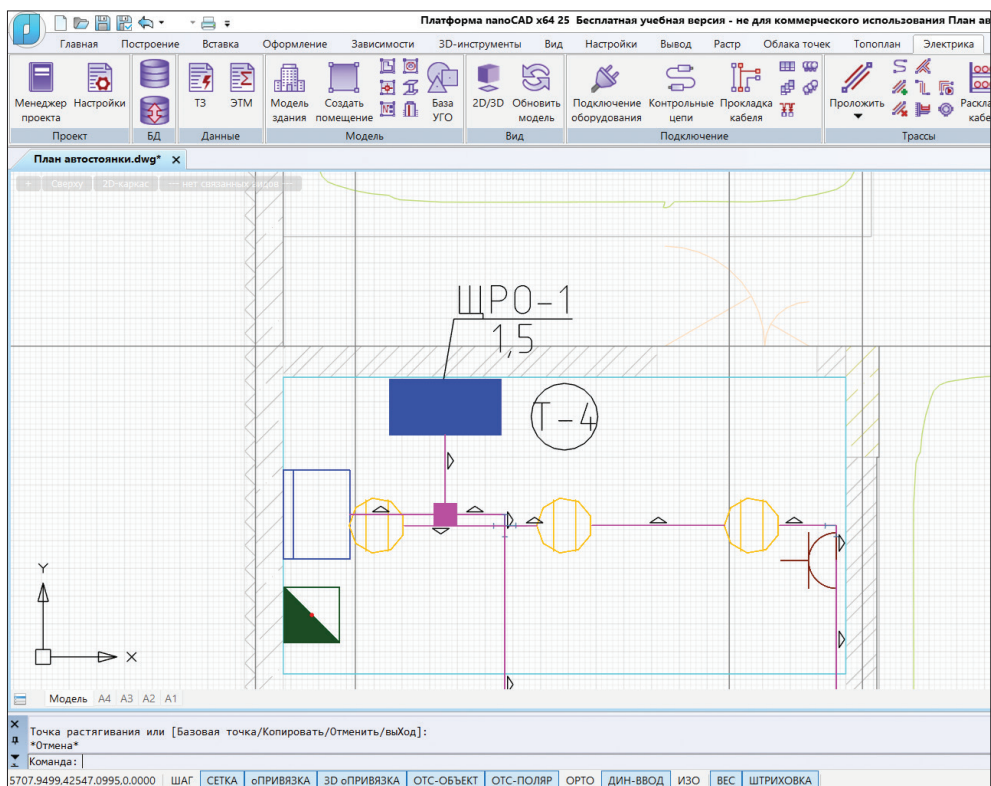


Рис. 2.3.88. Установка выноски на плане

Для автоматического формирования выноски к светильникам в помещении необходимо выделить светильник на плане, в контекстном меню выбрать **Спец. Выноска** и затем тип выноски **Светильники в помещении ГОСТ 21.608-2014** или **Светильники в помещении** (рис. 2.3.89).

При необходимости создания пользовательских специальных выносок порядок действий рассматривается на примере выноски в виде буквы **А** для аварийных светильников. Для этого на вкладке **Электрика** выбрать команду **Настройка выносок** (в командной строке CW_NOTE_CONFIG).

Откроется окно **Установка шаблона**, в котором следует выбрать шаблон выносок для последующего редактирования. Далее необходимо выбрать шаблон для редактирования и вызвать команду **Редактировать шаблон**.

Откроется окно **Настройка шаблонов для документов**, содержащее доступные шаблоны выносок, сгруппированные по разделам. Необходимо выбрать верхний уровень группировки **Выноски**, после чего появится команда **Добавить выноску** (рис. 2.3.90).

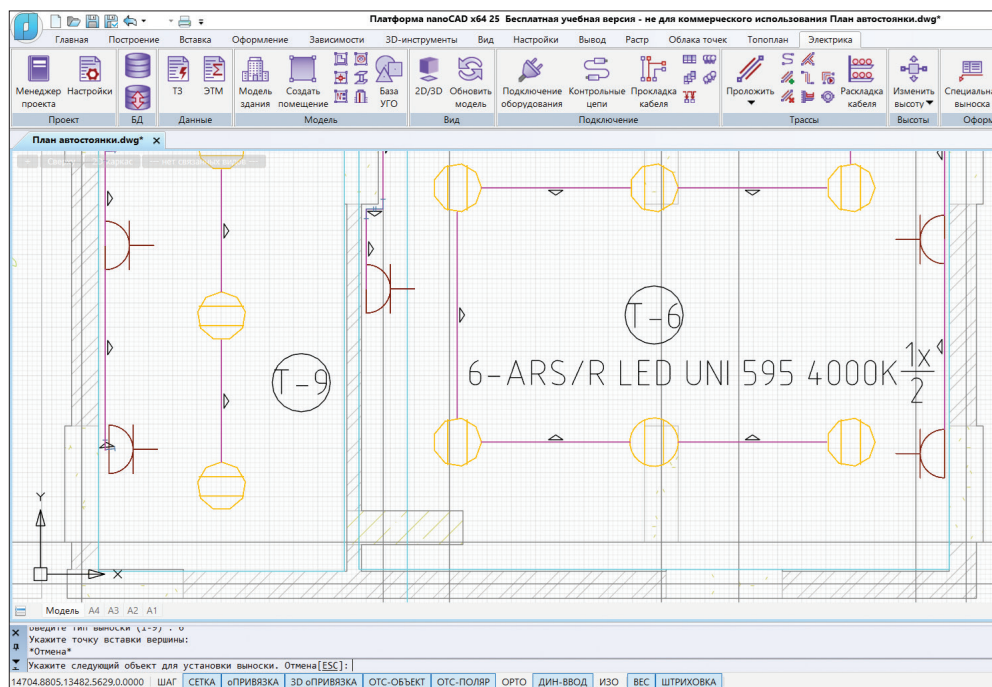


Рис. 2.3.89. Выноска к светильникам

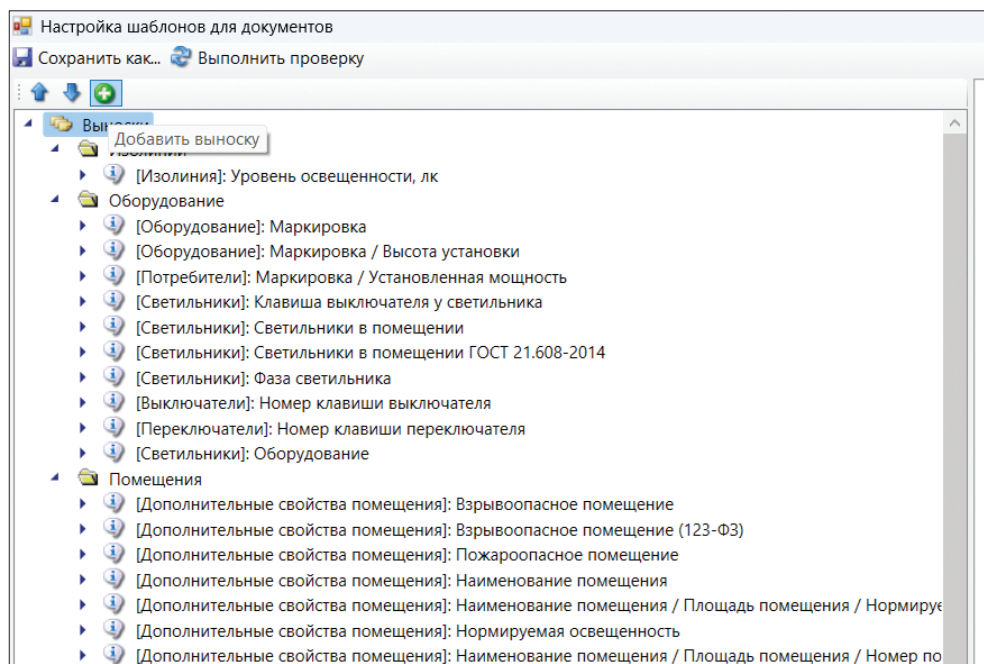


Рис. 2.3.90. Команда Добавить выноску

Откроется окно **Выбор таблицы**, где необходимо указать тип объектов (таблицу), для которых будет применяться выноска. Будет создана новая выноска, которая отобразится в конце списка, после чего ее необходимо выделить, и в правой области окна появится перечень параметров (рис. 2.3.91).

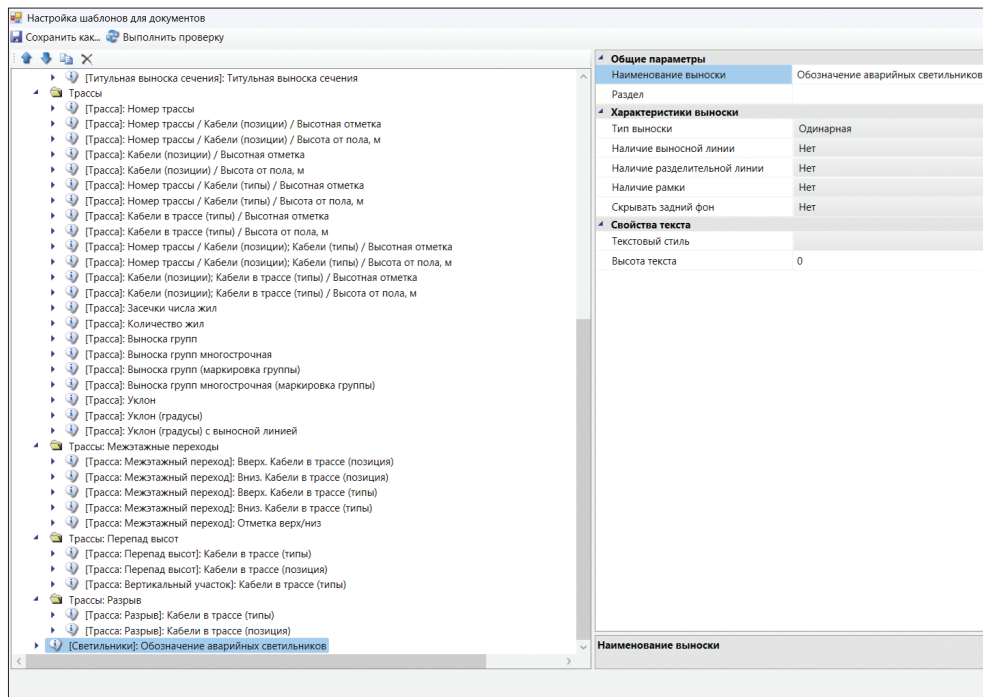


Рис. 2.3.91. Параметры выноски

Для настройки маски выноски необходимо развернуть список, нажав на треугольник слева от наименования выноски. Появится объект **Числитель**, необходимо выбрать его и ввести требуемое значение маски (рис. 2.3.92).

Поскольку выноска автоматически помещается на слой выносок, при необходимости можно вручную назначить ей слой **ЭЛ_СВЕТИЛЬНИКИ_АВАР**. Функционал специальной выноски **Обозначение аварийных светильников** представлен на рис. 2.3.93. Для этого необходимо выделить светильник, после чего в контекстном меню выбрать указанную выноску.

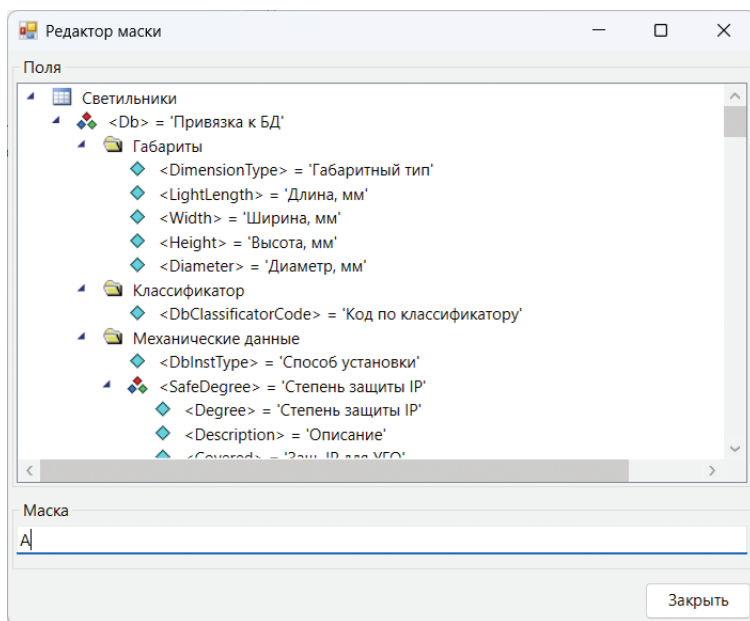


Рис. 2.3.92. Окно Редактор маски

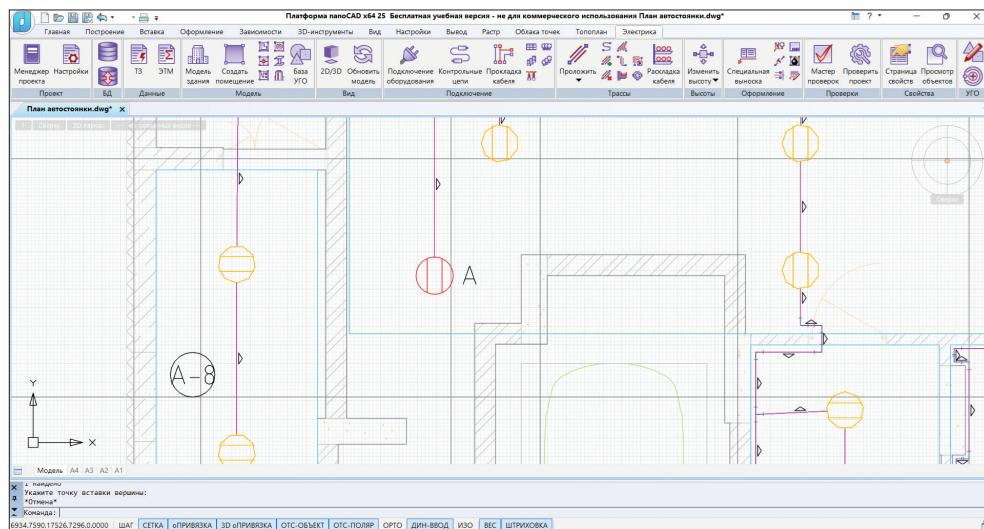


Рис. 2.3.93. Выноска Обозначение аварийных светильников

Для автоматического формирования сечения кабельной трассы предварительно необходимо установить выноску сечения. Для этого на вкладке **Электрика** нужно использовать команду **Выноска сечения** (в командной строке CW_SET_TRACE_CUT).

Затем следует указать точку на трассе, в которой требуется разместить выноску сечения. Откроется окно свойств выноски, где следует задать масштаб сечения. После нажатия **ОК** выноска сечения кабельной трассы будет установлена (рис. 2.3.94).

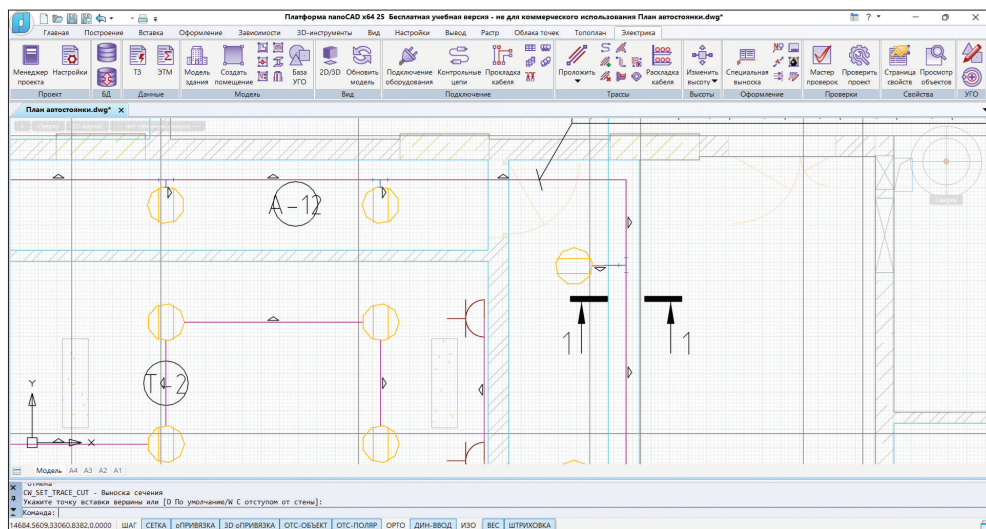


Рис. 2.3.94. Выноска сечения кабельной трассы

Для перемещения отдельных частей выноски необходимо выделить и в контекстном меню выбрать команду **Заморозить/Разморозить**. Команда контекстного меню **Сменить направление взгляда** позволяет развернуть выноску сечения.

После установки выноски сечения, выбора направления взгляда и масштаба необходимо разместить на плане вид сечения. Для этого нужно выбрать команду контекстного меню **Установить сечение**, после чего указать точку вставки на плане, и сечение будет добавлено на чертеж (рис. 2.3.95).

Альтернативный способ установки сечения кабельной трассы – через окно **Мастер сечений**, вызываемое одноименной командой на вкладке **Электрика** (в командной строке CW_CHECK). Для размещения сечения на плане из окна **Мастер сечений** необходимо выделить его в списке и нажать кнопку **Установить сечение**, после указания точки вставки сечение будет добавлено на чертеж (рис. 2.3.96).

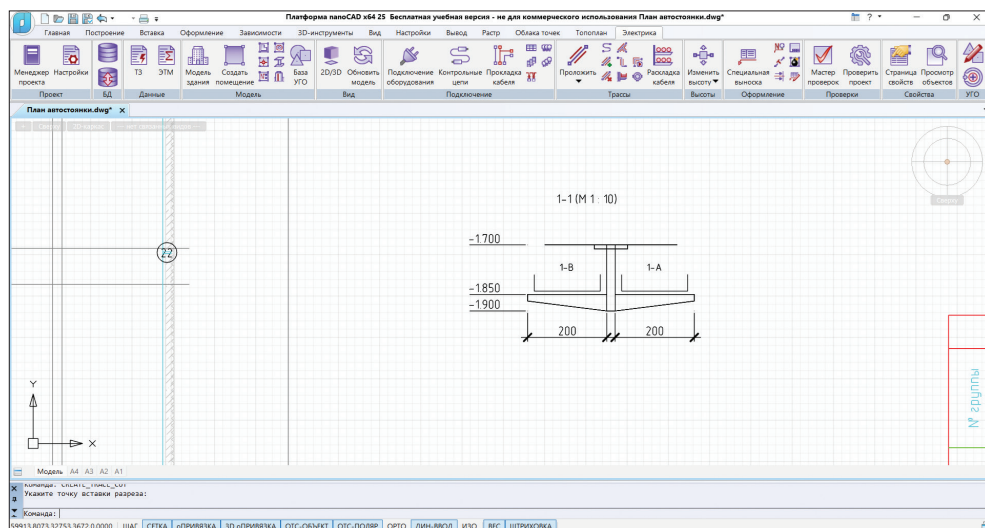


Рис. 2.3.95. Сечение кабельной трассы

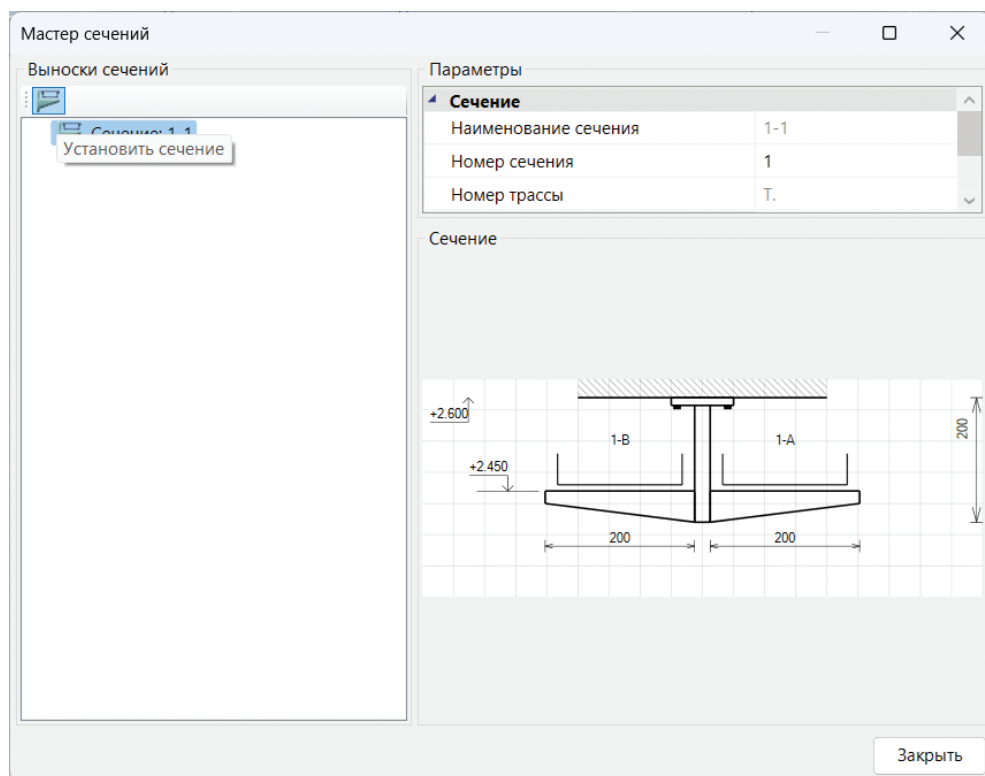


Рис. 2.3.96. Кнопка Установить сечение

Автоматическое формирование однолинейной схемы сети осуществляется через окно **Электротехническая модель**. Для этого необходимо выделить требуемое распределительное устройство или щит и в контекстном меню выбрать команду **Создать принципиальную схему** (рис. 2.3.97).

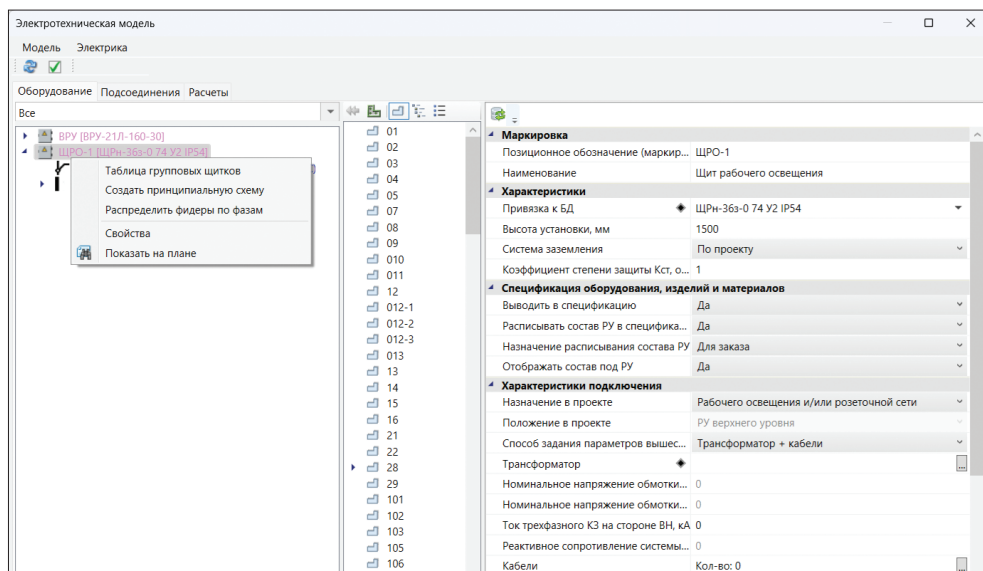


Рис. 2.3.97. Команда **Создать принципиальную схему**

В открывшемся диалоговом окне возможно выбрать подходящий шаблон однолинейной схемы. Для данного примера используется шаблон **Распределительная и групповая сеть. Вариант 1**.

После нажатия кнопки **Открыть** система автоматически сгенерирует однолинейную схему. Для дальнейшей работы с полученной схемой нужно закрыть окно **Электротехническая модель** (рис. 2.3.98). Затем необходимо указать подходящий формат листа для динамического блока рамки. При необходимости возможно выполнить корректировку или перемещение отдельных элементов схемы.

Для автоматической генерации спецификации оборудования, изделий и материалов необходимо открыть окно **Менеджер проекта** и двойным щелчком левой кнопки мыши выбрать документ **Спецификация оборудования, изделий и материалов**. Содержимое документа отобразится в области предварительного просмотра (рис. 2.3.99). Для приведения документа в актуальное состояние необходимо вызвать контекстное меню и выбрать команду **Обновить спецификацию**.

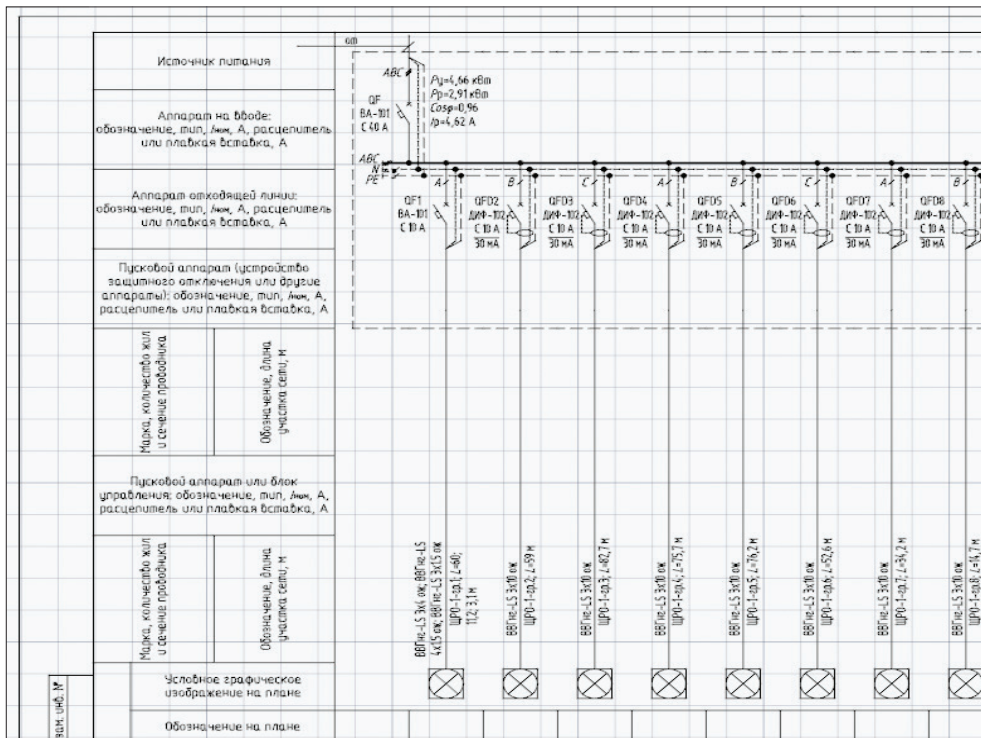


Рис. 2.3.98. Однолинейная схема ЩРО

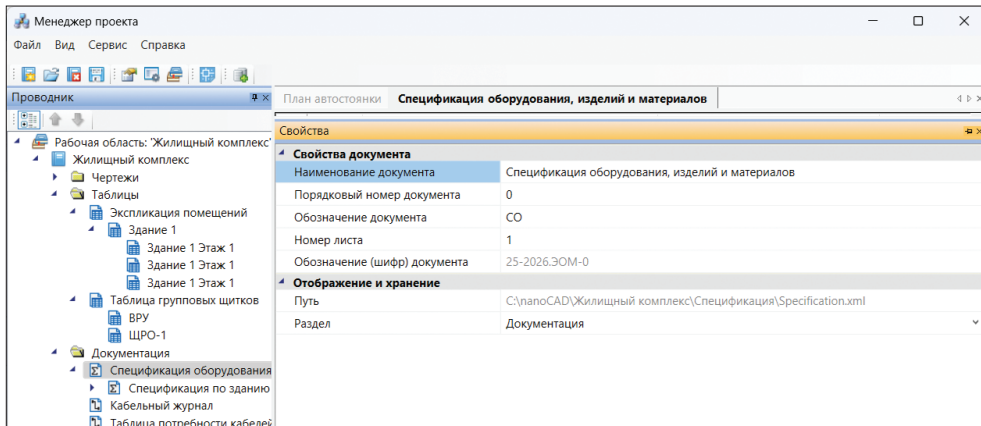


Рис. 2.3.99. Атрибуты документа

Экспорт спецификации во внешнее приложение выполняется через контекстное меню с помощью команды **Выгрузить документ в Word**, в результате спецификация будет выгружена в формат MS Word (рис. 2.3.100). Для учета полученного документа в проекте необходимо сохранить полученный выходной документ в папку проекта и закрыть его, при этом такой же шаг следует выполнить для однолинейной схемы.

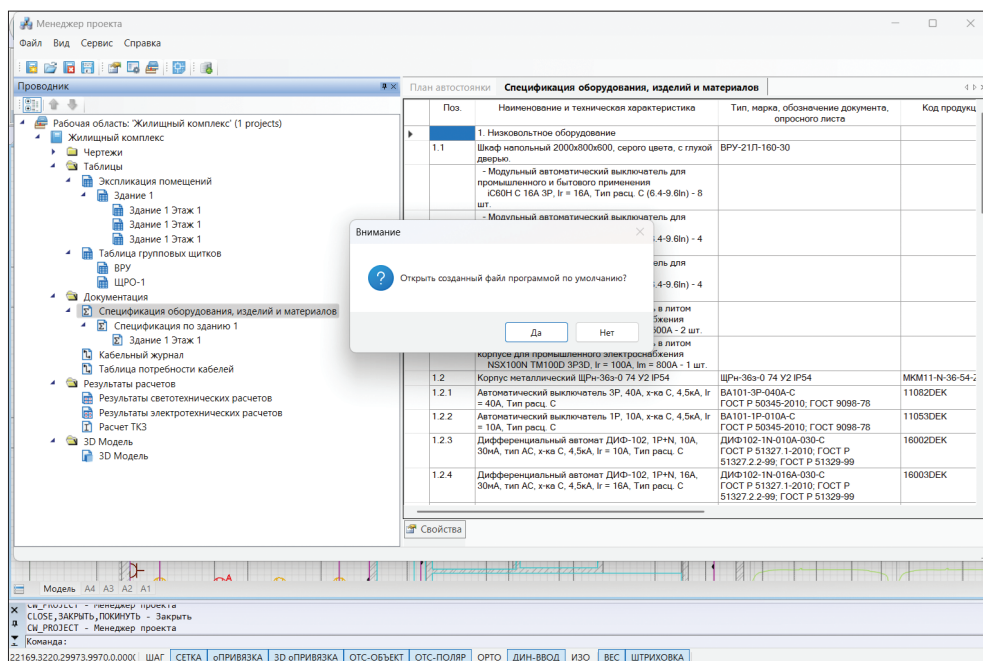


Рис. 2.3.100. Команда **Выгрузить документ в Word**

Аналогичным образом формируются документы **Кабельный журнал**, **Результаты светотехнических расчетов** (рис. 2.3.101) и **Результаты электротехнических расчетов**. Форма и состав выводимых данных спецификации могут быть адаптированы пользователем в соответствии с внутренними стандартами организации.

Процедура автоматического создания кабельного журнала аналогична формированию спецификации, за исключением этапа заполнения атрибутов. В свойствах кабельного журнала можно настроить отображение конкретных типов кабелей и способов прокладки (рис. 2.3.102).

Менеджер проекта

Файл Вид Сервис Справка

Проводник

Рабочая область: "Жилищный комплекс" (1 projects)

Жилищный комплекс

Чертежи

Таблицы

Экспликация помещений

Здание 1

Здание 1 Этаж 1

Здание 1 Этаж 1

Здание 1 Этаж 1

Таблица групповых щитков

ЩРО-1

Документация

Спецификация оборудования, изделий и материалов

Кабельный журнал

Таблица потребности кабелей

Результаты расчетов

Результаты светотехнических расчетов

Результаты электротехнических расчетов

Расчет ТКЗ

3D Модель

3D Модель

Спецификация оборудования, изделий и материалов

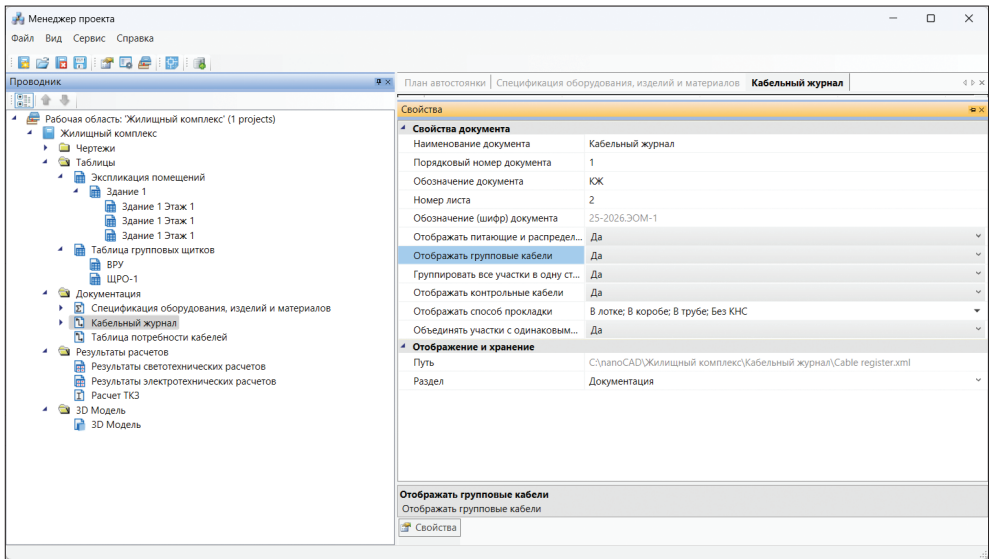
Кабельный журнал

Результаты светотехнических расчетов

	№ помещения	Наименование помещения	Площадь помещения	Классификация	Класс	Класс	Класс	Индекс помещения	Тип светильника
	A-6	Лифтовой холл	12,9	0,7	0,5	0,3	1,09	ARSIR LED UNI E 4000K	
	A-7	Тембур-шлюз	3,74	0,7	0,5	0,3	0,56	ARSIR LED UNI E 4000K	
	A-8	Тембур-шлюз	16,92	0,7	0,5	0,3	1,03	ARSIR LED UNI E 4000K	
	A-9	Тембур-шлюз	3,91	0,7	0,5	0,3	0,6	ARSIR LED UNI E 4000K	
	A-10	Тембур-шлюз	44,05	0,7	0,5	0,3	0,95	ARSIR LED UNI E 4000K	
	A-11	Тембур-шлюз	11,69	0,7	0,5	0,3	0,92	ARSIR LED UNI E 4000K	
	A-12	Технический коридор	10,54	0,7	0,5	0,3	0,65	ARSIR LED UNI E 4000K	
	T-1	ИТП	56,08	0,7	0,5	0,3	2,29	ARSIR LED UNI E 4000K ДТЕ-01-ПН-24-В	
	T-2	Насосная	28,45	0,7	0,5	0,3	1,45	ARSIR LED UNI E 4000K	
	T-3	Электрощитовая	13,35	0,7	0,5	0,3	1,09	ARSIR LED UNI E 4000K	
	T-4	Электрощитовая	13,54	0,7	0,5	0,3	1,07	ARSIR LED UNI E 4000K	
	T-5	Техническое помещение	83,96	0,7	0,5	0,3	1,78	ARSIR LED UNI E 4000K	
	T-6	Вентканера	31,42	0,7	0,5	0,3	1,72	ARSIR LED UNI E 4000K	
	T-7	Вентканера	25,73	0,7	0,5	0,3	1,59	ARSIR LED UNI E 4000K	
	T-8	Сети связи	22,93	0,7	0,5	0,3	1,47	ARSIR LED UNI E 4000K	

Свойства

Рис. 2.3.101. Документ Результаты светотехнических расчетов



Менеджер проекта

Файл Вид Сервис Справка

Проводник

Рабочая область: "Жилищный комплекс" (1 projects)

- Жилищный комплекс
 - Чертежи
 - Таблицы
 - Экспликация помещений
 - Здание 1
 - Здание 1 Этаж 1
 - Здание 1 Этаж 1
 - Таблица групповых щитков
 - ЩРО-1
 - Документация
 - Спецификация оборудования, изделий и материалов
 - Кабельный журнал
 - Таблица потребности кабелей
 - Результаты расчетов
 - Результаты светотехнических расчетов
 - Результаты электротехнических расчетов
 - Расчет ТКЗ
 - 3D Модель

План автостоянки

Спецификация оборудования, изделий и материалов

Кабельный журнал

Свойства

Свойства документа

Наименование документа	Кабельный журнал
Порядковый номер документа	1
Обозначение документа	КЖ
Номер листа	2
Обозначение (шифр) документа	25-2026.ЗОМ-1
Отображать питающие и распредел...	Да
Отображать групповые кабели	Да
Группировать все участки в одну ст...	Да
Отображать контрольные кабели	Да
Отображать способ прокладки	В лотке; В коробе; В трубе; Без КНС
Объединять участки с одинаковым...	Да

Отображение и хранение

Путь	C:\naoCAD\Жилищный комплекс\Кабельный журнал\Cable register.xml
Раздел	Документация

Отображать групповые кабели

Отображать групповые кабели

Свойства

Рис. 2.3.102. Заполнение атрибутов документа

Для создания кабельного журнала непосредственно в среде naoCAD необходимо вызвать контекстное меню и выбрать команду **Создать кабельный журнал в CAD**. После этого в рабочей области naoCAD будет сгенерирован кабельный журнал, при этом выходной документ необходимо сохранить в папку проекта (рис. 2.3.103).

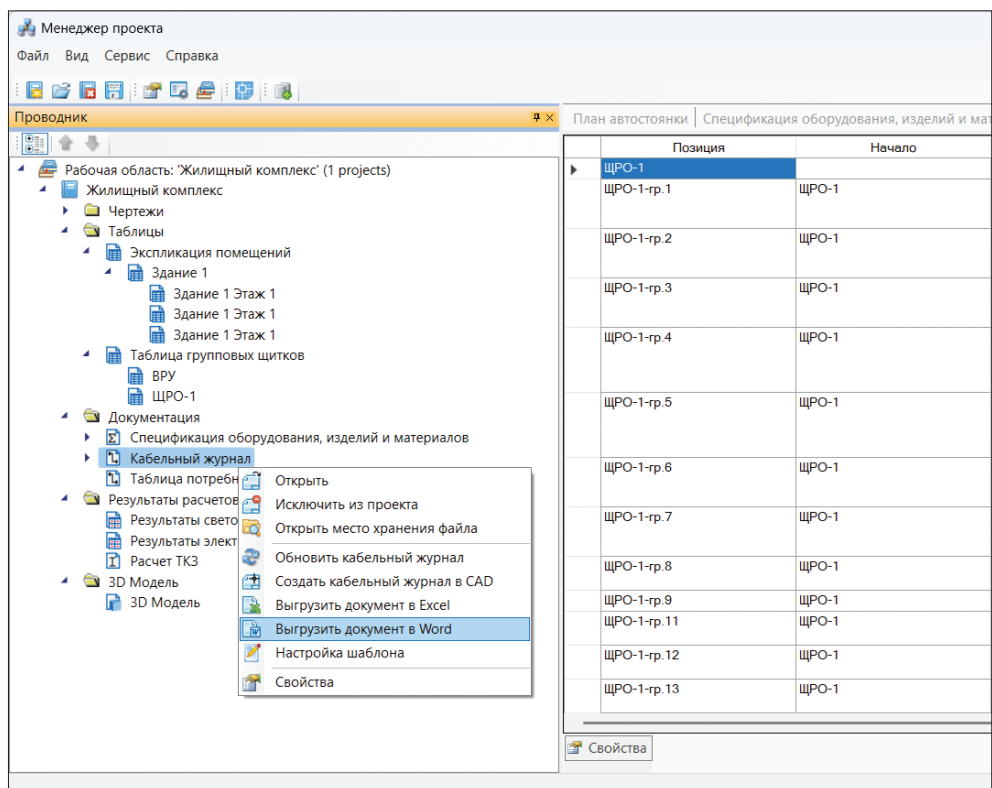
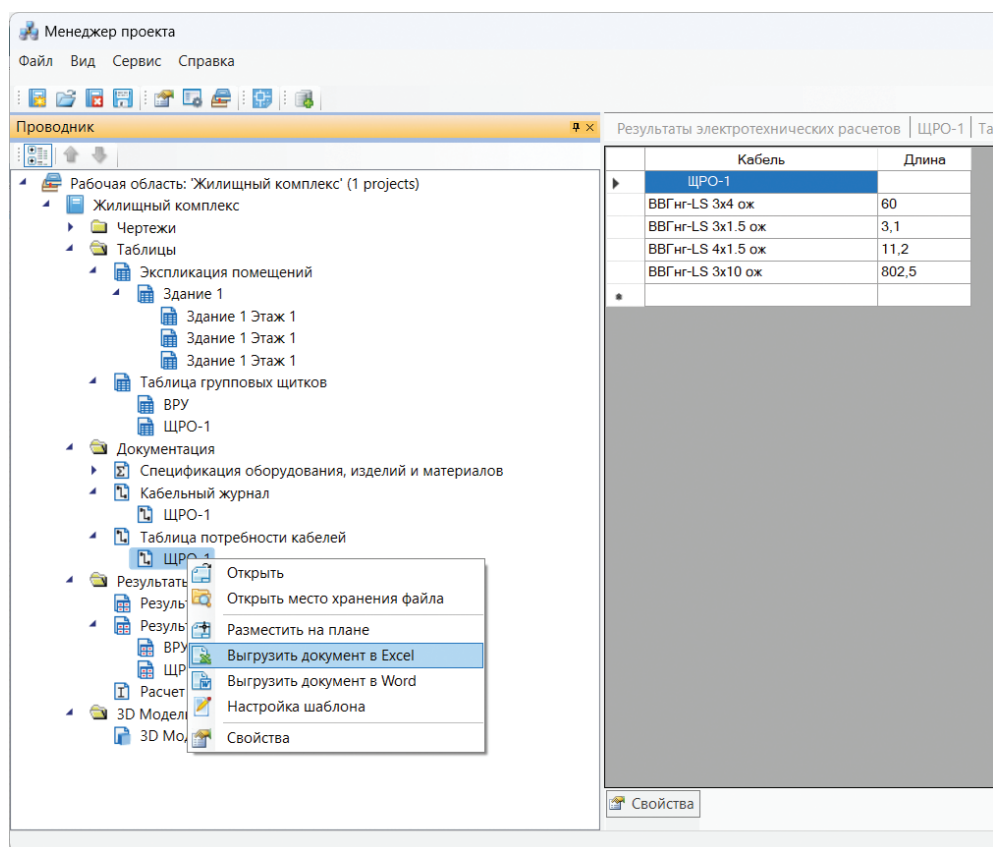


Рис. 2.3.103. Команда **Выгрузить документ в Word**

Автоматическое создание таблицы потребности кабелей выполняется по той же схеме, что и формирование кабельного журнала. Для выгрузки документа необходимо использовать команду **Выгрузить документ в Excel**, в результате таблица будет экспортирована в MS Excel (рис. 2.3.104). Следует учитывать, что при выгрузке в Excel документ формируется без рамки листа и основной надписи. Данный формат предназначен преимущественно для передачи данных смежным подразделением (например, сметчикам) в целях выполнения расчетов.

Рис. 2.3.104. Команда **Выгрузить документ в Excel**

Для автоматической генерации отчета по результатам расчета электрических нагрузок необходимо открыть окно **Электротехническая модель**, выделить ввод соответствующего распределительного устройства, для которого требуется получить отчет, и в контекстном меню выбрать команду **Расчет нагрузки** (рис. 2.3.105).

Наименование	Фаза	Кол-во, шт.	Рн, кВт	Рн. сум, кВт	cosφ, о.е.	
Нормальный технологический режим						
Щит рабочего освещения ЩРО-1						
Руст = 4,66 кВт						
Прямой расчет						
Освещение						
Рабочее освещение						
ARS/R LED UNI 595 4000K	A	25	0,03	0,75	0,94	
ARS/R LED UNI 595 4000K	B	24	0,03	0,72	0,94	
ARS/R LED UNI 595 4000K	C	18	0,03	0,54	0,94	
ДЛБ-01-ПП-24-БЛ-3К-IP65-A3 CRI90	C	2	0,02	0,05	0,5	
Итого		69		2,06	0,93	T7.6 п.4
Розеточная сеть						
GLOSSA РОЗЕТКА с заземлением со шторами, БЕЛЫЙ	A	11	0,1	1,1	1	
GLOSSA РОЗЕТКА с заземлением со шторами, БЕЛЫЙ	B	10	0,1	1	1	
GLOSSA РОЗЕТКА с заземлением со шторами, БЕЛЫЙ	C	5	0,1	0,5	1	
Итого		26		2,6	1	T7.7 п.1
Итого Рр.о				4,66	0,95	
Разность загрузки фаз						
Sa=1,01кВА, Ia=4,61A	A				0,96	
Sb=0,96кВА, Ib=4,37A	B				0,96	
Sc=0,73кВА, Ic=3,3A	C				0,95	
ΔPh = 28,41%; ΔPh доп = 15%; ΔPh >= ΔPh доп						
Определяющий критерий: Наиболее загруженная фаза						
Итого					0,96	
Наиболее мощный ЭП						
GLOSSA РОЗЕТКА с заземлением со шторами, БЕЛЫЙ	A		3*0,1		1	
Sp = 3,04 кВА; Smax эп = 0,3 кВА; Sp >= Smax эп						
Определяющий критерий: Наиболее загруженная фаза						
Результат: Определяющий критерий "Наиболее загруженная фаза"						
Итого для нормального технологического режима					0,96	

экспортировать в Excel

Экспортировать в Word

Рис. 2.3.106. Окно Расчет

Для обеспечения оперативного доступа к выходным документам их целесообразно подключить к проекту. Для этого в окне **Менеджер проекта** необходимо выделить элемент **Проект** и в контекстном меню выбрать команду **Подключить существующий документ** (рис. 2.3.107).

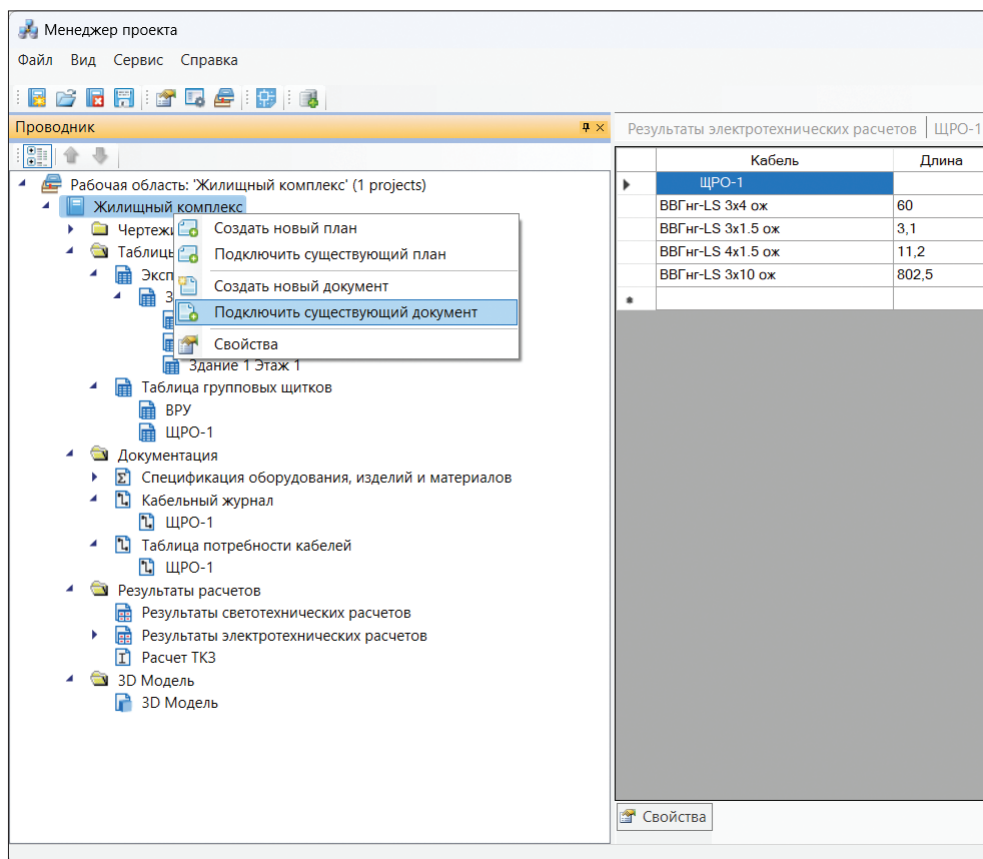


Рис. 2.3.107. Команда Подключить существующий документ

В открывшемся диалоге необходимо выбрать нужный документ и нажать **Открыть**. После этого документ будет подключен к проекту и отобразится в дереве **Менеджера проекта** (рис. 2.3.108).

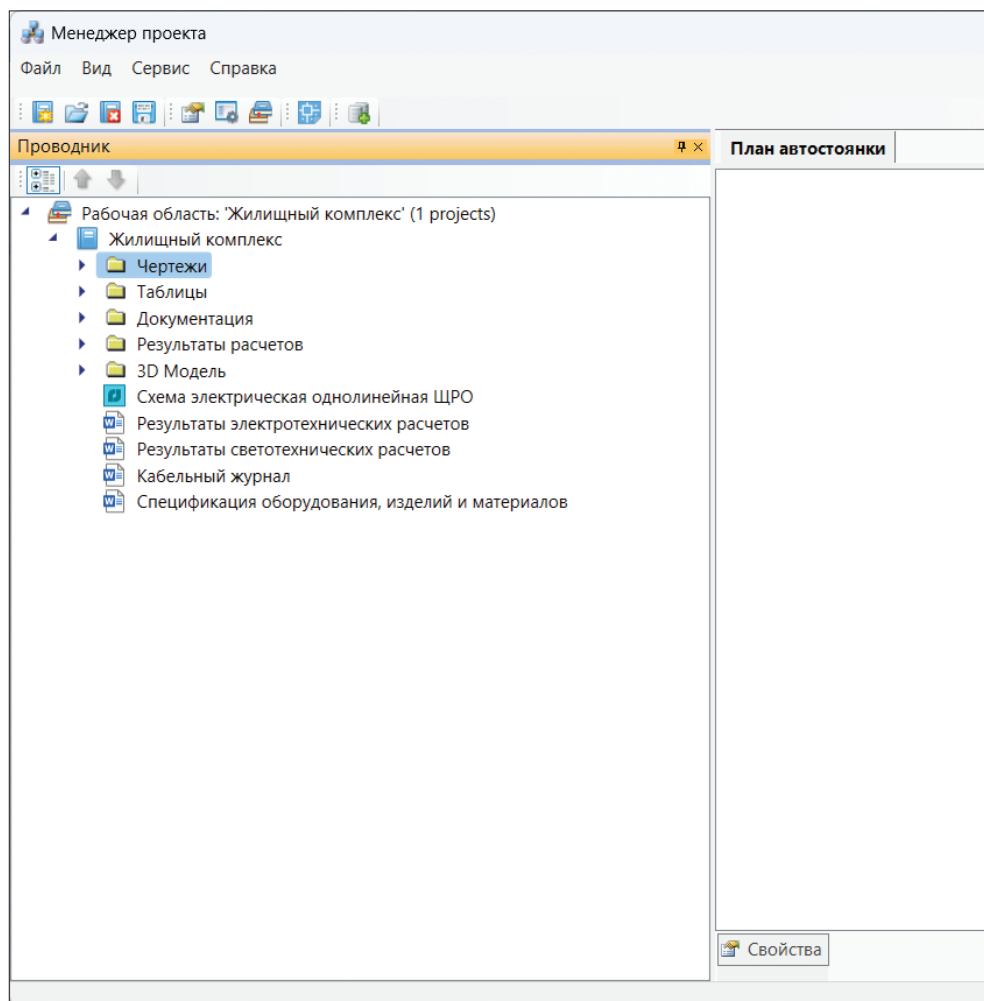


Рис. 2.3.108. Подключенные документы

Если требуется разместить подключенный документ в определенном разделе, необходимо присвоить соответствующее значение атрибуту **Раздел** в свойствах документа.

ГЛАВА 3

Проектирование систем безопасности и принципы моделирования в nanoCAD BIM ОПС

3.1. Понятие охранно-пожарной сигнализации

Охранно-пожарная сигнализация (ОПС) представляет собой комплекс технических средств, предназначенных для обнаружения признаков пожара или несанкционированного проникновения на объект и своевременного оповещения об этом людей или служб реагирования. Данный термин объединяет в себе две системы: охранная и пожарная сигнализация. Обычно каждая из них включает датчики (извещатели), контрольную панель (приемно-контрольный прибор), линии связи и исполнительные устройства (звуковые сирены, световые табло).

Системы охранной и пожарной сигнализаций имеют схожий принцип работы. В исходном состоянии системы ОПС осуществляют контроль состояния среды. При отклонении состояния контролируемой среды от нормы входящие в состав рассматриваемых систем датчики формируют сигнал тревоги, который направляется на приемно-контрольный прибор (ПКП). ПКП анализирует поступающий сигнал и определяет тип тревоги, в результате чего в зависимости от настроек системы происходит запуск в работу ее исполнительных устройств.

Являясь одним из ключевых элементов системы безопасности, позволяющих своевременно обнаружить угрозу и минимизировать ущерб, системы ОПС применяются практически во всех типах объектов: жилых зданиях, коммерческих объектах, промышленных предприятиях, социальных учреждениях, складах и серверных помещениях и т. д.

Для принятия оптимального решения задач оснащения объекта системой охранно-пожарной сигнализации с учетом его размеров, назначения и требований безопасности вводится классификация систем ОПС. К основным признакам классификации указанных систем относятся назначение, способ организации, тип оборудования и принцип работы. На основании имеющейся на сегодняшний день нормативно-правовой и технической литературы в дан-

ном пособии предлагаются следующие критерии классификации систем ОПС: по назначению, по способу организации системы ОПС, по типу используемых устройств, по способу передачи сигнала, по масштабу объекта.

Как было указано в п. 1.1 данного раздела, **по назначению** системы охранно-пожарной сигнализации делят на системы **охранной** и **пожарной** сигнализации.

Системы охранной сигнализации предназначены для обнаружения несанкционированного доступа к охраняемому объекту. В составе данной системы могут применяться датчики движения, магнитоконтактные датчики, датчики разбития стекла, приемно-контрольный прибор, сирены и световые оповещатели, линии связи и средства передачи сигнала. Основные места применения систем охранной сигнализации – квартиры и частные дома, офисы, магазины, склады, социальные учреждения и т. д.

Системы пожарной сигнализации предназначены для обнаружения возгорания на ранних этапах. Данная система может включать в свой состав дымовые извещатели, тепловые датчики, извещатели пламени, ручные пожарные извещатели, приемно-контрольные приборы, системы оповещения, линии связи и средства передачи сигнала. Основными объектами, на которых применяются системы пожарной сигнализации, являются места массовых скоплений людей, например торговые центры, больницы и школы, производственные помещения, гостиницы и т. д. Также системы пожарной сигнализации могут быть применены в квартирах, частных домах и т. д.

В некоторых случаях возможно совместное применение охранной и пожарной систем. Такая система называется **комбинированной (охранно-пожарной) системой**. Однако возможность применения такой системы необходимо уточнять для конкретного объекта отдельно.

По способу организации системы ОПС делятся на **автономные** и **централизованные**.

Автономные системы работают локально без передачи сигнала на удаленный пульт приема сигнала и управления. Такие системы обычно имеют упрощенную структуру, состоящую из датчика, контрольной панели и системы сигнализации. Примерами объектов, в которых применены автономные системы, являются небольшие квартиры, дачи, гаражи и т. д.

Централизованные системы имеют связь с центральным пультом приема сигнала и управления или диспетчерским центром, куда сигнал посылается при возникновении различных событий. В составе централизованных систем должны быть датчики, приемно-контрольные приборы, каналы связи (Ethernet, радиоканал и т. д.) и пульт централизованного наблюдения. В качестве примеров объектов, где происходит внедрение централизованных систем ОПС, можно привести банки, торговые центры, государственные учреждения и т. д.

По типу используемых устройств системы ОПС делят на **адресные, пороговые (неадресные)** и **адресно-аналоговые системы**.

Адресные системы охранно-пожарной сигнализации представляют собой системы, каждое устройство которой имеет свой уникальный адрес, распознаваемый ПКП. В состав такой системы обязательно должны входить адресные извещатели, адресная линия связи и ПКП. Адресные системы применяют в крупных зданиях, местах массового скопления людей и т. д.

Пороговые (неадресные) системы представляют собой системы, в которых датчики фиксируют выполнение определенного события (нарушение целостности объекта, взлом, проникновение на охраняемый объект, превышение температуры, задымленность и т. д.), но не указывают точного места, так как датчики не обладают заданным адресом. В состав таких систем входят неадресные извещатели, шлейфы сигнализации, к которым подключаются неадресные устройства, ПКП. Подобные системы применяются на небольших объектах, складах и т. д.

Адресно-аналоговые системы являются интеллектуальными системами ОПС, в которых извещатели имеют свой индивидуальный адрес и способны передавать на ПКП не только информацию о выполнении определенного события (срабатывание охранной или пожарной сигнализации), но и значения измеряемых параметров (задымленность, температура и т. д.). Для таких систем обязательно наличие интеллектуальных адресных извещателей, контроллеров с программным анализом и соответствующего программного обеспечения. Такие системы применяют на объектах с повышенными требованиями к безопасности.

По способу передачи сигнала системы ОПС делят на **проводные, беспроводные и комбинированные**.

Беспроводные системы охранно-пожарной сигнализации используют для передачи данных радиоканала. В составе таких систем должны содержаться беспроводные датчики, радиомодули, ПКП. Преимуществами такой системы являются упрощение монтажа и отсутствие кабелей.

В **проводных** системах ОПС для соединения всех элементов используются кабели. В состав таких систем обязательно входят кабельные линии. К их преимуществам относят высокую надежность работы системы и защиту от помех.

Комбинированные системы сочетают в себе проводные и беспроводные элементы системы ОПС.

По масштабу объекта выделяют **локальные и распределенные** системы.

Локальные системы представляют собой системы ОПС, обслуживающие одно помещение или небольшой объект.

Распределенные системы охватывают большие территории с несколькими зонами контроля. Для таких систем характерно множество датчиков, несколько контроллеров, единый центр управления.

Проектирование указанных в данной главе систем имеет строгое нормирование и ограничения, что связано с обеспечением безопасности жизни людей. Приведенные ниже нормативно-правовые акты и прочая документация являются актуальными на момент написания методического пособия. Коллектив авторов данного методического пособия обращает внимание на то, что при обращении к указанным нормативно-правовым актам необходимо уточнить их действующую редакцию. Актуальную версию нормативно-правовых документов можно определить на сайте официальных ведомств, занимающихся контролем рассматриваемых в данной главе систем (например, сайт ВНИИПО <http://vniipo.ru>), либо на сайтах правовых платформ (например, КонсультантПлюс <https://www.consultant.ru/>, Система ГАРАНТ <https://www.garant.ru/>).

3.2. Проектирование системы противопожарной защиты

3.2.1. Общие положения

В целом основными источниками требований к проектированию системы противопожарной безопасности могут являться нормативно-правовые акты (официальная правовая информация, содержащаяся в международных договорах, федеральных законах, приказах Росстандарта и т. д.), неофициальная правовая информация (письма ВНИИПО, Минстроя и т. д.), документы по стандартизации для технического регулирования (тех. регламенты) и т. д.

При проектировании системы противопожарной защиты необходимо учитывать наличие мест пребывания маломобильных групп населения (МГН). Для их безопасности нужно наличие стробоскопов, обратной связи с постом, подпор воздуха и подогрева воздуха. Их работа реализуется с помощью средств пожарной автоматики.

К основным документам, регламентирующим построение систем противопожарной безопасности, относится **Федеральный закон № ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»**. Документ устанавливает минимальные требования пожарной безопасности при проектировании, строительстве, капитальном ремонте, реконструкции и т. д. Стоит отметить, что требования данного ФЗ являются обязательными для исполнения.

Согласно статье 6 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности, объект защиты соответствует требованиям пожарной безопасности, если в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные настоящим ФЗ, и выполнено одно из следующих условий:

- 1) выполнены требования пожарной безопасности, содержащиеся в нормативных документах по пожарной безопасности;
- 2) пожарный риск не превышает 1/1 000 000 в год;
- 3) выполнены требования пожарной безопасности, содержащиеся в специальных технических условиях;
- 4) выполнены требования пожарной безопасности, содержащиеся в стандартах организации;
- 5) обеспечение пожарной безопасности подтверждается результатами исследований, расчетов или испытаний.

3.2.2. Идентификация помещений

Для определения оборудования, входящего в систему противопожарной защиты, необходимо учитывать классификацию объектов по характеристикам противопожарной опасности, приведенную в **Федеральном законе № 123-ФЗ «О требованиях пожарной безопасности»**. Выделяют следующие характеристики объектов:

- ◆ классы функциональной пожарной опасности (Ф1–Ф5);
- ◆ степень огнестойкости (I–V);

- ◆ класс конструктивной пожарной опасности (C0–C3);
- ◆ для объектов производственного и складского назначения категория по пожарной и взрывопожарной опасности (А–Д).

По пожарной и взрывопожарной опасности помещения производственного и складского назначения делятся на следующие категории:

- ◆ повышенная взрывопожароопасность (А);
- ◆ взрывопожароопасность (Б);
- ◆ пожароопасность (В1–В4);
- ◆ умеренная пожароопасность (Г);
- ◆ пониженная пожароопасность (Д).

По данному признаку категория помещений определяется исходя из вида находящихся в них веществ, которые могут привести к возникновению пожаров и взрывов. **К категории А** относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 градусов Цельсия в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 килопаскалей, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 килопаскалей.

К категории Б относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 градусов Цельсия, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 килопаскалей.

К категориям В1–В4 относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б. При этом отнесение к одной из указанных категорий осуществляется в соответствии с удельной пожарной нагрузкой помещения. Определение категорий помещений В1–В4 регламентируется приложением Б свода правил **СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»**.

К категории Г относятся помещения, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

К категории Д относятся помещения, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

По функциональной пожарной опасности помещения делятся на классы Ф1–Ф5 в зависимости от их назначения, а также от возраста, физического состояния и количества людей, находящихся в здании, сооружении, возможности пребывания их в состоянии сна.

К классу Ф1 относятся здания, предназначенные для постоянного проживания и временного пребывания людей. Данный класс делится на 4 подкласса:

- ◆ Ф1.1 – здания дошкольных образовательных организаций, специализированных домов престарелых и инвалидов (неквартирные), спальные корпуса образовательных организаций с наличием интерната и детских организаций, здания медицинских организаций, предназначенные для оказания медицинской помощи в стационарных условиях (круглосуточно);
- ◆ Ф1.2 – гостиницы, общежития (за исключением общежитий квартирного типа), спальные корпуса санаториев и домов отдыха общего типа, кемпингов;
- ◆ Ф1.3 – многоквартирные жилые дома, в том числе общежития квартирного типа;
- ◆ Ф1.4 – многоквартирные жилые дома, в том числе блокированные.

Класс Ф2 представляет собой здания зрелищных и культурно-просветительных учреждений, в том числе:

- ◆ Ф2.1 – театры, кинотеатры, концертные залы, клубы, цирки, спортивные сооружения с трибунами, библиотеки и другие учреждения с расчетным числом посадочных мест для посетителей в закрытых помещениях;
- ◆ Ф2.2 – музеи, выставки, танцевальные залы и другие подобные учреждения в закрытых помещениях;
- ◆ Ф2.3 – здания учреждений, относящиеся к подклассу Ф2.1, находящиеся на открытом воздухе;
- ◆ Ф2.4 – здания учреждений, относящиеся к подклассу Ф2.2, находящиеся на открытом воздухе.

К классу Ф3 относятся здания организаций по обслуживанию населения, среди которых выделяют следующие:

- ◆ Ф3.1 – здания организаций торговли;
- ◆ Ф3.2 – здания организаций общественного питания;
- ◆ Ф3.3 – вокзалы;
- ◆ Ф3.4 – здания медицинских организаций, предназначенные для осуществления медицинской деятельности, кроме зданий, относящихся к классу Ф1;
- ◆ Ф3.5 – помещения для посетителей организаций бытового и коммунального обслуживания с нерасчетным числом посадочных мест для посетителей;
- ◆ Ф3.6 – физкультурно-оздоровительные комплексы и спортивно-тренировочные учреждения с помещениями без трибун для зрителей, бытовые помещения, бани;
- ◆ Ф3.7 – объекты религиозного назначения.

Класс Ф4 представляет собой здания образовательных организаций, научных и проектных организаций, органов управления учреждений. Данный класс включает в себя следующие подклассы:

- ◆ Ф4.1 – здания общеобразовательных организаций, организаций дополнительного образования детей, профессиональных образовательных организаций;
- ◆ Ф4.2 – здания образовательных организаций высшего образования, организаций дополнительного профессионального образования;
- ◆ Ф4.3 – здания органов управления учреждений, проектно-конструкторских организаций, информационных и редакционно-издательских организаций, научных организаций, банков, контор, офисов;
- ◆ Ф4.4 – здания пожарных депо.

Класс Ф5 включает здания производственного или складского назначения, среди которых:

- ◆ Ф5.1 – производственные здания, сооружения, производственные и лабораторные помещения, мастерские, крематории;
- ◆ Ф5.2 – складские здания, сооружения, стоянки для автомобилей без технического обслуживания и ремонта, книгохранилища, архивы, складские помещения;
- ◆ Ф5.3 – здания сельскохозяйственного назначения.

По степени огнестойкости объекты противопожарной защиты делятся на 5 классов (I–V). Согласно статье 87 Федерального закона № 123-ФЗ, степень огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков должна устанавливаться в зависимости от их этажности, класса функциональной пожарной опасности, площади пожарного отсека и пожарной опасности происходящих в них технологических процессов. Соответствие степени огнестойкости и предела огнестойкости строительных конструкций зданий, сооружений и пожарных отсеков приведено в табл. 21 ФЗ № 123.

Согласно статье 31 ФЗ № 123, **по конструктивной пожарной опасности** здания, сооружения и пожарные отсеки подразделяются на классы С0, С1, С2 и С3. Соответствие класса конструктивной пожарной опасности и класса пожарной опасности строительных конструкций зданий, сооружений и пожарных отсеков приведено в табл. 22 Федерального закона № 123-ФЗ.

При проектировании систем противопожарной защиты стоит учитывать, что применяемое оборудование и установки в обязательном порядке должны иметь подтверждение соответствия требованиям пожарной безопасности, что подтверждается документацией, оформленной в соответствии со стандартами. Данное требование описано в статье 145 Федерального закона № 123 и Федеральном законе «О техническом регулировании» № 184-ФЗ. Структура и состав системы противопожарной защиты нормируются в **ГОСТ Р 53325–2012** «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний».

3.2.3. Состав системы противопожарной защиты

Система противопожарной защиты представляет собой комплекс взаимосвязанных технических средств и организационных мероприятий, направленных на предупреждение возникновения пожара, его своевременное обнаружение,

оповещение людей и обеспечение безопасной эвакуации, а также ограничение распространения огня и ликвидацию очага возгорания. В состав системы противопожарной защиты, как правило, входят следующие основные подсистемы: система пожарной сигнализации (СПС), система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ), системы автоматического пожаротушения (АУПТ), система внутреннего противопожарного водопровода (ВПВ), система наружного противопожарного водоснабжения и средства первичного пожаротушения.

Основным назначением **системы противопожарной сигнализации (СПС) и автоматизации систем противопожарной защиты (АППЗ)** является своевременное обнаружение пожара, формирование сигналов тревоги и управление инженерными системами, обеспечивающими безопасную эвакуацию и тушение пожара. Принципы и правила проектирования СПС и АППЗ регламентированы **СП 484.1311500.2020** «Системы противопожарной защиты. Системы противопожарной сигнализации и автоматизации систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования». СПС включает в себя **пожарные извещатели (ИП), приемно-контрольные приборы (ПКП), линии связи, пожарные оповещатели.**

Согласно **ГОСТ Р 53325–2012**, пожарным извещателем (ИП) является техническое средство, предназначенное для обнаружения факторов пожара и/или формирования сигнала о пожаре. По функциональным и конструктивным особенностям выделяют следующие виды пожарных извещателей:

- ◆ извещатель пожарный; ИП: техническое средство, предназначенное для обнаружения факторов пожара и/или формирования сигнала о пожаре;
- ◆ извещатель пожарный автоматический: ИП, реагирующий на один или несколько факторов пожара;
- ◆ извещатель пожарный автономный: автоматический ИП, в корпусе которого конструктивно объединены автономный источник питания и все компоненты, необходимые для обнаружения пожара и непосредственного оповещения о нем;
- ◆ извещатель пожарный адресный: ИП, имеющий индивидуальный присваиваемый адрес, идентифицируемый адресным приемно-контрольным прибором;
- ◆ извещатель пожарный аналоговый: автоматический ИП, обеспечивающий передачу на приемно-контрольный прибор информации о текущем значении контролируемого фактора пожара;
- ◆ извещатель пожарный (дымовой) аспирационный; ИПДА: автоматический ИП, обеспечивающий отбор через систему труб с воздухозаборными отверстиями и доставку проб воздуха (аспирацию) из защищаемого помещения (зоны) к устройству обнаружения признака пожара (дыма, изменения химического состава среды);
- ◆ извещатель пожарный газовый; ИПГ: автоматический ИП, реагирующий на изменение химического состава атмосферы, вызванное воздействием пожара;
- ◆ извещатель пожарный дымовой; ИПД: автоматический ИП, реагирующий на частицы твердых или жидких продуктов горения и/или пиролиза в атмосфере;

- ◆ извещатель пожарный дымовой ионизационный; ИПДИ: ИПД, принцип действия которого основан на снижении значения электрического тока, протекающего через ионизированный воздух, при появлении частиц дыма (аэрозоля);
- ◆ извещатель пожарный дымовой оптико-электронный линейный; ИПДЛ: ИПД, формирующий оптический луч, проходящий через контролируемую среду вне извещателя, и контролирующий ослабление интенсивности луча средой при ее задымлении;
- ◆ извещатель пожарный дымовой оптико-электронный точечный; ИПДОТ: ИПД, реагирующий на продукты горения, способные поглощать, рассеивать или отражать излучение оптического сигнала, чувствительная зона которого расположена в ограниченном объеме, много меньшем объема защищаемого помещения;
- ◆ извещатель пожарный комбинированный; ИПК: автоматический ИП, реагирующий на два или более физических факторов пожара, с алгоритмом работы по логической схеме «или»;
- ◆ извещатель пожарный кумулятивного действия: линейный или многоточечный ИП, обеспечивающий суммирование значений фактора пожара в контролируемой области;
- ◆ извещатель пожарный неадресный: ИП, не имеющий индивидуального адреса, идентифицируемого приемно-контрольным прибором;
- ◆ извещатель пожарный пламени; ИПП: автоматический ИП, реагирующий на электромагнитное излучение пламени или тлеющего очага;
- ◆ извещатель пожарный пороговый: автоматический ИП, формирующий тревожное извещение при достижении или превышении контролируемым фактором пожара установленного порога;
- ◆ извещатель пожарный радиоканальный: ИП, осуществляющий обмен информацией с системой пожарной сигнализации по радиоканальной линии связи;
- ◆ извещатель пожарный ручной; ИПР: ИП, предназначенный для ручного формирования сигнала пожарной тревоги в шлейфе пожарной сигнализации;
- ◆ извещатель пожарный сателлитный; ИПС: техническое средство, состоящее из автоматического точечного пожарного извещателя и устройства управления спринклерным оросителем с принудительным (управляемым) электропуском;
- ◆ извещатель пожарный тепловой; ИПТ: автоматический ИП, реагирующий на значение температуры и/или скорость повышения температуры;
- ◆ извещатель пожарный тепловой дифференциальный: пороговый ИПТ, формирующий извещение о пожаре при превышении скоростью нарастания температуры окружающей среды установленного порогового значения;
- ◆ извещатель пожарный тепловой линейный; ИПТЛ: ИПТ, чувствительный элемент которого расположен на протяжении линии;
- ◆ извещатель пожарный тепловой максимально дифференциальный: ИПТ, выполняющий функции максимального и дифференциального ИПТ (по логической схеме «ИЛИ»);

- ◆ извещатель пожарный тепловой максимальный: пороговый ИПТ, формирующий извещение о пожаре при превышении температуры окружающей среды установленного порогового значения (температуры срабатывания);
- ◆ извещатель пожарный тепловой многоточечный; ИПТМ: ИПТ, чувствительные элементы которого дискретно расположены на протяжении линии;
- ◆ извещатель пожарный тепловой точечный; ИПТТ: ИПТ, в котором устройство обнаружения фактора пожара расположено в ограниченном объеме, много меньшем объема защищаемого помещения;
- ◆ извещатель пожарный газовый, реагирующий на монооксид углерода (СО); ИПГ(СО): автоматический ИП, реагирующий на изменение концентрации в атмосфере монооксида углерода (СО), вызванное пожаром;
- ◆ пожарный извещатель с видеоканалом обнаружения; ИПВ: автоматический пожарный извещатель, выполняющий функцию обнаружения возгорания посредством анализа видеоизображения контролируемого поля зрения.

Для обеспечения изоляции участка линии, в котором произошло замыкание, в проводную линию устанавливается **изолятор короткого замыкания**.

Линия связи представляет собой провода, кабели, оптическое волокно, радиоканал или другие цепи передачи сигналов, обеспечивающие взаимодействие и обмен информацией между компонентами системы пожарной автоматики.

Приемно-контрольные приборы обеспечивают прием сигналов от извещателей, обработку информации и формирование команд управления.

Пожарные оповещатели формируют сигналы оповещения. В зависимости от формы формируемого сигнала выделяют **звуковые, световые и речевые** оповещатели.

Шлейфом пожарной сигнализации (ШПС) называется линия в системе пожарной сигнализации между ПКП и ИП.

Система пожарной сигнализации работает следующим образом: пожарный извещатель регистрирует момент возникновения признаков пожара и посредством линий связи передает сигнал в ПКП для дальнейшей его обработки и принятия решений о дальнейших действиях. ПКП, в свою очередь, может при необходимости осуществлять алгоритмы проверки ложного срабатывания пожарных извещателей либо алгоритмы запуска в работу системы противопожарной защиты.

При проектировании СПС необходимо учитывать следующие требования:

- ◆ полное покрытие защищаемой зоны;
- ◆ соблюдение нормативных расстояний между извещателями;
- ◆ учет воздушных потоков и тепловых зон;
- ◆ исключение ложных срабатываний;
- ◆ дымовые извещатели размещаются под потолком;
- ◆ тепловые извещатели размещаются в зонах возможного повышения температуры;
- ◆ линейные извещатели размещаются в протяженных помещениях;

- ◆ СПС должна быть интегрирована с системой оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ);
- ◆ электропитание элементов СПС должно обеспечиваться в соответствии с **СП 6.13130.2025** «Система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности».

Согласно СП 6.13130.2025, электроприемники СПЗ относятся к категории надежности, требующей гарантированного питания, обязательного наличия резервных источников питания (в том числе АКБ), а также предусмотренного автоматического ввода резерва (АВР). Электропитание СПЗ должно быть независимым от других систем здания. Не допускается отключение СПЗ при авариях в обычных электросетях.

К кабельным сетям и проводкам предъявляются следующие требования:

- ◆ применяются огнестойкие кабели, не распространяющие горение;
- ◆ кабели должны сохранять работоспособность в условиях пожара;
- ◆ используются медные жилы для обеспечения надежности.

Особое внимание уделяется прокладке линий (открытой/скрытой), защите от механических и температурных воздействий, разделению трасс СПЗ и других систем. Применяемое в СПЗ оборудование должно соответствовать условиям эксплуатации (климат, механические воздействия), требованиям пожарной безопасности и стандартам.

Допускается применение радиальных и кольцевых линий связи. Линии должны обеспечивать устойчивость к повреждениям, сохранение работоспособности при отказах (например, разделение кольца).

При определении параметров аккумуляторной батареи (АКБ) и подключении к ней оборудования стоит учитывать следующие требования СП 6.13130.2025. Не допускается подключение электроприемников, не относящихся к СПЗ объекта, за исключением связанных с безопасностью систем, относящихся к системам обеспечения безопасности в соответствии с ГОСТ Р 53195.1 и отнесенных к I категории электроприемников по надежности электроснабжения. Электроприемники, связанные с безопасностью систем, подключаемые к панели питания электрооборудования системы противопожарной защиты и самостоятельным низковольтным устройствам распределения и управления, должны иметь защиту от токов короткого замыкания и перегрузки, обеспечивающую наименьшее время отключения и соблюдения требований селективности. Если СПЗ включает в себя радиоканальные устройства, то к ним должны быть подведены основной и резервный источники питания. Для радиоканальных устройств СПЗ с автономным питанием в качестве основного и резервного источников питания должны применяться батареи в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60086-1. Не допускается подключение к одному аппарату защиты цепей питания более чем одного источника бесперебойного электропитания систем пожарной автоматики, прибора пожарного управления, прибора приемно-контрольного пожарного, прибора приемно-контрольного и управления пожарного. Высота установки аппаратов защиты и управления в самостоятельных НКУ, а также панелях питания

электрооборудования СПЗ должна приниматься равной от 0,4 до 2,0 м от уровня пола помещения, в котором они размещены. Расчетная емкость АКБ определяется по формуле

$$C_{\text{АКБ}} = K_{\text{стр}} \cdot K_{\text{н}} \cdot (\Sigma I_{\text{д.р.}} \cdot t_{\text{д.р.}} + \Sigma I_{\text{р.п.}} \cdot t_{\text{р.п.}} + I_{\text{ИБЭ}} \cdot (t_{\text{д.р.}} + t_{\text{р.п.}})),$$

где $K_{\text{стр}}$ – коэффициент старения АКБ согласно ТД на АКБ;
 $K_{\text{н}}$ – коэффициент, учитывающий нагрузочные (токоразрядные) характеристики аккумуляторной батареи согласно ТД производителей АКБ;
 $\Sigma I_{\text{д.р.}}$ – суммарный потребляемый ток СПЗ в дежурном режиме, А;
 $t_{\text{д.р.}}$ – время работы СПЗ от АКБ в дежурном режиме, 24 ч;
 $\Sigma I_{\text{р.п.}}$ – суммарный потребляемый ток СПЗ в режиме «Пожар», А;
 $t_{\text{р.п.}}$ – время работы СПЗ от АКБ в режиме «Пожар», 1 ч;
 $I_{\text{ИБЭ}}$ – собственный ток потребления ИБЭ (АИП) от АКБ (согласно ТД на ИБЭ), А.

При наличии сведений о коэффициенте $K_{\text{н}}$ при работе в дежурном режиме и в режиме «Пожар» необходимо использовать формулу

$$C_{\text{АКБ}} = K_{\text{стр}} \cdot (K_{\text{н.д.р.}} \cdot (\Sigma I_{\text{д.р.}} + I_{\text{ИБЭ}}) \cdot t_{\text{д.р.}} + K_{\text{н.п.р.}} \cdot (\Sigma I_{\text{д.р.}} + I_{\text{ИБЭ}}) \cdot t_{\text{р.п.}}),$$

где $K_{\text{н.д.р.}}$ – коэффициент, учитывающий нагрузочные (токоразрядные) характеристики АКБ при дежурном режиме согласно ТД производителей АКБ;
 $K_{\text{н.п.р.}}$ – коэффициент, учитывающий нагрузочные (токоразрядные) характеристики АКБ при режиме «Пожар», согласно технической документации производителей АКБ.

Система оповещения и управления эвакуацией является системой, обеспечивающей своевременное информирование людей о возникновении пожара и организацию их безопасной эвакуации. Основными задачами системы оповещения и управления эвакуацией являются своевременное информирование людей о пожаре, передача понятных инструкций, управление эвакуационными потоками и снижение риска паники. Требования к системам оповещения и управления эвакуацией представлены в **СП 3.13130.2026** «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре».

Проектирование СОУЭ производится на базе анализа функционального назначения здания, численности и категории людей и сценариев развития пожара. В рамках проекта СОУЭ должны быть продуманы сценарии эвакуации, включающие места возникновения пожара, динамику опасных факторов, доступность путей эвакуации и поведение людей. Для каждого сценария должны быть определены порядок оповещения, зоны включения, тексты сообщений и алгоритмы управления инженерными системами.

Речевое оповещение должно соответствовать следующим требованиям:

- ◆ обеспечение разборчивости речи ($\geq 90\%$);
- ◆ соответствие акустических параметров помещения;
- ◆ синхронизация сообщений с этапами эвакуации.

Стоит отметить, что передаваемые сообщения должны быть краткими и однозначными, исключать двусмысленность и учитывать категорию пользователей. СОУЭ должна предусматривать деление здания на зоны оповещения, возможность независимого управления зонами и реализацию поэтапной эвакуации. При этом зонирование определяется планировкой здания, функциональным назначением помещений и сценариями пожара. При составлении проекта стоит учитывать, что в защищаемом здании должны отсутствовать зоны с недостаточной слышимостью или видимостью.

Световые средства СОУЭ включают в себя световые оповещатели «Выход», указатели направления движения и эвакуационные знаки. Среди основных требований к ним указывают следующее:

- ◆ указатели «Выход» должны устанавливаться над эвакуационными выходами, а также в помещениях с массовым пребыванием людей (50 человек и более);
- ◆ в залах (зрительных, выставочных и др.) они должны работать в течение всего времени пребывания людей;
- ◆ указатели направления движения размещаются в протяженных коридорах (более 50 м) и других сложных зонах эвакуации;
- ◆ включение световых указателей, как правило, осуществляется одновременно с рабочим освещением.

В разработанной системе оповещения и управления эвакуацией должен осуществляться в обязательном порядке автоматический контроль за исправностями линий на всем протяжении на всех участках. Изъятие любого оповещателя должно фиксироваться менее чем за 100 секунд.

СОУЭ должна обладать высокой надежностью и включать основной и резервный источники питания, защиту от отказов и повреждений, контроль исправности элементов системы. Электроснабжение должно обеспечивать работу системы в течение времени, достаточного для завершения эвакуации (информация о питании низковольтных электроустановок указана в ранее рассмотренном СП 6.13130.2025).

Система автоматического управления пожаротушением (АУПТ) предназначена для автоматического обнаружения пожара, локализации и тушения очага возгорания на начальной стадии его развития без участия человека. Основными задачами АУПТ являются оперативное реагирование на признаки пожара, ограничение распространения огня, снижение температуры и интенсивности горения, защита людей, материальных ценностей и конструкций здания, создание условий для безопасной эвакуации и работы пожарных подразделений. Основным нормативным правовым актом, регламентирующим проектирование АУПТ, является **СП 485.1311500.2020** «Системы противопожарной защиты. Системы противопожарной сигнализации и автоматизации систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования».

Классификация автоматических установок пожаротушения (АУПТ) является основой для их правильного выбора и проектирования. Она учитывает физические принципы тушения, особенности защищаемых объектов и условия эксплуатации.

Классификация АУПТ **по виду огнетушащего вещества** позволяет на основании свойств огнетушащего вещества определить механизм прекращения горения. В соответствии с данной классификацией выделяют водяные, пенные, газовые, порошковые и аэрозольные автоматические установки пожаротушения.

Водяные установки пожаротушения являются наиболее распространенным типом АУПТ, использующим воду или водные растворы для тушения пожаров. Механизм тушения представляет собой охлаждение зоны горения, снижение температуры ниже температуры воспламенения и частичное вытеснение кислорода паром. Водяные АУПТ, в свою очередь, делятся на спринклерные, дренчерные и модули тонкораспыленной воды. Основным преимуществом водяных установок пожаротушения является высокая эффективность при пожарах класса А, доступность и низкая стоимость, простота эксплуатации. Ограничениями применения данных установок является недопустимость применения при тушении электроустановок под напряжением, риск повреждения имущества водой и ограничение по температуре эксплуатации.

Пенные установки пожаротушения в процессе работы используют воздушно-механическую пену. Механизм тушения представляет собой изоляцию поверхности горючей жидкости, предотвращение испарения горючих паров и охлаждение объекта тушения. Такие АУПТ применяются для обеспечения противопожарной защиты резервуаров с легковоспламеняющимися либо горючими жидкостями, нефтебаз и химических производств.

Газовые установки пожаротушения в своей работе используют газовые составы (инертные и химически активные газы). При срабатывании данных установок происходит снижение концентрации кислорода в окружающей среде и ингибирование химических реакций горения. Особенностью таких установок является то, что они не повреждают оборудование, требуют герметичности помещений и обязательного контроля безопасности людей.

Порошковые установки пожаротушения применяют огнетушащие порошки. При срабатывании данных установок происходят ингибирование химических реакций и изоляция поверхностей тушения. Недостатками таких установок являются загрязнение оборудования и ограниченная видимость при срабатывании. Используются для защиты производственных зон.

Аэрозольные установки пожаротушения используют в процессе своей работы твердотопливные генераторы аэрозоля. При их срабатывании происходит ингибирование реакций горения. Особенности таких установок являются их компактность, автономность и ограниченная область применения (локальные объекты).

По способу тушения АУПТ делятся на несколько видов в зависимости от того, каким образом огнетушащее вещество воздействует на очаг пожара. В рамках данного критерия классификации установки делят на установки объемного, поверхностного и локального пожаротушения. При работе установок **объемного** пожаротушения огнетушащее вещество заполняет весь объем помещения. При работе установок **поверхностного** пожаротушения воздействие осуществляется на поверхность горящего материала. Установки **локального** пожаротушения разделяют на **локальное по объему**

(защищается часть помещения, например шкаф, камера) и **локальное по поверхности** пожаротушения (воздействие направлено на конкретный объект (станок, резервуар)).

По конструктивному исполнению выделяют **сплинкерные** (автоматическое вскрытие оросителей, селективное срабатывание, защита локальной зоны пожара), **дренчерные** (одновременное срабатывание всех оросителей, управление от системы обнаружения пожара), **модульные** установки (состоят из автономных модулей, не требуют разветвленной трубопроводной сети, применяются для локальной защиты) и **централизованные** системы (имеют единый источник огнетушащего вещества, сложную трубопроводную систему, применяются на крупных объектах).

По способу пуска выделяют **автоматические установки** (пуск осуществляется от пожарных извещателей, тепловых замков в сплинкерных системах), **дистанционный** (осуществляется оператором с пульта управления или защищенного помещения) и **ручной** пуск (резервный способ активации с кнопки или пусковых устройств).

При проектировании АУПТ необходимо учитывать комплексную оценку пожарной опасности объекта, проводимую на основании ранее представленной в данной главе категоричности помещений.

3.2.4. Проектирование системы противопожарной защиты при помощи naпoCAD BIM OПС

Создание проекта. Разберем создание системы противопожарной защиты на примере использования ПО naпoCAD BIM OПС. Стоит отметить, что данный проект носит демонстрационный характер и не претендует на корректность построения системы с предметной точки зрения. Рассматриваемый в данном пункте функционал приведен для ознакомления с базовыми функциями naпoCAD BIM OПС, и приведенная для него информация не охватывает весь его функционал.

При начале проектирования необходимо создать или открыть уже существующий проект. Для этого вызовем окно **Менеджер проекта**. Соответствующая кнопка расположена в пункте меню **OПС** в разделе **Проект**. Данное окно содержит функционал, необходимый для создания и управления проектом, добавления новых планов, формирования документов и т. д.

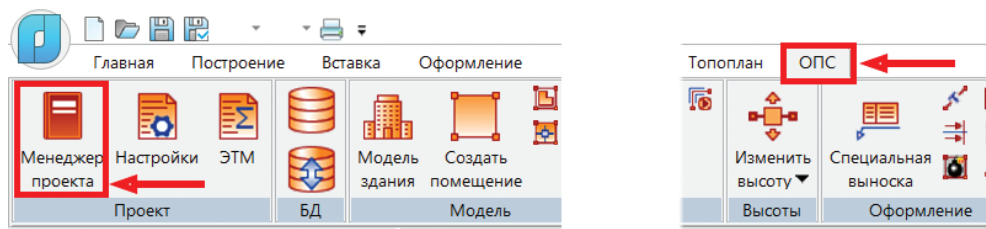


Рис. 3.1. Расположение кнопки **Менеджер проекта**

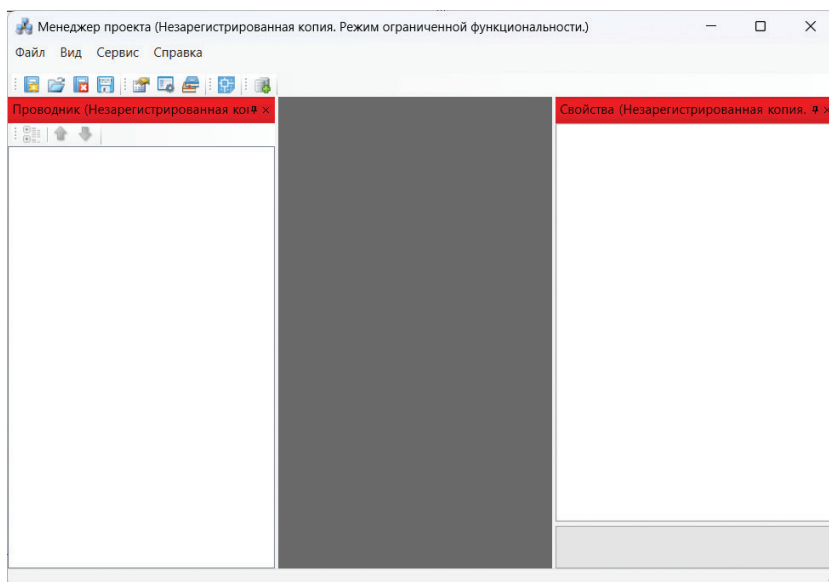


Рис. 3.2. Внешний вид окна **Менеджер проекта**

После вызова окна **Менеджер проекта** необходимо создать новый проект либо открыть уже существующий, нажав на соответствующие кнопки в меню окна **Менеджер проекта**. В данной работе предполагается создание нового проекта.

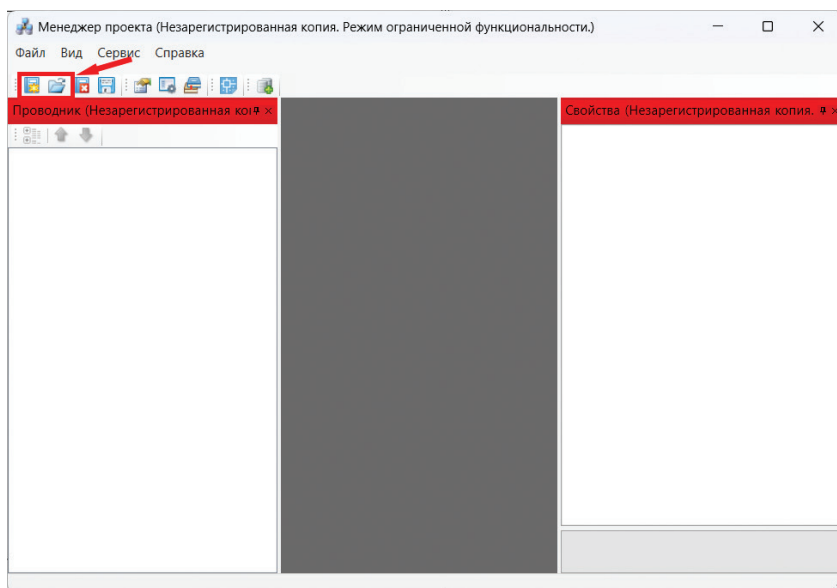


Рис. 3.3. Расположение кнопок **Создать проект** и **Открыть проект**

При создании нового проекта в появившемся окне **Создание нового проекта** по умолчанию включена опция **Использовать базу данных по умолчанию**. Это означает, что проект будет создан с новой пустой базой оборудования. Если отключить эту опцию, то можно выбрать уже существующую базу, например, из другого проекта, где содержится часто используемое оборудование. Это избавляет от необходимости заново импортировать данные из баз производителей. В нашем случае оставляем указанную функцию включенной. Также в данном окне необходимо задать имя и путь хранения создаваемого проекта.

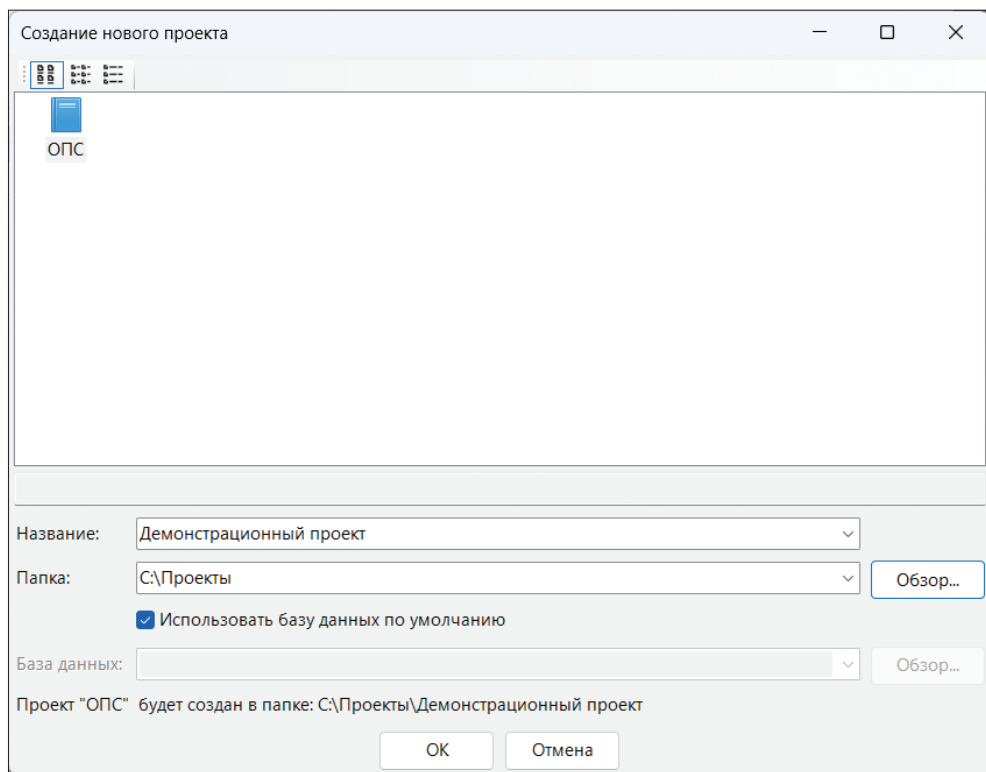


Рис. 3.4. Создание нового проекта

Результатом окончания предыдущей операции становится новый пустой проект, не содержащий никакой информации. При этом окно **Менеджер проекта** дополнилось набором документов, используемых при оформлении проекта. Для заполнения информации в штампах необходимо в левой части окна **Менеджер проекта** на панели **Проводник** выбрать пункт с наименованием созданного проекта. В нашем случае это пункт **Демонстрационный проект**, после чего на правой панели **Свойства** появляются свойства проекта. Здесь необходимо заполнить как можно больше информации, относящейся к проекту. Стоит отметить, что в процессе редактирования свойств проекта возможно изменение размера панелей **Проводник** и **Свойства**, что может позволить сделать процесс внесения информации и создания проектной документации более удобным.

В рабочей области, находящейся между панелями **Проводник** и **Свойства**, отображается изображение готовой документации, что будет описано ниже.

На следующем этапе необходимо к созданному проекту подключить планы здания. В нашем случае это планы цокольного и двух надземных этажей двухэтажного коттеджа. Для подключения планов здания следует навести курсор на пункт с наименованием проекта (в данном случае пункт **Демонстрационный проект**), щелчком правой кнопки мыши вызвать контекстное меню и выбрать пункт **Подключить существующий план**. В открывшемся окне необходимо выбрать все планы, относящиеся к зданию.

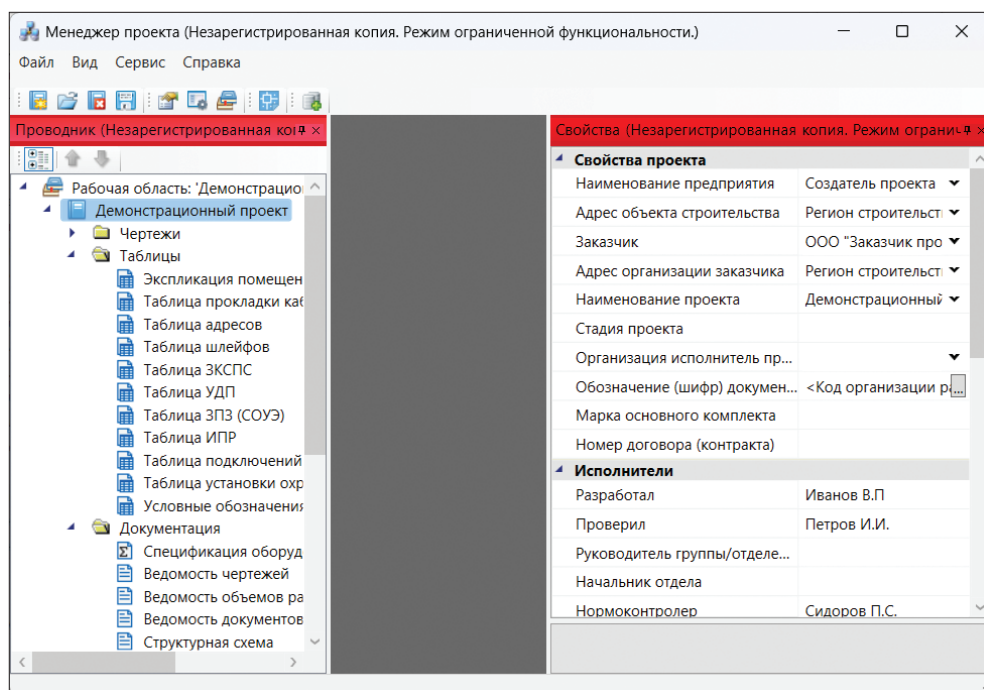


Рис. 3.5. Заполнение свойств проекта

При подключении планов зданий появляется окно **Формат чертежей**, в котором необходимо указать масштабы документа и модели. По умолчанию задается масштаб документа 1 к 100, а масштаб модели 1 к 1. При необходимости данные значения можно изменить. После указания масштаба в появившемся окне **Добавление файла в проект** необходимо подтвердить действия, после чего в проекте появятся добавленные чертежи с планировки. При необходимости можно изменить наименование чертежей, нажав на них левой кнопкой мыши в пункте **Чертежи**, находящемся в панели **Проводник**. Для открытия добавленных планировок необходимо сделать двойной щелчок левой кнопкой мыши по добавленным планам.

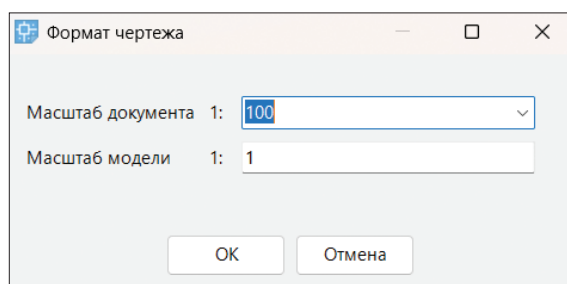


Рис. 3.6. Окно Формат чертежа

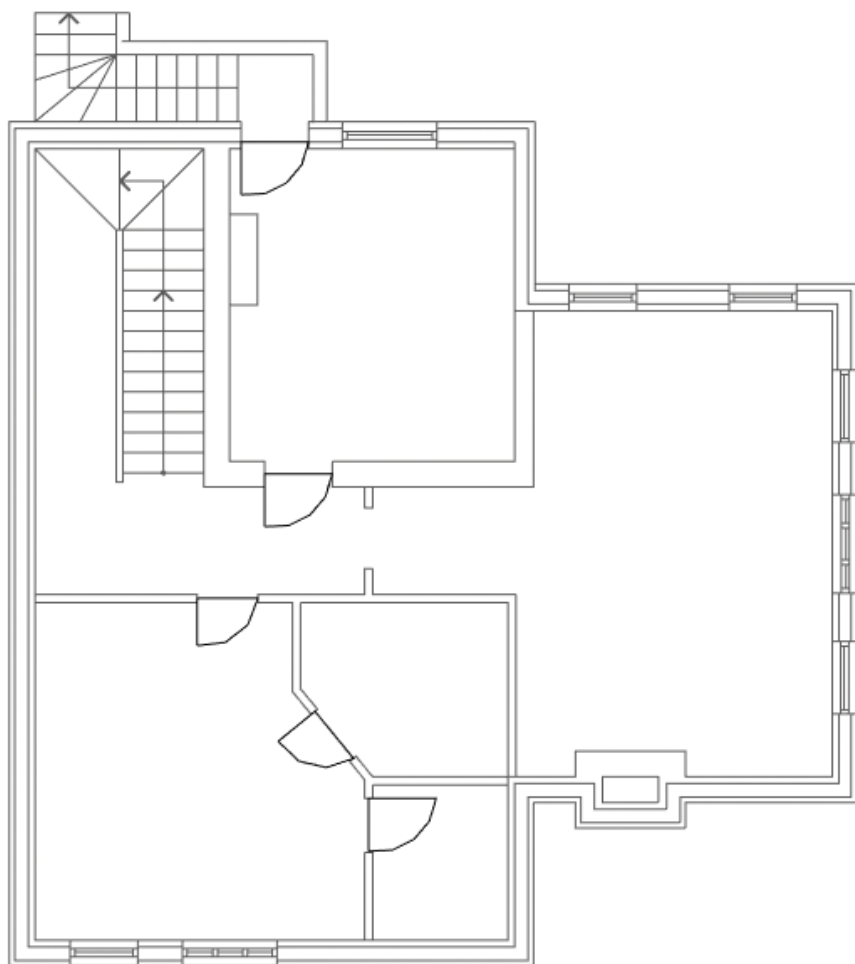


Рис. 3.7. План цокольного этажа

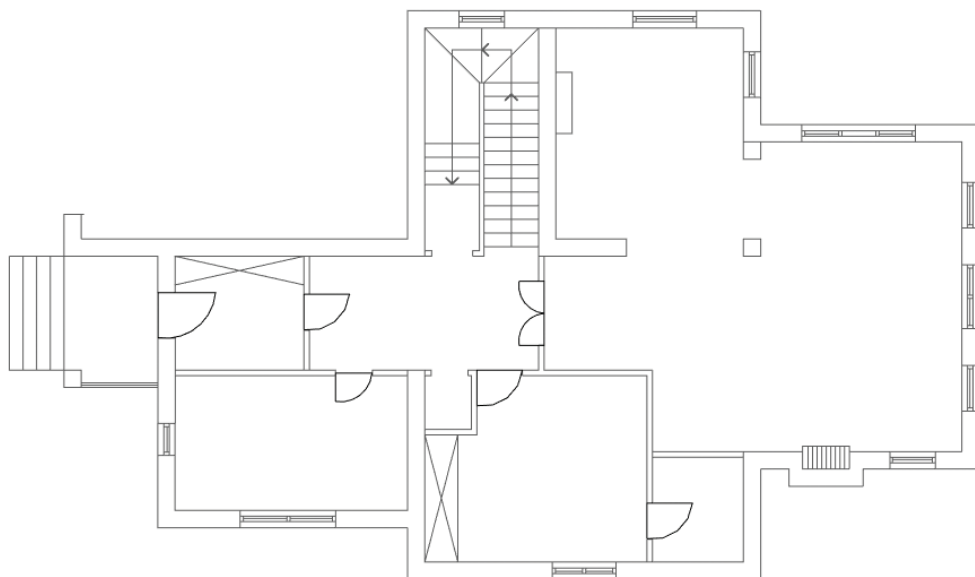


Рис. 3.8. План первого этажа

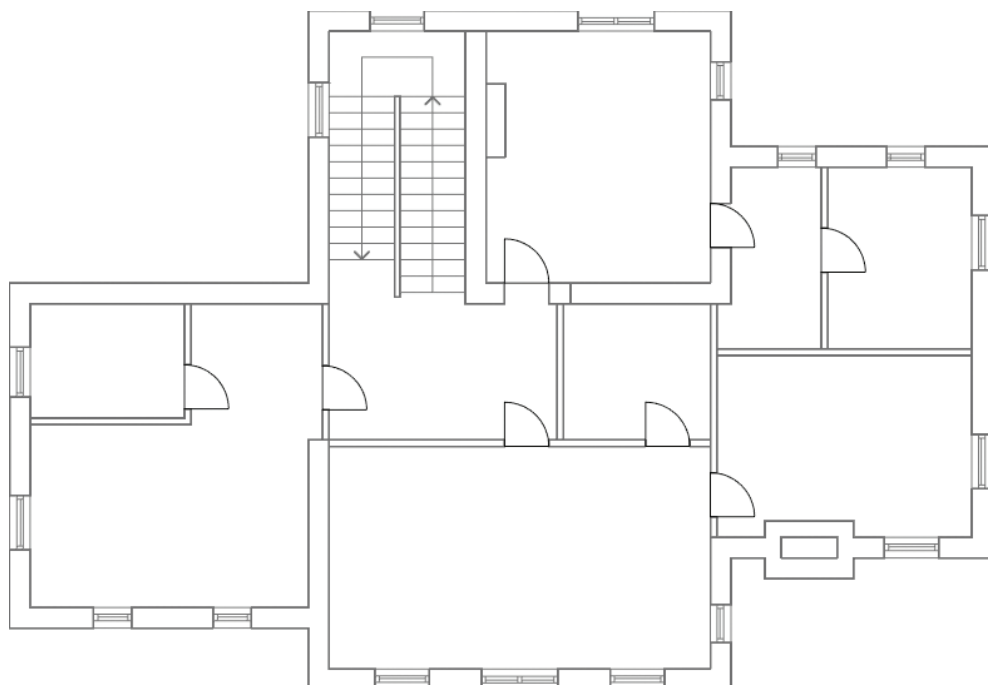


Рис. 3.9. План второго этажа

Построение модели здания. На следующем этапе происходит построение модели здания путем создания этажей и помещений. На данном этапе возможно создание экспликации помещений, если она отсутствовала в проекте изначально.

Для создания этажей необходимо в разделе **Модель** нажать кнопку **Создать этаж**. Программное обеспечение предложит выбрать один из четырех режимов создания границ этажа: по 2 точкам, по 3 точкам, полилиния, выбор контура. Необходимым условием является полное нахождение плана в обозначаемых границах этажа. При этом полное совпадение границ не обязательно, то есть обозначаемые границы этажа могут выходить за границы чертежа. Для данного демонстрационного проекта необходимо создание трех этажей.

Для каждого из созданных этажей нужно задать свойства (наименование, отметка этажа по высоте, высота помещений и т. д.). Вызвать окно свойств этажа можно несколькими способами: либо нажатием кнопки **Модель здания** в разделе **Модель**, либо двойным нажатием левой кнопки мыши на границы этажа на плане.

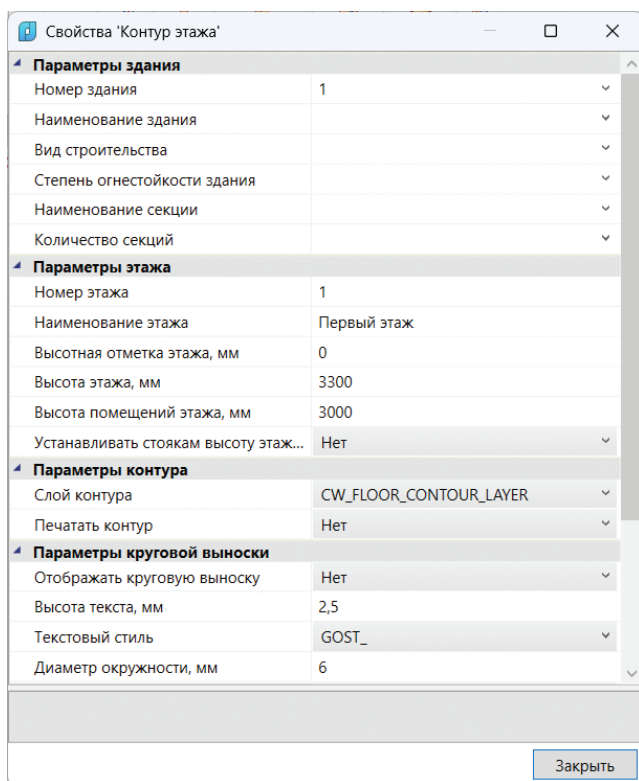


Рис. 3.10. Свойства этажа при двойном нажатии левой кнопки мыши на границах этажа

Далее происходит создание помещений. Для этого можно воспользоваться кнопкой **Создать помещения** в разделе **Модель**. Сразу после нажатия кнопки необходимо выбрать удобный для обозначения помещений режим отрисовки: по двум точкам, по трем точкам или полилинией. Выбрав режим отрисовки,

обозначаем границы помещений. По окончании создания помещений каждому созданному помещению можно присвоить экспликационный номер и наименование. На основании этих данных в дальнейшем можно составить экспликацию помещений и добавить ее на чертеж. При этом площадь помещений будет рассчитана автоматически.

Создание помещений можно производить в автоматическом режиме. Для этого необходимо нажать кнопку **Автоматически определить помещение** раздела **Модель** и курсором мыши указать любую точку внутри замкнутой области на плане. Стоит отметить, что для некоторых помещений данная функция может сработать некорректно либо не сработать вообще из-за имеющихся ограничений, например контур определяемого помещения незамкнут.

Таким образом, нами создана модель здания, содержащая три этажа и несколько помещений на каждом из них. Далее нам необходимо задать свойства помещений. Сделать это можно в модели зданий. Сразу после создания помещений вместо номера помещений используется прочерк. Вместо него необходимо на каждом этаже для каждого помещения задать конкретный номер. Нумерацию помещений можно осуществить в автоматическом режиме при помощи кнопки **Нумерация помещений** окна **Модель здания/объекта**. При этом помещения будут пронумерованы в порядке их установки на плане. Также необходимо для каждого помещения задать наименование. При желании в свойствах помещения можно отключить отображение круговых сносок с номером помещения.

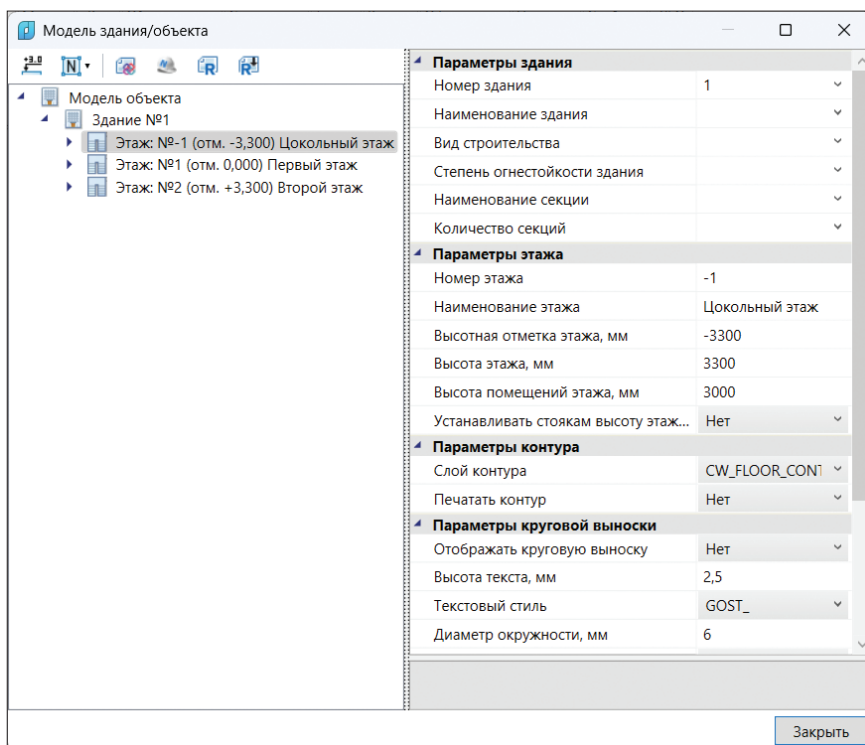


Рис. 3.11. Задание свойств этажа при открытии модели здания

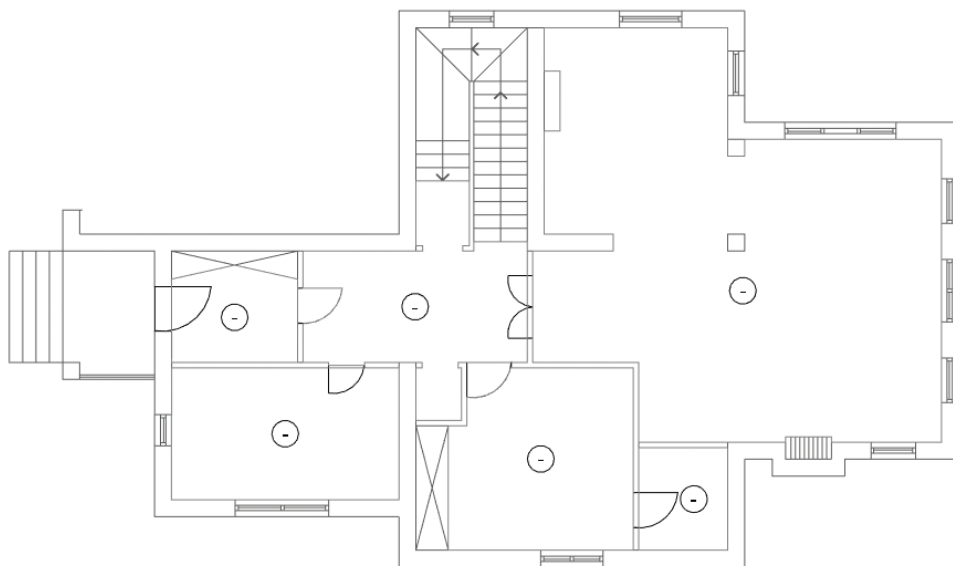


Рис. 3.12. Пример чертежа после создания этажа и помещений

Таким образом, подготовлена модель здания для дальнейшего проектирования системы противопожарной защиты. На следующем этапе необходимо проведение анализа здания для определения состава и принципов работы СПЗ в соответствии с нормами.

Установка пожарных извещателей. Перед тем как перейти к расстановке пожарных извещателей, необходимо определить зоны контроля систем пожарной сигнализации (ЗКСПС), наличие фальшпотолка, фальшпола и алгоритма принятия решения о пожаре. Для этого выделим весь этаж на плане и воспользуемся командой **Страница свойств (Свойства выбранных объектов)**, в зависимости от версии используемого ПО), находящейся в разделе **Свойства**. Выделим контуры помещений и в группе свойств **ЗКСПС** зададим свойству **Алгоритм принятия решения о пожаре** значение **В**. В группе свойств **ЗКСПС Фальшпотолок** для свойства **Наличие фальшпотолка** установим значение **Да**. После установки этого значения отобразятся свойства пространства фальшпотолка. Зададим для свойства **Высота фальшпотолка**, мм значение **300**, а для **Алгоритмы принятия решения о пожаре** значение **В**. Проведем аналогичную операцию для каждого этажа.

На следующем этапе все имеющиеся помещения необходимо отнести к ЗКСПС. Для этого следует на плане выделить помещения, которые будут относиться к одной ЗКСПС, и при помощи команды **Страница свойств** в свойстве **Позиционное обозначение (маркировка)** задать для каждой ЗКСПС имя **Х.У**, где **Х** – порядковый номер этажа, **У** – порядковый номер ЗКСПС. Соответствующее имя ЗКСПС необходимо задать для ЗКСПС фальшпотолка в формате **Х.УП**.

Для автоматического проставления пожарных извещателей необходимо в разделе **Проект** нажать на кнопку **Настройки** и в открывшемся окне выбрать пункт **Настройка УГО**. Далее выбираем необходимое УГО извещателя в группе свойств **Точечные пожарные извещатели**, в свойстве **УГО точечного извещателя**. Также установим требуемое УГО извещателя для установки в пространстве фальшпотолка в свойстве **УГО точечного извещателя для фальшпотолка**.

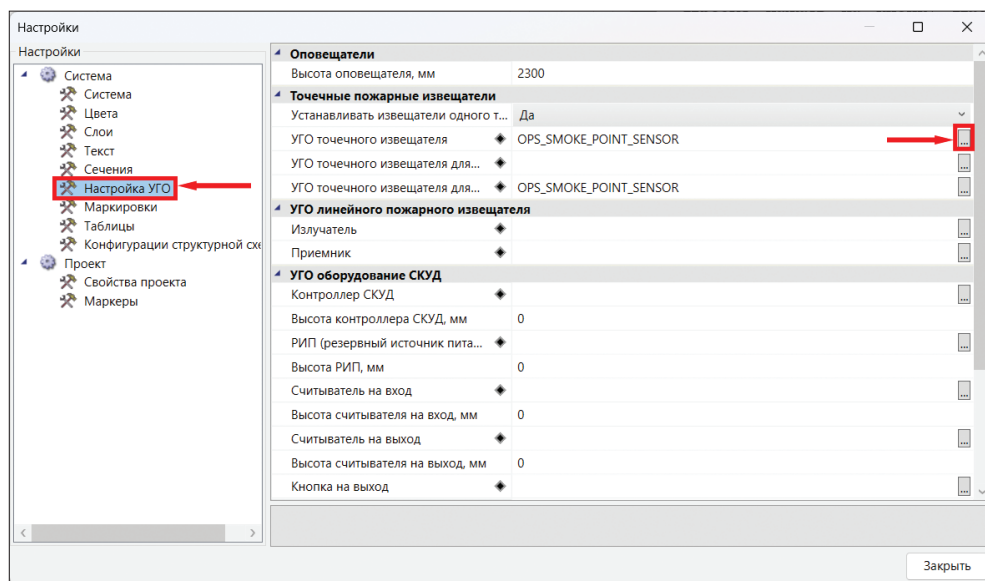


Рис. 3.13. Выбор УГО точечного извещателя

Далее в разделе **Оборудование** нажимаем на кнопку **Установка извещателей**, после чего выбираем все помещения на плане и нажмем **Enter**. В появившемся окне **Выбор типа пожарного извещателя** выберем из баз данных производителей точечный пожарный извещатель. При этом выбранный извещатель автоматически добавится в базу данных проекта. После подтверждения выбора выбранные УГО извещателей в автоматическом режиме установятся в выбранные помещения.

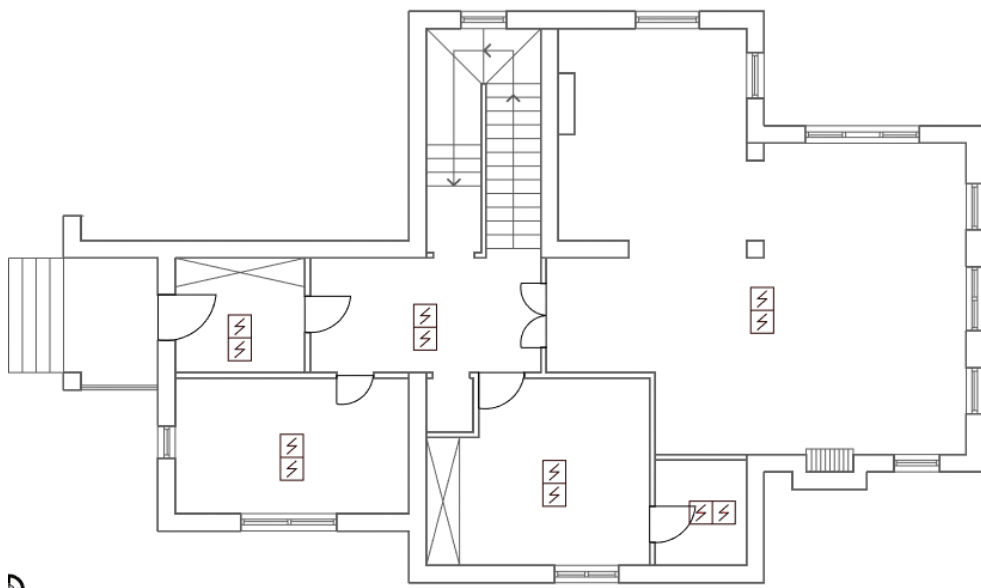


Рис. 3.14. Пример установки пожарных извещателей

На следующем этапе произведем установку ручных пожарных извещателей. Проведем данную операцию в ручном режиме. Для этого вызовем **Базу УГО** по нажатию кнопки **База УГО** в разделе **Оборудование**. На каждом этаже установим по одному ручному пожарному извещателю на высоте 1,5 м от пола.

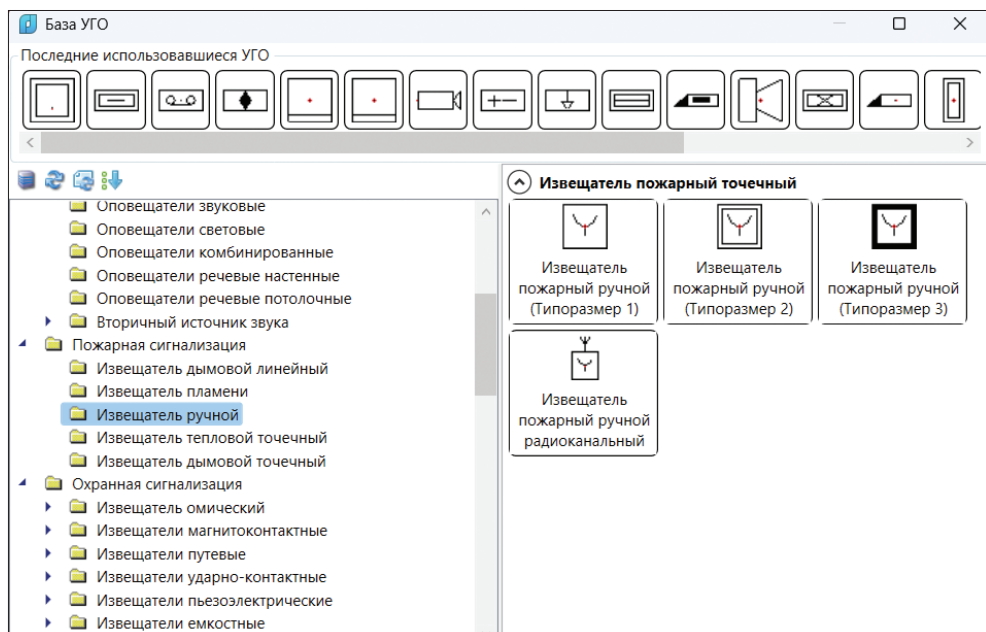


Рис. 3.15. Выбор ручных извещателей

На примере первого этажа получим следующую картину.

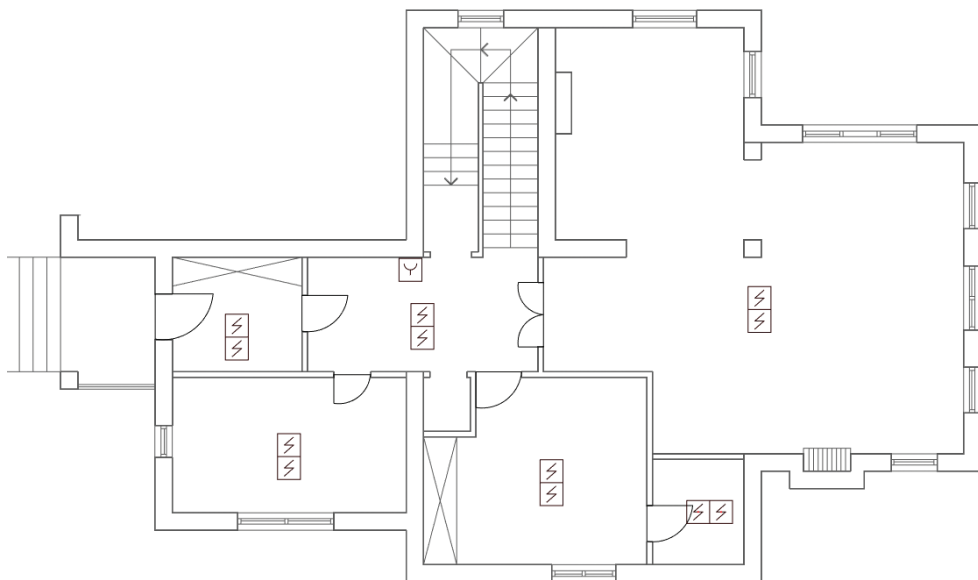


Рис. 3.16. Пример установки пожарных извещателей на первом этаже здания

Расстановка устройств защиты от КЗ. На следующем этапе для каждой отдельной ЗКСПС необходимо произвести расстановку устройства защиты от КЗ. Для этого снова откроем **Базу УГО**. В пункте **Устройства защиты от КЗ** выберем УГО устройства защиты от КЗ. Получим примерно следующий результат.

Установка пожарных оповещателей. Проектирование системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ) выполняется в соответствии с требованиями СП 3.13130.2026. Одним из основных этапов проектирования СОУЭ является расчет параметров пожарных оповещателей, выбор их типа и количества, а также размещение условных графических обозначений (УГО) на планах объекта. Для рассматриваемого объекта произведем расчет и выбор звуковых настенных и потолочных пожарных оповещателей. При выборе оповещателей будем руководствоваться определением уровня фонового шума, а также архитектурно-планировочными решениями. Проведение акустического расчета возможно средствами nanoCAD BIM ОПС, что будет описано в дальнейшем.

Для установки пожарных оповещателей необходимо открыть **Базу УГО** и выбрать УГО оповещателя. Для множественной вставки однотипных объектов (в данном случае звуковых оповещателей) необходимо перед установкой нажать клавишу **Shift**. После установки оповещателя происходит его поворот в пространстве. Таким образом представляется возможным повернуть оповещатель, чтобы достичь максимального эффекта от его работы. Процесс множественной установки пожарных оповещателей можно закончить нажатием клавиши **Enter** по окончании процесса установки. В свойствах опове-

щателя существует возможность отображения звуковой зоны оповещателей, что необходимо для проведения расчетов, в том числе расчета опорного отрезка. Для отображения звуковой волны нужно в пункте свойств оповещателя **Отображать звуковую волну** установить значение **Да**.

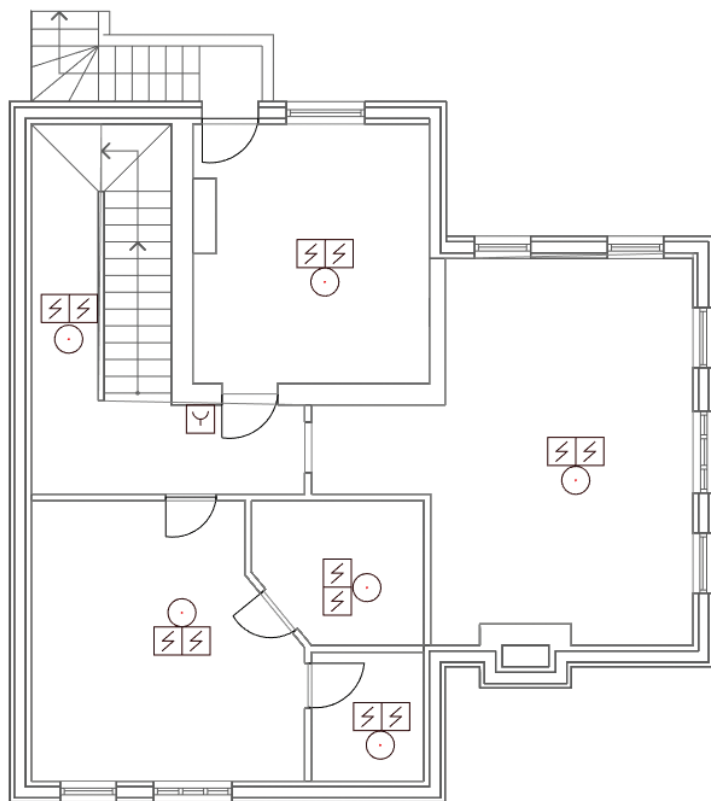


Рис. 3.17. Пример расстановки пожарных извещателей и устройств защиты от КЗ

При отображении звуковой зоны происходит автоматический расчет наиболее удаленной точки комнаты от оповещателя и вычисляется опорный отрезок для акустического расчета. Звуковая зона строится на основе наиболее удаленной точки в помещении и угла оповещения, заданного в БД. Можно визуально отследить «покрытие» зон оповещения потолочных оповещателей или убедиться, что для настенных оповещателей опорный отрезок попадает в конус звуковой зоны. При необходимости задать опорный отрезок вручную можно воспользоваться кнопкой **Указать опорный отрезок** панели инструментов на странице свойств оповещателя. По ее нажатию мы попадем на план, где необходимо вручную установить точку опорного отрезка. Возможность задавать опорные отрезки вручную необходимо использовать в том случае, если помещение не может быть «покрыто» одним оповещателем и их необходимо установить несколько.

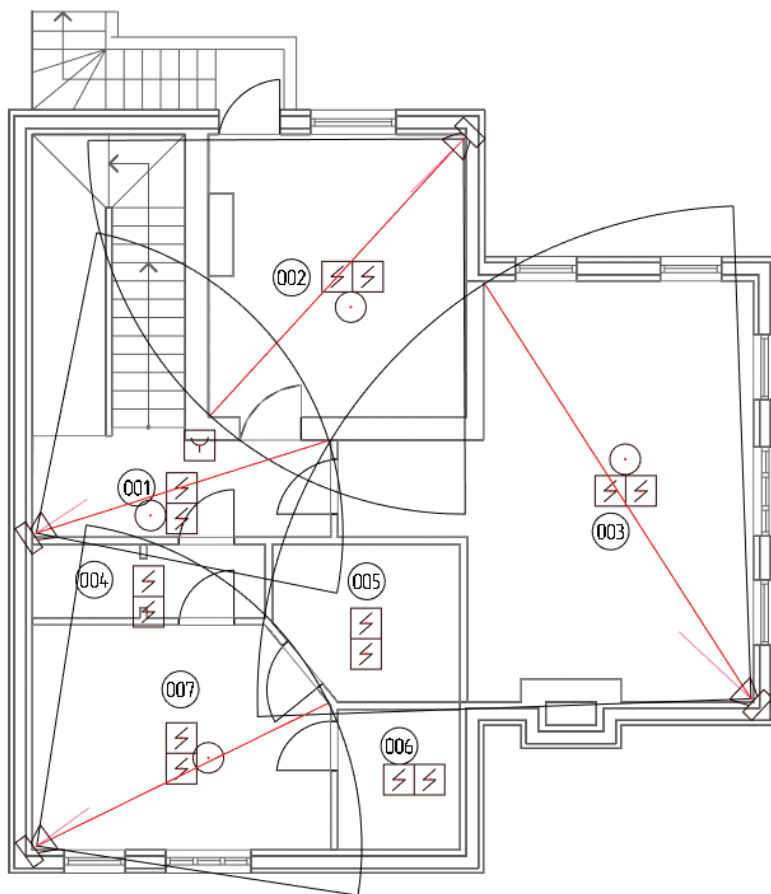


Рис. 3.18. Пример установки звукового настенного пожарного оповещателя с отображением звуковой волны

Выбор и расстановка потолочных оповещателей производится аналогичным образом. Стоит отметить, что зона звуковой волны для потолочного оповещателя отображается в виде окружности, образующейся вследствие конусообразной геометрии распространения звуковой волны от оповещателя. Разместим на плане в помещении 005 речевой потолочный оповещатель.

Для изменения электротехнических данных, используемых при расчете уровня звука в помещениях, можно изменять мощность и количество динамиков оповещателя. Для этого необходимо в окне свойств оповещателя изменить соответствующие параметры. Стоит отметить, что в базе данных оборудования для оповещателей задается номинальная и минимальная мощности оповещателей, что определяет диапазон их рабочей мощности. По умолчанию установленная мощность оповещателей равна номинальному значению.

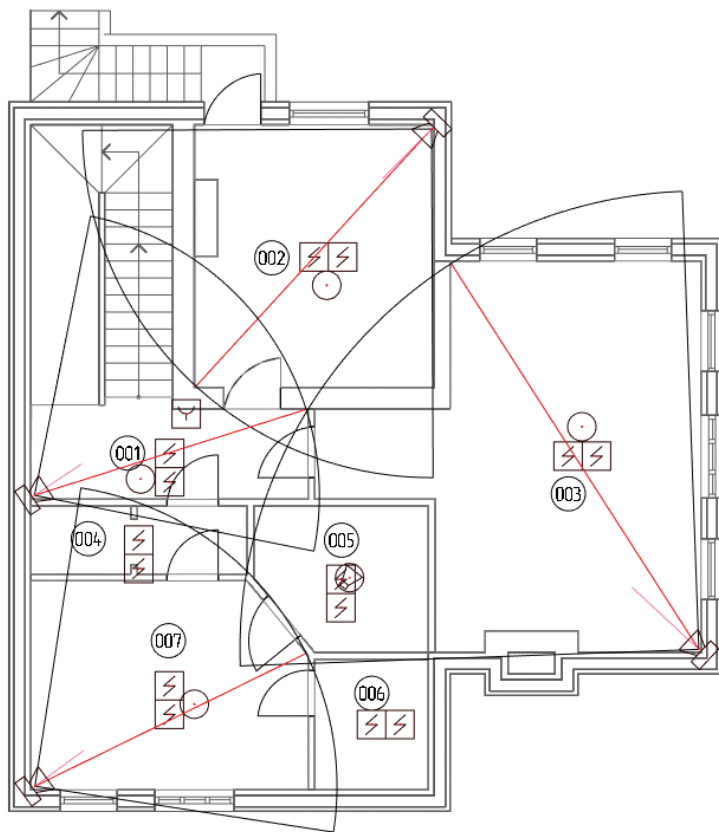


Рис. 3.19. Размещение потолочного речевого пожарного оповещателя в помещении 005

После установки оповещателей для заданных помещений становятся доступны звуковые характеристики в странице свойств установленного оборудования, что может быть использовано при подборе подходящих устройств оповещения.

Для проведения акустического расчета необходимо установить уровень шума в помещениях, что также является обязательным условием, так как согласно требованиям СП 3.13130.2026 уровень звукового сигнала оповещения должен превышать уровень фонового шума не менее чем на 15 дБ. Для этого в свойствах каждого обозначенного помещения в графе **Уровень звука постоянного шума, дБ** следует проставить соответствующее помещению значение. В данном проекте для всех помещений установим значение постоянного шума 65 дБ.

После установки параметров шума в помещениях перейдем к проведению акустического расчета в помещениях. Для этого необходимо вызвать окно **Электротехническая модель** в разделе **Проект**. В появившемся окне перейдем во вкладку **Расчет уровней звука**, где отображены данные акустического расчета для помещений, содержащих источники звука. В случае несоответствия уровня звука требуемым нормативным значениям значение уровня звука в столбце **SPL (L), дБ** будет окрашено в красный цвет. Изменить данное значение до необходимого уровня можно, изменяя электротехнические пара-

метры применяемого оборудования. При этом достаточно, не закрывая окно ЭТМ, заменить оповещатель на более громкий.

Электротехническая модель														
Модель		ОПС												
Оборудование		Шлейфы		Расчет уровней звука										
Имя пом.	S (м ²)	SPL(шум)	SPL(сумм)	Маркировка/О	Высота ус	N Дин., ш	SPL(1 Вт/м	Рдин, Вт	SPL(1Вт/м	SPL(max)	SPL(3м), д	L-отрезок	SPL(L), дБ	
001	8.1	65	80	BIAS0011/Гроп...	2300	1	NaN	NaN	NaN	105	95.46	5.08	90.88	
002	18.71	65	80	BIAS0021/Гроп...	2300	1	NaN	NaN	NaN	105	95.46	6.2	89.15	
003	34.36	65	80	BIAS0031/Гроп...	2300	1	NaN	NaN	NaN	105	95.46	8.12	86.81	
005	7.23	65	80	BIAD0051/Сон...	2700	1	84	3	84	88.77	79.23	2.4	81.17	
007	17.26	65	80	BIAS0071/Гроп...	2300	1	NaN	NaN	NaN	105	95.46	5.38	90.38	

Рис. 3.20. Расчет уровней звука в электротехнической модели

По необходимости можно сформировать отчет по расчету акустики. Для этого следует выполнить команду **Обновить расчет** для пункта **Оповещение** в окне **Менеджер проекта**. В результате будет сформирован отчет по оповещению, который можно выгрузить в Word или Excel, выбрав соответствующие команды в контекстном меню.

Для визуализации распространения звука можно использовать карты уровня звука. Для этого необходимо обновить модель здания нажатием **Обновить модель** в разделе **Вид** и в контекстном меню помещения выбрать пункт **Сервис → Построить карту уровня звука**. Стоит отметить, что карта уровня звука может не отображаться, если УГО оповещателя слишком выходит за рамки помещения. В этом случае необходимо сдвинуть УГО оповещателя, обновить модель здания и построить карту уровня звука заново. Данную команду можно применять как для одного, так и для нескольких помещений одновременно.

Карта уровней звука при помощи градиентного окраса отображает уровень звука в конкретной точке помещения. Серый окрас какого-либо участка помещения означает, что на данном участке уровень звука ниже допустимого нормированного уровня.

Определить уровень звука в конкретной точке можно путем наведения курсора в необходимую точку с дальнейшим ожиданием появления всплывающей подсказки. Также можно построить легенду уровня звука. Для этого необходимо на контуре этажа нажать правой кнопкой мыши и в контекстном меню выбрать пункт **Сервис → Установить легенду уровней звука**.

Карты уровня звука дают возможность расчета единичного отражения звука от стен и прохождение звука в смежные помещения. Для этого необходимо установить вторичные источники звука, то есть места преломления и отражения звуковых волн (стены, двери). Для размещения вторичных источников звука в **Базе УГО** выберем **Вторичный источник звука** и установим его в месте пересечения краев звуковых зон оповещателей и стен, а также над дверьми. После установки вторичного источника звука необходимо задать его свойства и выбрать оповещатель, относящийся к данному вторичному источнику звука. По окончании расстановки источников звука следует обновить модель и заново построить карты уровней звука для помещений. На основании полученных расчетов также при необходимости нужно произвести корректировку оповещателей.

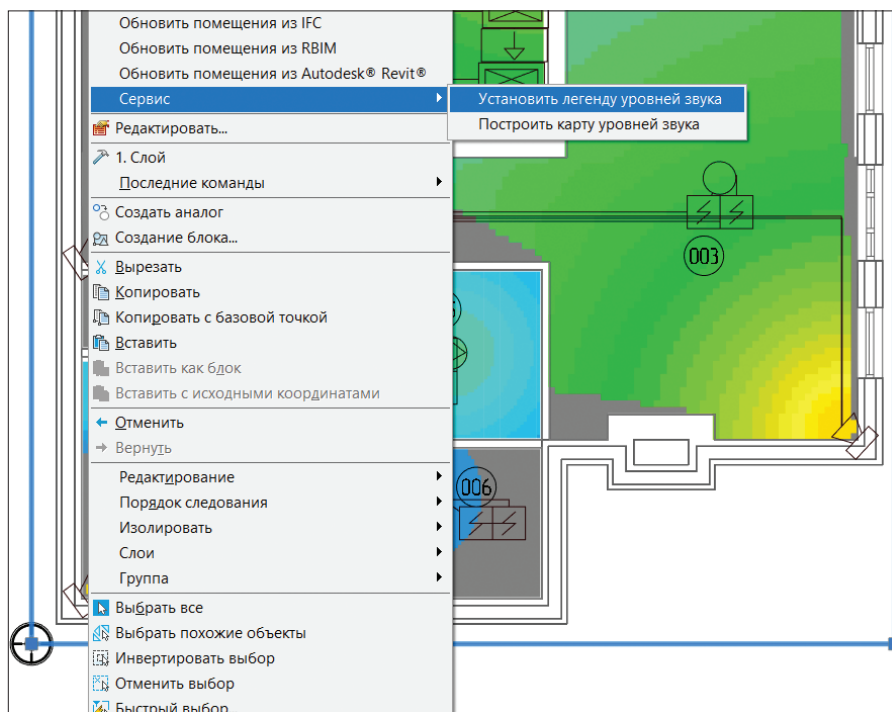


Рис. 3.21. Установка легенды уровней звука

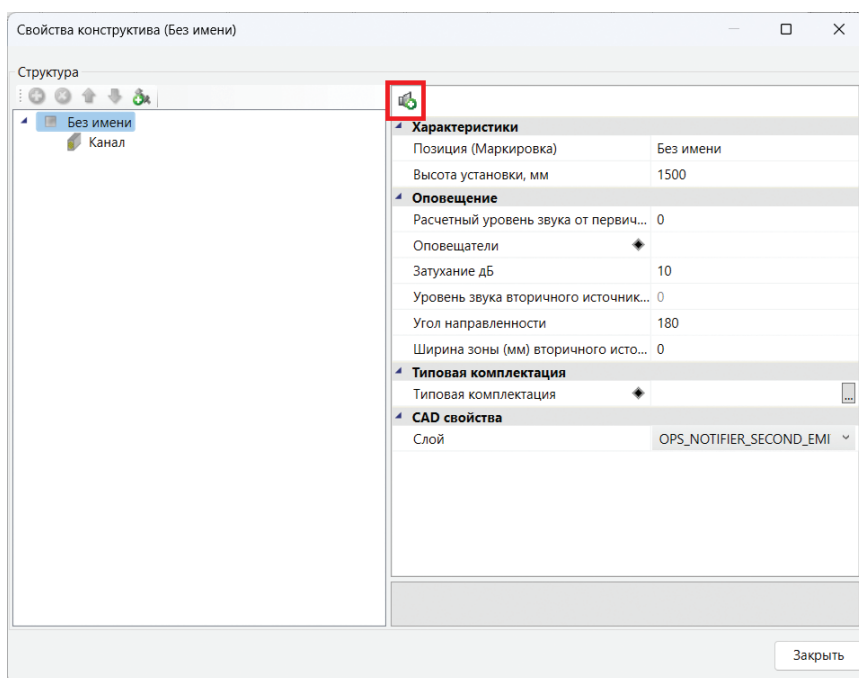


Рис. 3.22. Расположение кнопки выбора оповещателя в качестве первичного источника звука

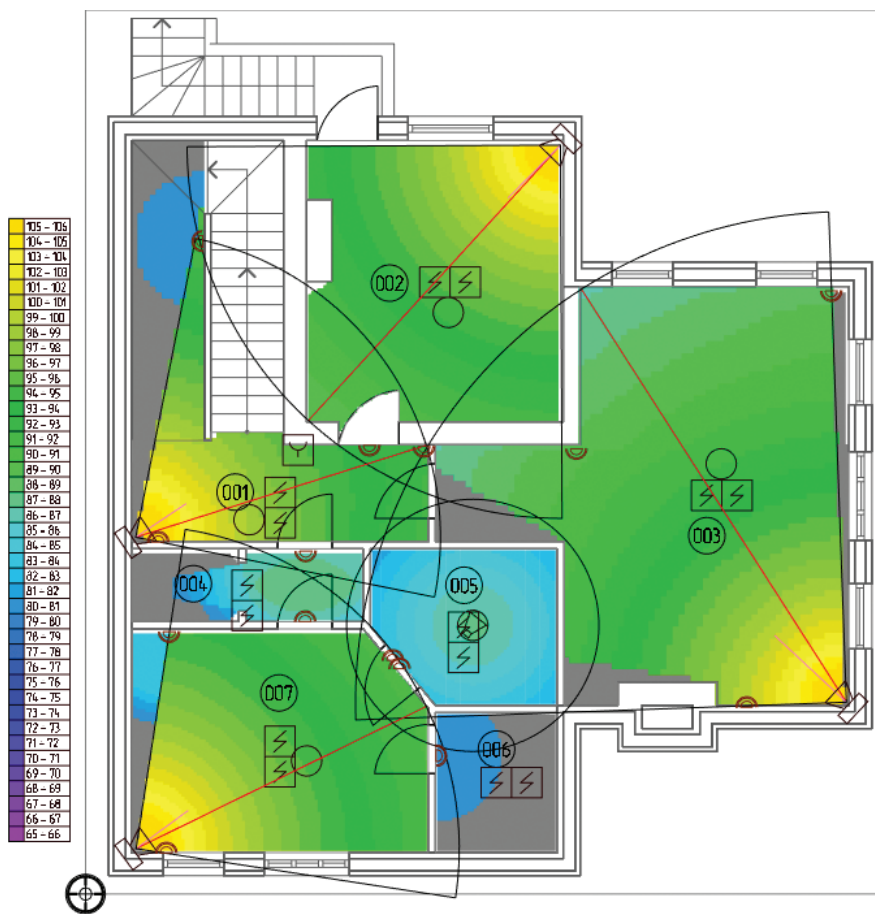


Рис. 3.23. Карта уровней звука вместе со вторичными источниками

По завершении установки оборудования необходимо произвести аналогичные операции для других этажей.

Установка резервных источников питания. САПР nanoCAD BIM ОПС имеет возможность проектирования электропитания оборудования с указанием необходимых для этого разъемов. Для этого следует из базы УГО выбрать резервный источник питания и разместить его на плане. В нашем случае разместим резервный источник питания в техническом помещении цокольного этажа. В свойствах размещаемого резервного источника питания нужно указать необходимые свойства источника, а именно номинальный выходной ток, рекомендуемую емкость, выходное напряжение и количество АКБ. Также в свойстве **Индивидуальный код** выберем значение **Да**, **многобуквенный код** укажем **UG**, а **Номер РИП** – **1**. По необходимости в свойствах указываются используемые АКБ и их тип подключения. Стоит отметить, что указанные электротехнические свойства будут использованы при проведении расчетов токов в **Менеджере проекта**. Требования к электропитанию и расчету АКБ приведены в п. 2.3.2.

Аналогичным образом размещаем на плане в техническом помещении контроллеры и пульт управления. В данном проекте будем использовать отдельные контроллеры для пожарных извещателей и пожарных оповещателей. Для контроллера пожарных оповещателей в свойстве **Индивидуальный код** выберем значение **Да**, **многобуквенный код** укажем **KPB**, а **Номер устройства** – **1**, для контроллера пожарных извещателей – **К** и **1**, а для пульта управления – **ARK** и **1** соответственно. Далее обновляем модель здания для обновления маркировки оборудования.

Подключение устройств. На следующем этапе необходимо произвести подключение всех установленных устройств в систему. При подключении оборудования используются разные типы подключений: неадресные и адресные шлейфы, интерфейсные линии, информационные каналы, IP-порты и линии питания. Далее необходимо подключить оборудование к контроллеру, АКБ и пульту управления. Перед этим для корректной работы модели здания необходимо обновить модель здания. После этого выберем контроллер и подключим к нему устройства, для чего нажмем кнопку **Подключение оборудования** в разделе **Соединение**, после чего появится окно **Мастер подключения оборудования**. В поле **Объекты** перечислены выбранные объекты. Так как был выбран только контроллер, то можно заметить в поле **Объекты** всего одно устройство с буквенным обозначением, соответствующим выбранному контроллеру.

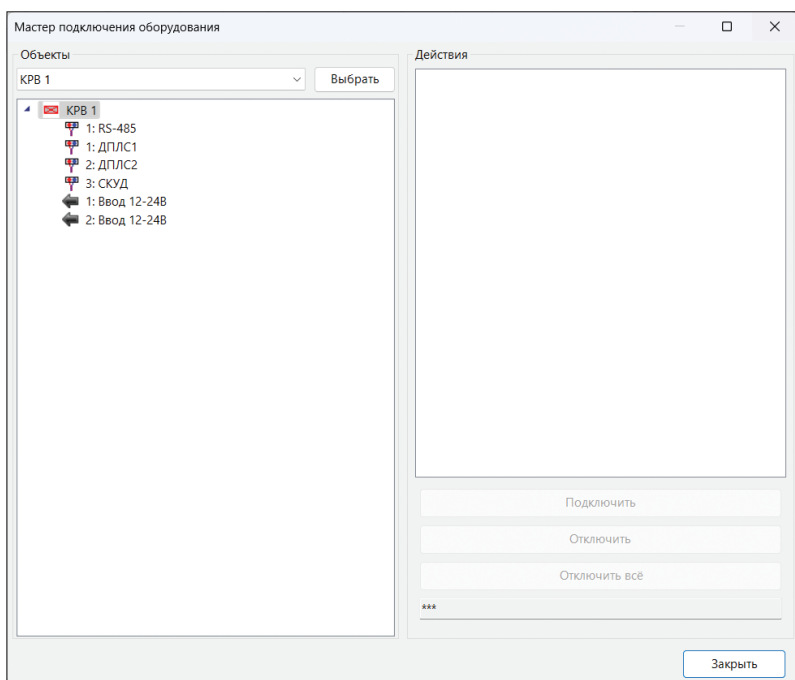


Рис. 3.24. Окно **Мастер подключения оборудования**

Выбираем шлейф **1:ДПЛС1** и нажимаем на кнопку **Подключить**, после чего представится возможность выбора оборудования. Необходимо выбрать все извещатели и устройства защиты от КЗ с плана цокольного этажа в порядке следования

в шлейфе. Стоит обратить особое внимание на то, что указывать устройства надо по одному в порядке следования их в шлейфе. Если в какой-то момент ввод оборудования прервался, то его можно продолжить, и следующие подключаемые извещатели будут добавляться в порядке подключения в конец шлейфа. Есть инструменты, позволяющие менять порядок следования извещателей в шлейфе. То есть после подключения извещателей и задания порядка их следования можно быстро сменить порядок или вставить извещатели в шлейф либо удалить их из него.

После выбора всех устройств необходимо нажать клавишу **Enter** для подтверждения выбора. Далее в появившемся окне **База данных оборудования** необходимо выбрать кабель, которым будет выполнено соединение оборудования. В данном случае выберем КПСнг(A)-FRLS 1х2х0,5. По окончании выбора оборудования и кабеля появится окно **Мастер подключения оборудования**, но уже с отображением подключаемого оборудования. Однако подключенное оборудование может быть непромаркированным. Такое оборудование будет иметь наименование вида **X.XBTMX.X**. Закроем окно подключения и вызовем команду обновления по кнопке **Обновить модель**. При наведении на любой из извещателей появится всплывающее окно, в котором извещатель будет промаркирован с учетом номера ППК, номера шлейфа и номера извещателя в шлейфе.

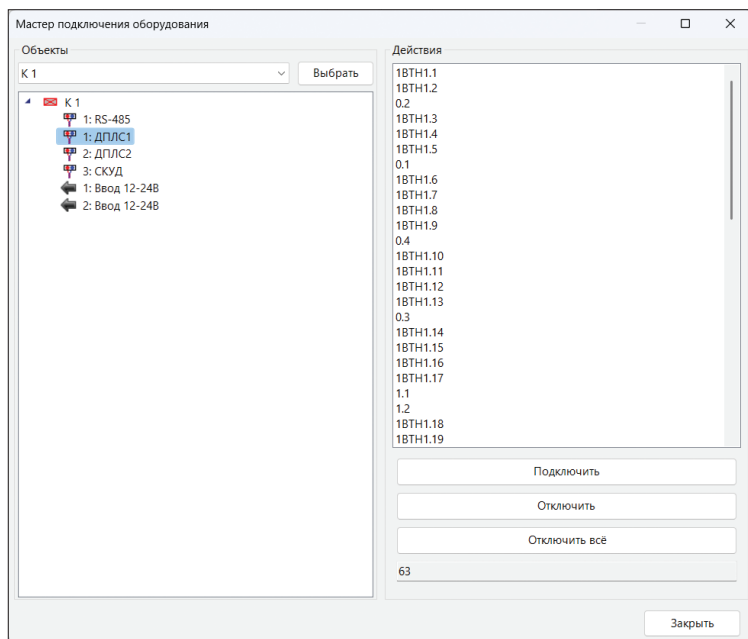


Рис. 3.25. Окно **Мастер подключения оборудования** после подключения устройств и обновления модели

Проведем аналогичную операцию для остальных этажей. При этом не нужно повторно выделять контроллер, так как мастер подключения оборудования запомнил последнее выбранное оборудование.

Аналогичным образом произведем подключение пожарных оповещателей к контроллеру КРВ 1. Для подключения оповещателей используем шлейф с па-

раметров назначения **Вывод**. В нашем случае будем использовать подключение **Выход 24В 2,5А**. В том случае, когда в окне команд появляется сообщение **Не удалось подключение с: Устройство не содержит подходящих подключений типа «Шлейф»**, необходимо в окне **База данных оборудования** выбрать используемый оповещатель, нажать кнопку **Добавить подключение**. В открывшемся окне выбираем необходимый нам тип подключения, используемый контроллером. После этого выбираем размещенные на плане оповещатели, открываем их свойства и при помощи команды **Привязка к БД** осуществляем обновление связи установленного оборудования и базы данных.

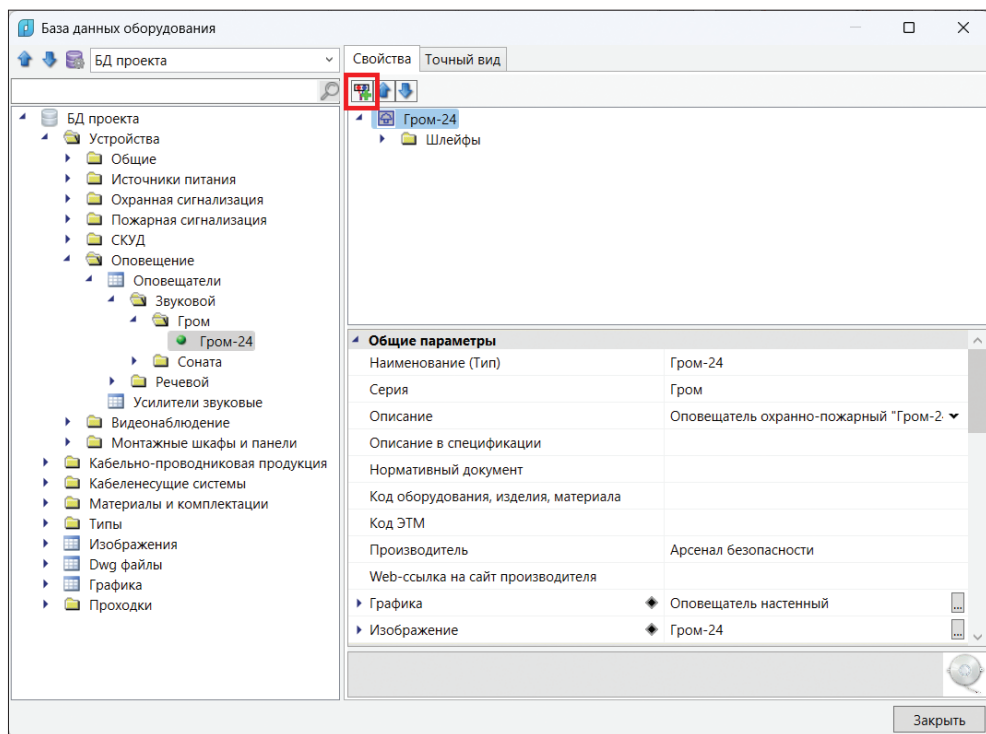


Рис. 3.26. Расположение кнопки **Добавить подключение**

Далее произведем подключение интерфейсных устройств. Для этого выберем установленный заранее пульт контроля и управления системой и вызовем мастер подключения оборудования. Выбираем шлейф **RS-485** и после нажатия на кнопку **Подключить** выбираем контроллер и источник питания. Аналогичным образом подключим устройства к источнику питания. Для этого выберем источник питания и при помощи мастера подключения оборудования к выходу **2:Выход 12В 2А** подключим контроллер и пульт контроля и управления системой.

После выбора устройств и подтверждения выбора нажатием клавиши **Enter** появится окно для выбора ввода у устройств, имеющих несколько вводов для подключения питания. После выбора вводов необходимо выбрать кабель для подключения питания.

Подключение оповещения к усилителям. В данном проекте осуществим подключение речевого оповещателя к усилителю. Для этого необходимо установить монтажный шкаф из базы УГО. В свойствах шкафа надо указать высоту установки 1500 мм, а для параметра **Автоматическая маркировка** установить значение **Нет**. В свойстве **Имя (Маркировка)** указать **ТК-1**. Далее необходимо в окне свойств монтажного шкафа нажать кнопку **Добавить новый элемент** и добавить в монтажный шкаф из БД усилитель, а также выбрать для него УГО.

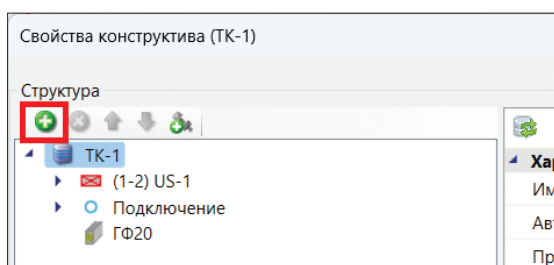


Рис. 3.27. Расположение кнопки **Добавить элемент**

Проверка проекта. Встроенный инструментарий САПР nanoCAD BIM ОПС позволяет проверить корректность разработанного проекта. Так, например, корректность подключения оборудования к шлейфам можно определить при помощи инструмента **Мастер проверок**. Для этого необходимо в разделе **Проверки** нажать на кнопку **Мастер проверок**. Далее нажимаем кнопку **Запуск**. В случае подключения всего оборудования к шлейфам около пункта **Подсоединение объектов** будет стоять зеленая галочка.

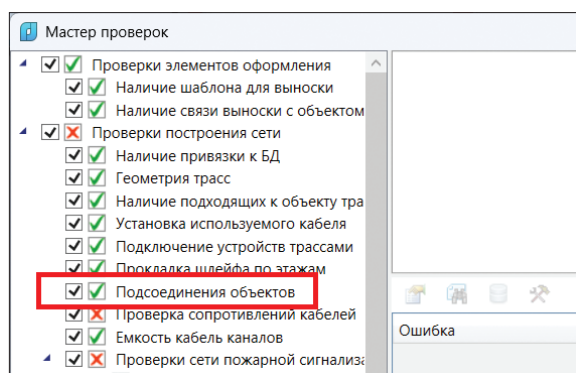


Рис. 3.28. Проверка корректности подсоединения объектов

Расчет кабеля. NanoCAD BIM ОПС позволяет в автоматическом режиме произвести подсчет используемого кабеля и прокладку трасс. Для этого необходима установка стоячков на планах этажей. Для создания стоячка следует вызвать базу УГО и установить на всех этажах элементы межэтажного перехода: **Трасса: на более высокую отметку** и **Трасса: с более низкой отметки**. При этом необходимо определить точку, в которой будет происходить подъем либо опуск кабеля, и учесть,

что точка подъема с нижнего этажа на верхний должна совпадать по координатам на обоих этажах. После установки вертикальных стояков на план необходимо элементам одного и того же вертикального стояка на разных этажах задать одно и то же имя в свойствах, что позволит автоматически соединить участки в модели.

Для точного определения совокупной длины кабеля следует в настройках в пункте **Свойства проекта** задать для **Режим ОКЛ** значение **Да**, а для **Метод расчета кабеля** – значение **Точный**.

Для прокладки трасс кабеля необходимо в разделе **Трассы** нажать на кнопку **Проложить**. В открывшемся окне **Настройки трассы** выберем гофротрубу из демонстрационной базы и зададим остальные свойства и параметры слоя для прокладки. В появившемся окне **Настройки трассы** выберем исполнение кабеленесущей системы (КНС) гофрированная труба путем совершения следующей цепочки действий: **Конфигурации трасс труб** → **Спецкаблайн-ГФ** → **ГФ20**. Не закрывая окно настройки трасс, проложим трассы между контроллером и извещателями. При наведении курсора к УГО устройства точка подключения будет подсвечиваться зеленым. При необходимости можем прерывать прокладку трасс для корректировки расстановки извещателей и изоляторов, а также для перехода на другой этаж. Также можно выделять фрагменты кабельной линии и, добавляя вершины, корректировать траекторию прокладывания кабельных трасс. Для добавления к проекту вертикальных опусков кабелей необходимо в разделе **Трассы** нажать на кнопку **Проложить канал в существующих трассах**. В появившемся окне следует выбрать кабельный канал и установить параметры. Далее курсором нужно выбрать извещатели, контроллеры и межэтажные переходы на планах этажей.

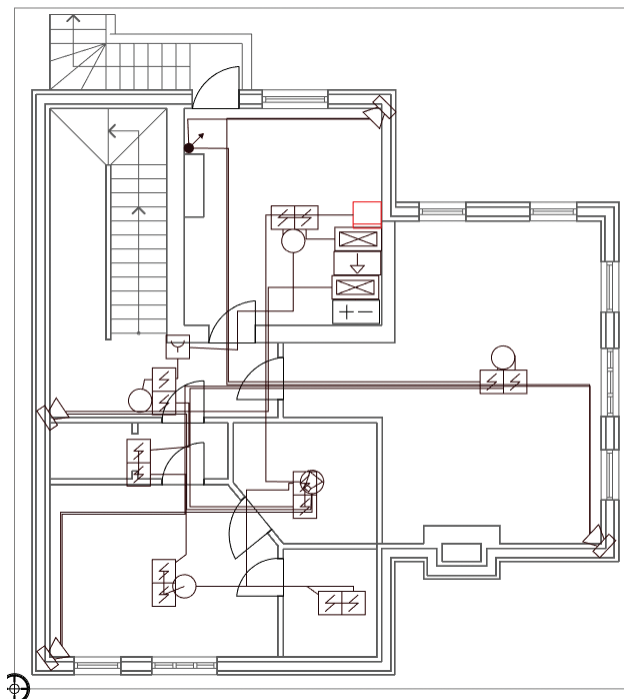


Рис. 3.29. Прокладывание кабельных трасс

По окончании работ необходимо обновить модель здания. После обновления модели программа уложит кабель в проложенные трассы. Для быстрого просмотра свойств трассы нужно навести курсор на трассу. Во всплывающей подсказке будут основные параметры трассы. Для доступа ко всем свойствам трассы нужно двойным нажатием по ней левой кнопкой мыши либо выбором одной трассы и в контекстном меню по нажатию правой кнопки мыши выбрать команду **Свойства (ОПС)**. В открывшемся окне будут отображены все свойства трассы. Также в этом окне происходят изменение свойств прокладки трассы и изменение для КНС привязки к записи в БД. При изменении привязки к БД можно отредактировать и параметры ОКЛ. Если все трассы и опуски к оборудованию заданы корректно и соответствуют заданному регламенту ОКЛ, то в мастере проверок раздел **Проверки ОКЛ** должен быть зеленым.

Расстановка выносок. Для расстановки выносок, используемых для подписи объектов, необходимо зайти в настройки нажатием кнопки **Настройки**. После выбора вкладки **Текст** для свойства **Текст выносок** нужно установить значение 1,5. Там же можно установить необходимый стиль текста. Выбрав вкладку **Свойства проекта** для свойства **Боковое смещение выноски**, необходимо установить значение 0 и закрыть настройки. Эти параметры позволяют управлять относительным смещением выноски относительно УГО элемента. В нашем случае выноски будут расположены под объектом. После установки их можно подкорректировать вручную.

Формирование выходной документации. Для формирования спецификации необходимо открыть окно **Менеджер проекта**, выбрать спецификацию и в ее свойствах и в параметре **Выделить ОКЛ в отдельный раздел** задать значение **Да**. При нажатии правой кнопки мыши на спецификации появится меню, где необходимо выбрать пункт обновления спецификации. После этого спецификация будет сформирована.

После проложенных в проекте трасс и при точном методе подсчета кабеля в спецификации будут учитываться кабели и кабеленесущие конструкции. Также будет сформирован отдельный раздел для ОКЛ с указанием типа ОКЛ, количества кабелей и с детальной расшифровкой по позициям всех материалов, входящих в ОКЛ. Если в свойствах спецификации в параметре **Выделить ОКЛ в отдельный раздел** поставить значение **Нет** и обновить спецификацию, то отдельного раздела для ОКЛ не будет, и все материалы будут приведены в общей спецификации.

Для формирования пояснений к используемому УГО необходимо в менеджере проектов выбрать дерево **Условные обозначения**, вызвать контекстное меню и нажать **Обновить документ условных обозначений**, после чего появится таблица условных обозначений для используемых планов. Выбором пункта контекстного меню **Разместить на плане** можно перенести таблицу УГО на план.

Для создания прочей выходной документации необходимо проведение аналогичных операций с остальными пунктами **Менеджера проекта**.

3.3. Проектирование системы безопасности объекта

3.3.1. Общие положения

Как и в случае СПЗ, проектирование системы охранной сигнализации осуществляется на основании ряда нормативной документации, регламентирующей требования к безопасности объектов, техническим средствам охраны. К основным нормативным документам можно отнести следующие.

1. ГОСТ Р 50776–95 (МЭК 60839-1-4:1989) «Системы тревожной сигнализации. Общие требования. Руководство по проектированию, монтажу и техническому обслуживанию». Документ устанавливает общие принципы построения систем, требования к их структуре, надежности, категориям риска и порядку разработки проектных решений.
2. ГОСТ 31817.1.1–2012 (IEC 60839-1-1:1998) «Системы тревожной сигнализации. Общие требования». Определяет общие требования к разработке, монтажу, испытаниям и эксплуатации систем охранной и охранно-пожарной сигнализации, включая требования к функциональности и надежности систем.
3. ГОСТ Р 58403–2019 «Системы беспроводные объектовые охранной сигнализации. Классификация. Общие положения». Регламентирует классификацию, терминологию и состав беспроводных систем охранной сигнализации, а также устанавливает общие требования к их функциональным элементам.
4. ГОСТ Р 71934–2025 «Системы тревожной сигнализации. Системы оповещения при угрозе террористического акта». Стандарт, вводящий требования к интеграции охранной сигнализации с системами оповещения и реагирования на угрозы, включая методы испытаний и оценки эффективности.

Стоит учесть, что согласно нормативным требованиям подключение охранной сигнализации недопустимо к одному контроллеру с двухпроводной линии связи (КДЛ) системы противопожарной защиты.

3.3.2. Состав системы охранной сигнализации и системы контроля и управления доступом

Система охранной сигнализации представляет собой совокупность технических средств, программного обеспечения и инженерных решений, обеспечивающих обнаружение несанкционированного проникновения на охраняемый объект, обработку полученной информации и формирование сигналов тревоги.

Состав системы определяется на этапе проектирования с учетом функционального назначения объекта, категории его защищенности, архитектурно-планировочных особенностей, а также результатов анализа угроз и рисков.

В общем случае система охранной сигнализации включает следующие основные элементы: извещатели (датчики), приемно-контрольные приборы (ПКП), линии связи, устройства оповещения и индикации, системы передачи извещений, источники электропитания и программное обеспечение.

Известатели (датчики) предназначены для обнаружения признаков проникновения или попыток несанкционированного доступа. В зависимости от принципа действия и условий применения выделяют следующие типы датчиков:

- ◆ объемные (инфракрасные, ультразвуковые, микроволновые);
- ◆ поверхностные (вибрационные, акустические);
- ◆ магнитоконтактные;
- ◆ комбинированные известатели.

Приемно-контрольные приборы обеспечивают прием сигналов от известателей, их обработку, анализ и формирование сигналов тревоги. ПКП выполняют функции контроля состояния шлейфов сигнализации, управления режимами охраны, а также взаимодействия с другими системами безопасности.

Линии связи (шлейфы сигнализации и каналы передачи данных) предназначены для передачи сигналов от известателей к приемно-контрольным приборам и далее (к устройствам оповещения или пунктам централизованного наблюдения). Могут быть проводными или беспроводными, с различными протоколами передачи данных и уровнями защиты от помех и несанкционированного доступа.

Устройства оповещения и индикации обеспечивают информирование пользователей и персонала охраны о состоянии системы и возникновении тревожных событий. Включают звуковые и световые оповещатели, панели индикации, а также интерфейсы пользовательского взаимодействия.

Системы передачи известий (СПИ) обеспечивают передачу сигналов тревоги на удаленные пункты централизованного наблюдения, в том числе по каналам связи общего пользования (GSM, IP-сети и др.). СПИ должны обеспечивать надежную и защищенную передачу информации.

Источники электропитания включают основные и резервные источники питания, обеспечивающие бесперебойную работу системы при отключении внешнего электроснабжения. Требования к резервированию определяются нормативной документацией и категорией объекта.

Состав и структура системы охранной сигнализации могут варьироваться в зависимости от масштаба и сложности объекта, а также требований к интеграции с другими инженерными системами (системами видеонаблюдения, контроля и управления доступом, пожарной сигнализации и др.).

При проектировании необходимо обеспечивать функциональную целостность системы, согласованность работы всех ее компонентов и возможность дальнейшего расширения и модернизации.

Систему охранной сигнализации условно делят на следующие 3 категории: 1-й рубеж (периметр), 2-й рубеж (помещение) и 3-й рубеж (объект). Само по себе понятие «рубеж охраны» означает совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения нарушителя на определенном участке объекта. Многоуровневая система охраны обеспечивает последовательное обнаружение нарушителя при попытке проникновения. Основными задачами рубежей охраны являются раннее обнаружение угрозы, локализация места проникновения, повышение надежности защиты объекта, сокращение вероятности обхода системы.

Первый рубеж охраны предназначен для обнаружения нарушителя на внешней границе объекта. К средствам первого рубежа относятся радиолучевые, радиоволновые, активные и пассивные ИК-датчики. Первый рубеж позволяет обнаружить попытку проникновения еще до входа нарушителя в здание.

Второй рубеж охраны предназначен для контроля внутренних помещений и проходов. Реализация объемного рубежа может быть осуществлена при помощи инфракрасных датчиков движения, ультразвуковых датчиков. Второй рубеж обеспечивает контроль внутреннего пространства объекта.

Третий рубеж охраны предназначен для защиты отдельных помещений или материальных ценностей. В рамках рубежа осуществляется контроль сейфов, серверных помещений, архивов, кассовых зон, комнат хранения оружия и документов при помощи магнитоконтактных датчиков, вибрационных извещателей, емкостных датчиков и датчиков вскрытия.

Системы безопасности зданий могут строиться по принципу интеграций нескольких систем. Так, например, для эффективной охраны объекта возможна интеграция системы охранной сигнализации с системой контроля и управления доступом (СКУД). Такое объединение позволяет автоматически блокировать двери при тревоге, централизованно управлять безопасностью объекта и т. д.

СКУД может быть применена для ограничения доступа на объект, идентификации пользователей, управления точками прохода, учета рабочего времени, регистрации событий прохода, обеспечения санкционированного доступа сотрудников и посетителей на охраняемую территорию и т. д. Основными элементами системы контроля и управления доступом являются контроллер доступа, идентификаторы (электронные ключи, PIN-коды, RFID-метки и т. д.), считыватели (контактные, бесконтактные, биометрические и т. д.) и исполнительные устройства (электромагнитные замки, турникеты, автоматические двери и т. д.).

Система контроля и управления доступом имеет следующий принцип работы. Пользователь предъявляет идентификатор. Считыватель передает данные контроллеру. Контроллер проверяет права доступа. При положительном результате открывается доступ к охраняемому объекту. Информация о произошедшем событии записывается в журнал.

К нормативно-правовым актам, регламентирующим СКУД, относятся *ГОСТ Р 51241–2008 «Национальный стандарт Российской Федерации. Средства и системы контроля и управления доступом. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний»* и *ГОСТ Р 54831–2011 «Национальный стандарт Российской Федерации. Системы контроля и управления доступом. Устройства преграждающие управляемые. Общие технические требования. Методы испытаний»*.

3.3.3. Проектирование системы охранной сигнализации и системы контроля и управления доступом

Проектирование системы охранной сигнализации и видеонаблюдения производится по аналогии с проектированием системы противопожарной защиты. Разберем проектирование ОС на примере одноэтажного дома. Для охраняемого объекта первый рубеж представлен звуковыми извещателями в каждом

помещении здания, имеющем окна. Второй рубеж будет представлен оптико-электронным пассивным объемным извещателем, устанавливаемым у двери кабинета. Третий рубеж будет реализован путем установления магнитоконтактного извещателя у сейфа в кабинете.

На первоначальном этапе необходимо создать проект и определить его топологию. При помощи встроенного инструментария следует определить этажи и помещения охраняемого здания. Подробное описание данного процесса дано в п. 3.2.4.

Расстановка охранных извещателей в САПР nanoCAD BIM ОПС производится вручную. После обозначения топологии здания приступим к формированию первого рубежа охраны. На данном этапе рассматривается установка охранных извещателей в каждом помещении, имеющем окна. Изначально зададим следующие свойства помещений: **Наличие фальшпотолка** → **Да**; **Высота фальшпотолка** → **550**. В окне **Настройки** группы **Проект** выберем **Свойства проекта**. В группе **Извещатели охранные** у пункта **Звуковой извещатель** укажем многобуквенный код **BGT**.

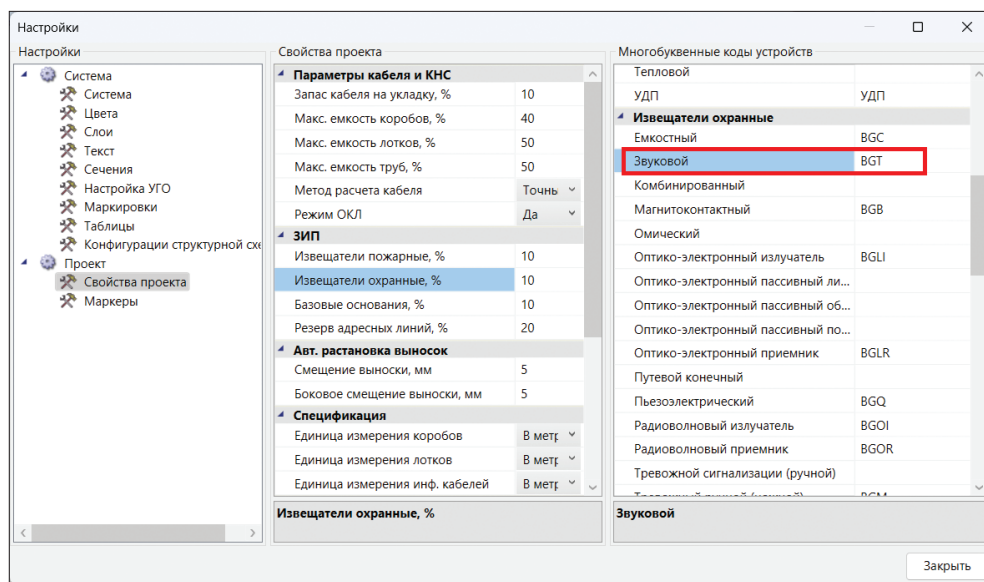


Рис. 3.30. Указание многобуквенного кода звуковых извещателей

Далее в **Базе УГО** в категории **Охранная сигнализация** во вкладке **Извещатели звуковые** выберем УГО звукового извещателя. Разместим звуковые извещатели в требуемых местах, при необходимости разворачивая их в нужную сторону. После установки извещателей выберем из списка баз данных необходимое оборудование. В свойствах извещателей нужно указать следующее: **Индивидуальный код** → **Да**; **Многобуквенный код** → **BGT**; **Высота установки** → **2450** (3000 мм – высота помещения, 550 – высота фальшпотолка; извещатели устанавливаем на высоте фальшпотолка от пола). На этом первый рубеж охраны готов.

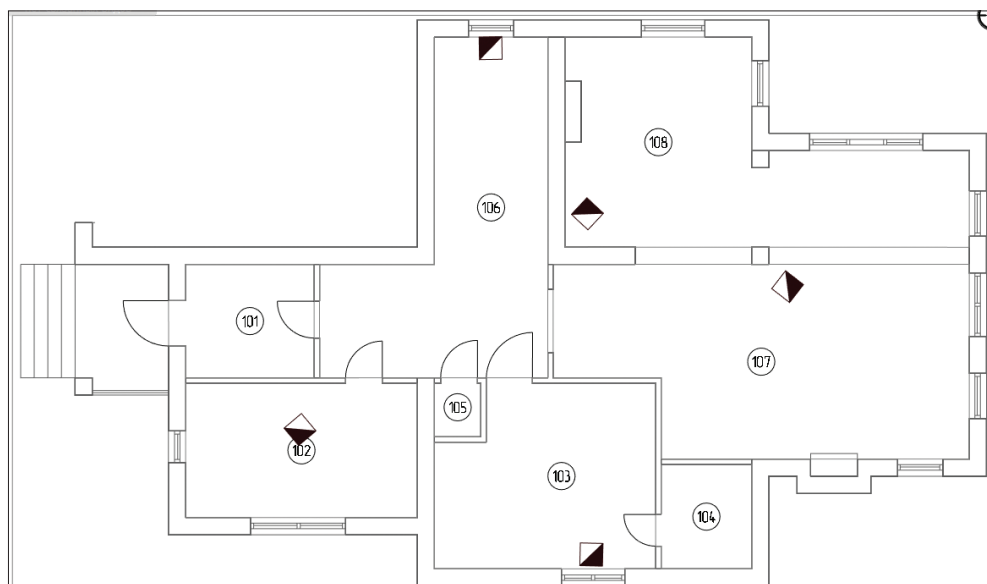


Рис. 3.31. Расстановка звуковых охранных извещателей

Для второго рубежа охраны установим оптико-электронный пассивный объемный извещатель у двери кабинета. Установка данного извещателя осуществляется аналогично с другими объектами. В свойствах извещателя укажем следующее: **Индивидуальный код** → Да; **Многобуквенный код** → BGOV. Высоту установки для данного извещателя указываем также равной высоте фальшпотолка. На этом второй рубеж охраны готов.

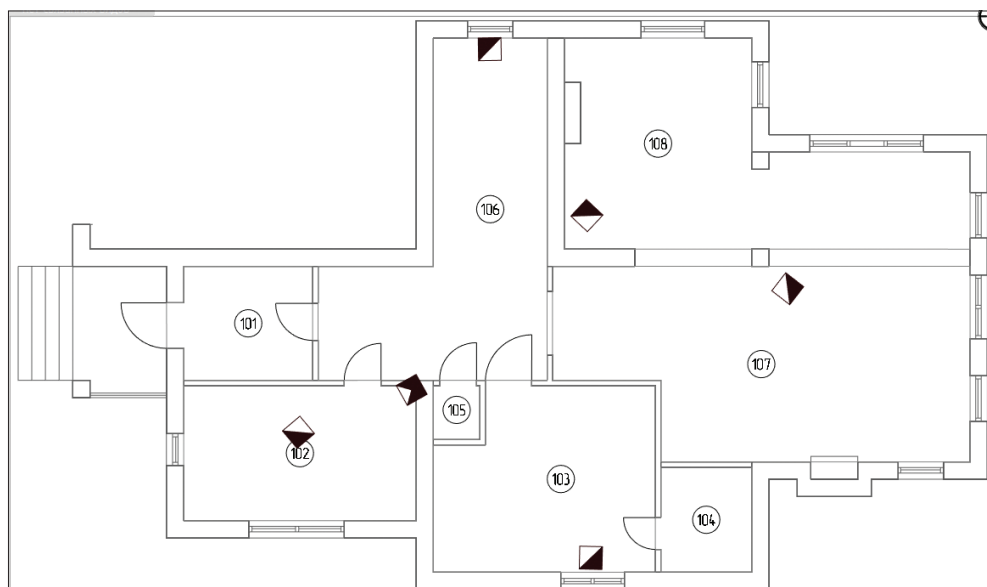


Рис. 3.32. Первый и второй рубежи охраны

Для организации третьего рубежа охраны установим магнитоконтактный извещатель у сейфа в кабинете. Для этого при помощи инструмента **Прямоугольник** обозначим предположительное место размещения сейфа. Извещатель размещаем аналогично с предыдущими устройствами. Для магнитоконтактного извещателя задаем следующие свойства: **Индивидуальный код** → Да; **Многобуквенный код** → BGV; **Высота установки** → 1500 (предположительная высота двери сейфа).

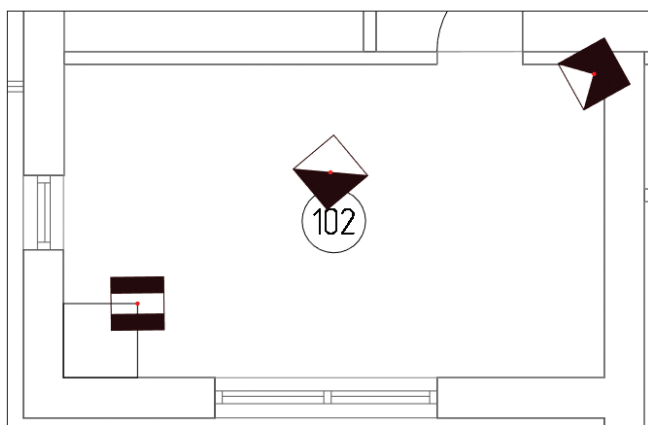


Рис. 3.33. Реализация трех рубежей охраны

После установки оборудования на трех рубежах охраны по аналогии с п. 3.2.4 устанавливаем контроллер, для которого задаем следующие свойства: **Индивидуальный код** → Да; **Многобуквенный код** → ARK; **Номер устройства** → 1; **Расчет тока потребления** → По мин. нагрузке. Установим три контроллера. Один – для первого рубежа охраны. Второй – для второго рубежа охраны и системы контроля и управления доступом. Третий – для третьего рубежа охраны.

Далее для обеспечения контроля и управления доступом установим элементы системы в кабинете. Для этого разместим на плане кабинета два считывателя и магнитный замок. Считыватель выполняет функцию идентификации и разрешения доступа людям. Магнитный замок в данном случае является исполнительным устройством СКУД, выполняющим роль ограничителя доступа к помещению. Для их размещения на плане необходимо выбрать соответствующее оборудование в базе УГО.

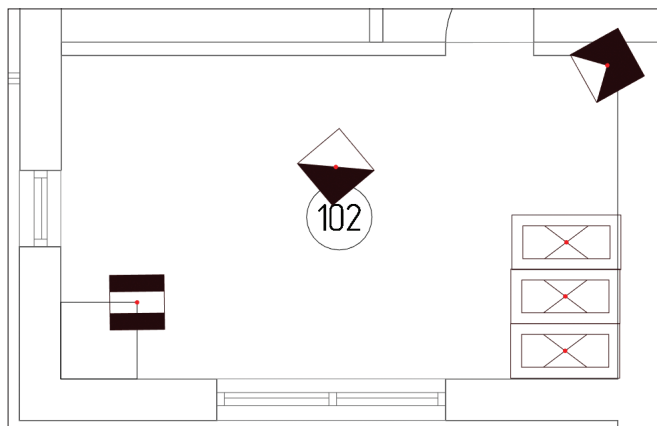


Рис. 3.34. Кабинет с элементами трех рубежей охраны и контроллерами

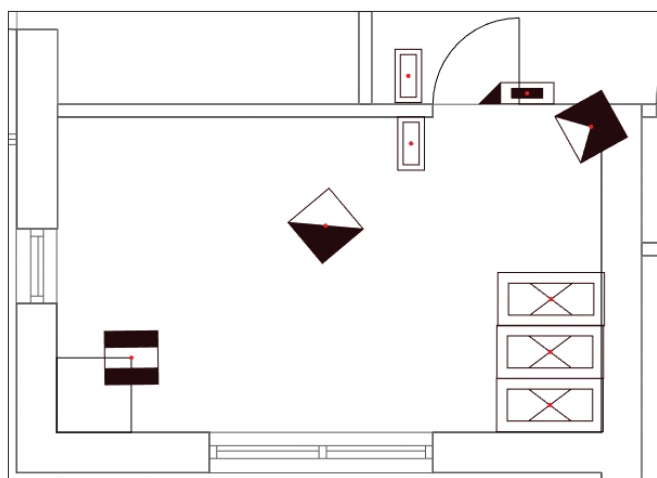


Рис. 3.35. Рубежи охраны с элементами СКУД и контроллерами

Далее при помощи инструментов **Подключение оборудования** и **Прокладка трассы** осуществим прокладку кабельных трасс и подключение оборудования согласно рубежам охраны. Более подробно процесс прокладки кабельных трасс и подключения оборудования рассмотрен в п. 3.2.4. Также по аналогии с п. 3.2.4 осуществляем установку АКБ, охранных оповещателей и их подключение. Для подключения охранного оповещателя необходимо установить контроль-пусковой блок и подключить к нему звуковой оповещатель, предварительно выбрав свойство **Тип системы** → **Охранный**.

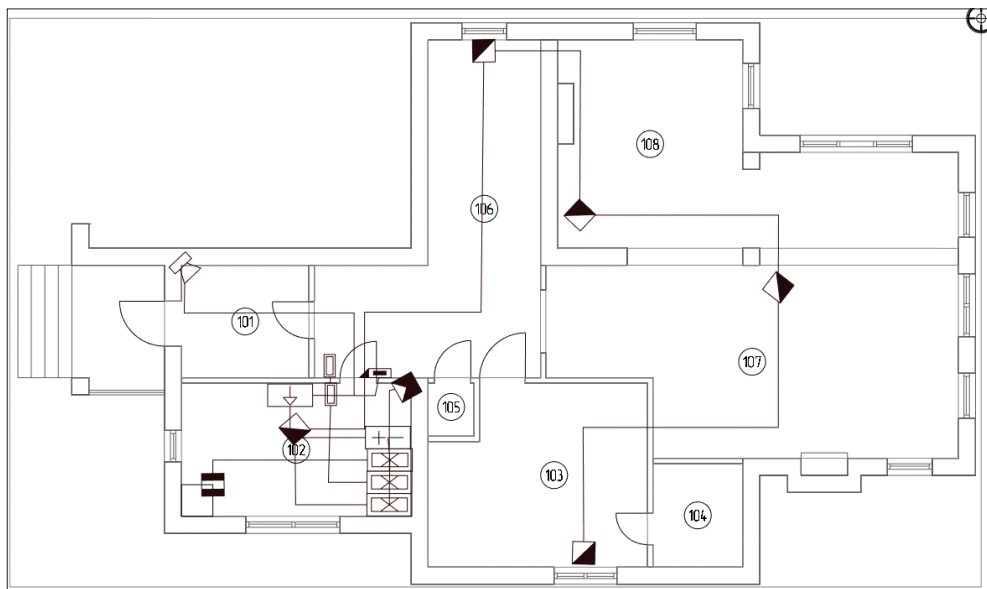


Рис. 3.36. Системы охранной сигнализации и контроля и управления доступом

3.4. Проектирование системы видеонаблюдения

3.4.1. Общие сведения

Система видеонаблюдения является важным элементом обеспечения безопасности объектов различного назначения: промышленных предприятий, административных зданий, торговых центров, образовательных учреждений и частных территорий. Грамотно спроектированная система позволяет осуществлять визуальный контроль, предотвращать противоправные действия, фиксировать события и обеспечивать сохранность имущества.

При проектировании системы видеонаблюдения необходимо определить цели ее применения. К основным задачам относятся контроль территории и помещений, идентификация лиц и транспортных средств, фиксация событий и хранение архива, предотвращение несанкционированного доступа, обеспечение удаленного мониторинга и интеграция с другими системами безопасности. От поставленных задач зависят выбор оборудования, количество камер, схема размещения и параметры системы.

Проектирование системы видеонаблюдения включает в себя следующие этапы.

1. Обследование объекта. На данном этапе проводится анализ объекта. Происходит изучение планировки здания или территории, определение зон контроля, выявление возможных угроз, оценка условий освещения и определение мест установки оборудования. Результатом обследования является техническое задание на проектирование.
2. Разработка технического задания. Техническое задание должно содержать назначение системы, требования к качеству изображения, глубину архива

хранения данных, режим работы системы, требования к электропитанию и резервированию и требования к удаленному доступу.

3. Выбор оборудования. При выборе оборудования учитываются тип камер, разрешение видеосигнала, угол обзора, условия эксплуатации, тип передачи данных и объем системы хранения.

Основными компонентами системы видеонаблюдения являются видеокамеры, видеорегистратор, система хранения данных и кабельная инфраструктура. Видеокамеры являются основным элементом системы. В зависимости от конструкции и назначения применяются купольные камеры, цилиндрические камеры, поворотные PTZ-камеры, внутренние и наружные камеры, а также IP-камеры и аналоговые камеры. Основными характеристиками камер являются разрешение, светочувствительность, фокусное расстояние, угол обзора, наличие инфракрасной подсветки и степень защиты корпуса. Видеорегистратор предназначен для записи видеоданных, хранения архива, просмотра изображения и удаленного доступа. Используются два основных типа: DVR – для аналоговых систем и NVR – для IP-систем. Система хранения используется для хранения видеоматериала. Объем архива определяется количеством камер, разрешением записи, частотой кадров и сроком хранения. Для хранения данных применяются жесткие диски, RAID-массивы и сетевые хранилища. Кабельная инфраструктура включает в себя кабели, используемые для подключения оборудования (витая пара, коаксиальный кабель, оптоволоконные линии). При проектировании необходимо учитывать длину линий связи, электромагнитные помехи и требования пожарной безопасности.

При размещении камер необходимо соблюдать следующие принципы: отсутствие «слепых зон», контроль входов и выходов, перекрытие критически важных участков, защита камер от повреждений, обеспечение необходимого уровня освещенности. Высота установки камер обычно составляет от 2,5 до 5 м в зависимости от назначения.

При проектировании выполняются расчеты углов обзора, дальности идентификации, определение пропускной способности сети, расчет объема архива и мощности источников питания. Правильный расчет обеспечивает стабильную работу системы и необходимое качество видеоконтроля.

Система видеонаблюдения должна обеспечивать бесперебойную работу и электробезопасность. Для этого применяются источники бесперебойного питания, резервные линии электропитания, защита от перенапряжений и грозозащита.

Для осуществления информационной безопасности системы видеонаблюдения необходимо использовать сложные пароли в случае кодировки сигнала, ограничивать доступ прочих пользователей, применять шифрование данных, регулярно обновлять программное обеспечение и выполнять резервное копирование конфигурации.

Проектирование системы видеонаблюдения представляет собой комплексную инженерную задачу, требующую учета особенностей объекта, требований безопасности и технических характеристик оборудования. Качественно разработанный проект обеспечивает надежную работу системы, эффективность видеоконтроля и возможность дальнейшего расширения комплекса безопасности.

3.4.2. Проектирование системы видеонаблюдения

Система видеонаблюдения может применяться как самостоятельная система, так и в качестве дополнительных элементов прочих систем охранной и пожарной безопасности для выявления потенциальных угроз в труднодоступных местах. В качестве примера создадим при помощи САПР nanoCAD BIM ОПС систему видеонаблюдения, функционирующую как самостоятельная система. Объектом защиты в данном случае будет являться одноэтажный жилой дом.

На первоначальном этапе создадим проект и определим топологию здания, как это было сделано в предыдущих пунктах. Отличием топологии проекта системы видеонаблюдения является необходимость создания помещения на улице для размещения камеры на входе в дом. В свойстве помещений **Алгоритм принятия решений о пожаре** необходимо указать значение **Не устанавливать**. После этого в настройках проекта в разделе **Свойства проекта** отключим свойство **Режим ОКЛ**, так как наша система видеонаблюдения работает как самостоятельная система и требования к огнестойкости кабельных линий не являются жесткими.

Для размещения самих видеокамер на плане необходимо в базе УГО найти соответствующее оборудование и расставить УГО на планах, как это делалось в предыдущих проектах. Для каждой видеокамеры следует задать ориентировочное направление. В нашем проекте видеокамер будет три: одна уличная на входе в дом, две внутренние камеры в холле и кабинете. Также установим следующие свойства видеокамер: **Индивидуальный код** → Да; **Многобуквенный код** → 1VK для камер в доме и 2VK для уличной камеры.

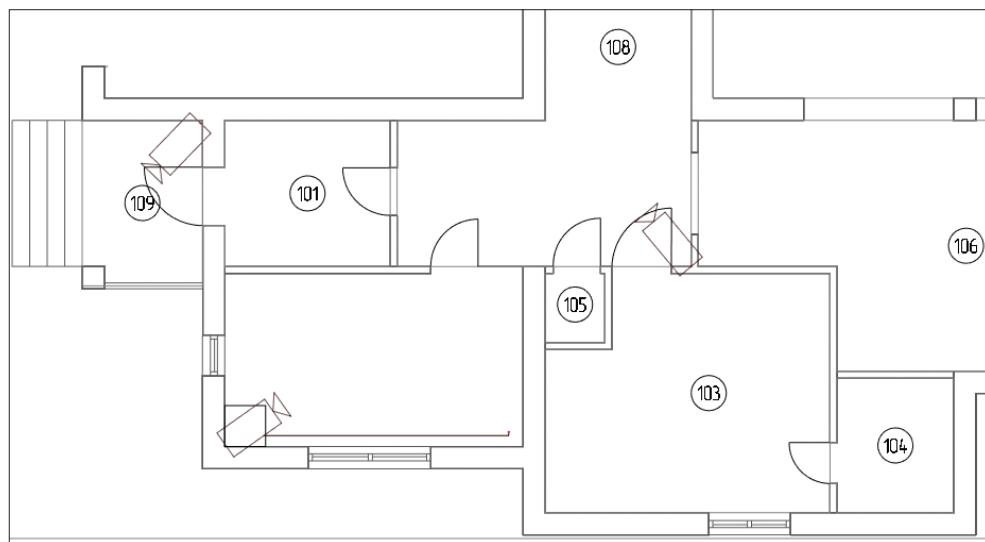


Рис. 3.37. Расстановка видеокамер

Для настройки поля зрения видеокамер необходимо указание угла наклона, фокусного расстояния и прочих параметров видеокамер. Для этого необхо-

можно выбрать настраиваемую видеокамеру, вызвать контекстное меню и выбрать пункт **Сервис** → **Видеонаблюдение**. В появившемся окне следует по очереди выбрать видеокамеры, включить в их свойствах зоны видеонаблюдения и задать направление видеокамер. При необходимости можно изменять другие параметры.

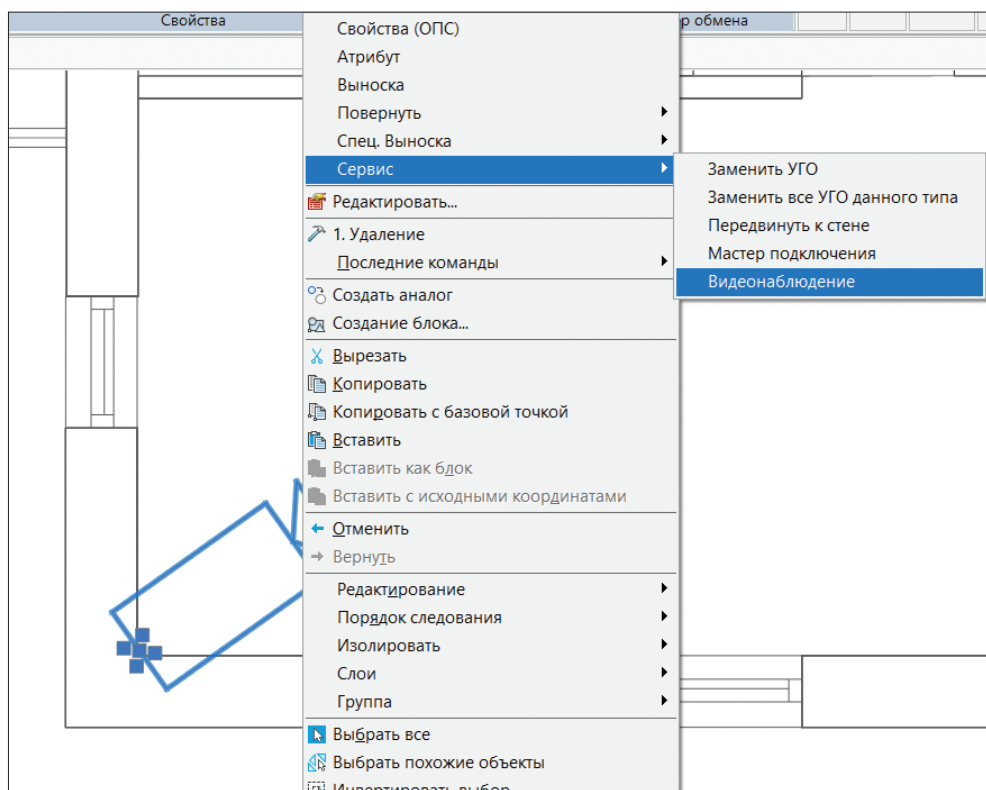


Рис. 3.38. Вызов пункта меню **Видеонаблюдение**

Для оценки покрытия зоны видимости видеокамеры можно воспользоваться 3D-видом здания. Для этого необходимо включить 3D-вид, нажав соответствующую кнопку на вкладке **Вид** главного меню пункта ленты ОПС. Перемещая вид, можно рассмотреть проектируемый объект с разных ракурсов. Изменяя значения свойств видеокамеры, подберем оптимальные параметры. При необходимости можно вернуться в 2D-вид нажатием той же самой кнопки перемены вида. В этом случае объекты снова будут заменены на УГО.

В том случае, когда зоны видимости видеокамер мешают просмотру плана здания и других объектов, можно в свойствах слоя задать определенное значение прозрачности зоны видимости. С увеличением значения прозрачности увеличивается видимость объектов, находящихся под зоной видимости видеокамер.

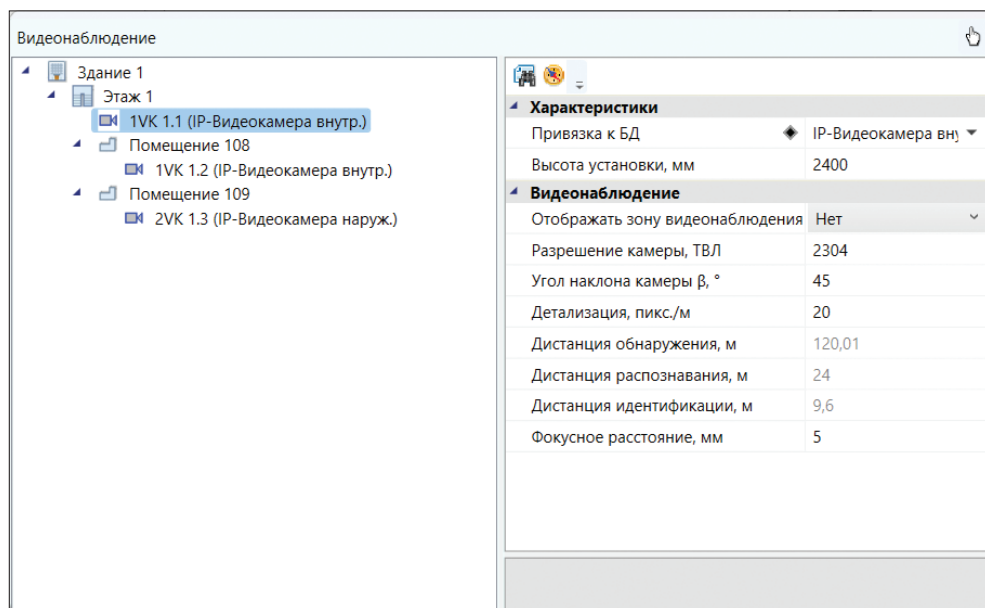


Рис. 3.39. Окно настройки параметров камер видеонаблюдения

В том случае, когда в зону видимости видеокамер попадают колонны, мебель и прочие объекты, можно создать на плане такие препятствия при помощи кнопки **Создать объект затенения** в разделе **Модель**. Предварительно необходимо на плане этажа изобразить объект затенения, который впоследствии нужно будет выбрать после нажатия указанной кнопки. В результате на плане будет отражена слепая зона, получаемая в ходе перекрытия зоны видимости камеры объектом затенения. Если после установления объекта затенения необходимая для контроля территория оказывается в слепой зоне, то можно попробовать изменить положение камеры, переместив или повернув ее, а также изменить угол наклона, высоту и другие параметры камеры.

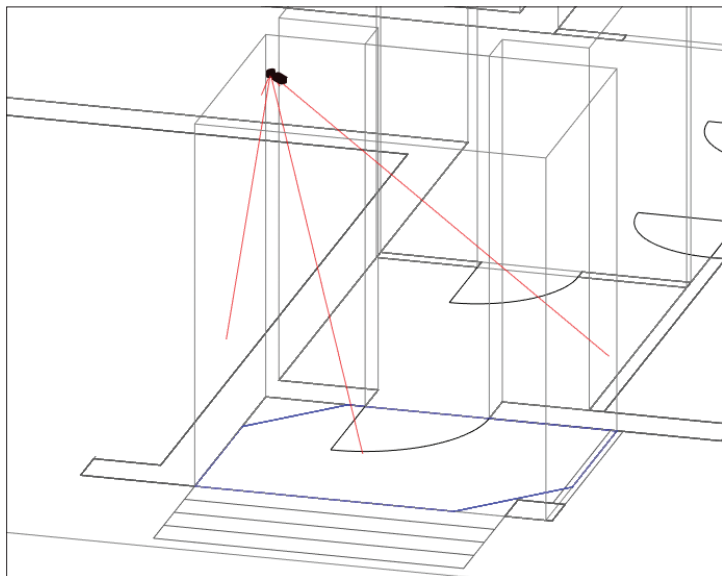


Рис. 3.40. Пример вида зоны видимости видеокамеры



Рис. 3.41. План здания с обозначенными зонами видимости видеокамер

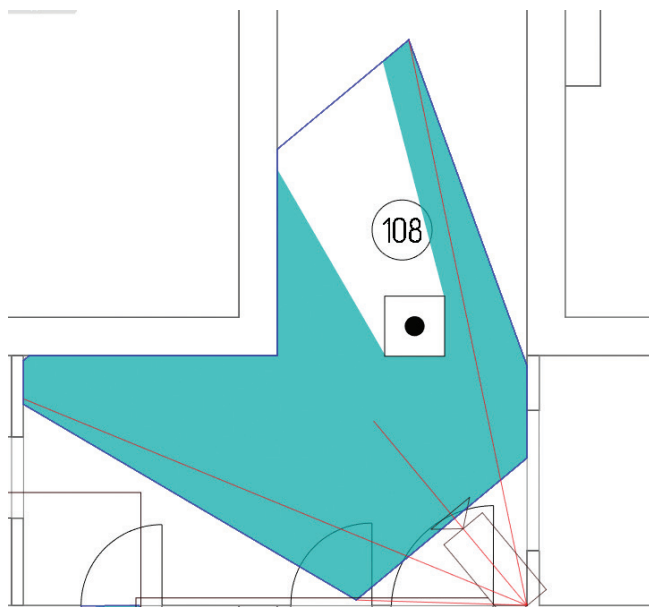


Рис. 3.42. Зона видимости видеокамеры с объектом затенения

Для записи видео с камер и их хранения необходима установка коммутационного оборудования и видеорегистратора. Для этого разместим на плане монтажный шкаф из **Базы УГО**. Далее в окне **Видеонаблюдение** отключим зоны видеонаблюдения. В свойствах монтажного шкафа укажем следующие свойства: **Высота установки** → **1600**; **Автоматическая маркировка** → **Нет**; **Имя (маркировка)** → **SHV1**. В окне **Свойства конструктива** необходимо выделить монтажный шкаф **SHV1**, при помощи кнопки **Добавить новый элемент** добавить в монтажный шкаф IP-коммутатор и установить его свойства, после чего IP-коммутатор отобразится в структуре шкафа. Для IP-коммутатора зададим следующие свойства: **Система противопожарной защиты** → **Нет**. Далее обновляем модель здания, чтобы все изменения вступили в силу. Аналогичным образом устанавливаем в монтажный шкаф видеорегистратор и источник бесперебойного питания. Также отдельно от шкафа разместим монитор, выбрав его в **Базе УГО**.

В соответствии со структурой системы видеонаблюдения подключим устройства. Для этого используем **Мастер подключений**. Более подробно процесс подключения описан в п. 3.2.4. К коммутатору К1 подключаем видеокамеры. В каждый разъем PoE подключаем по одной видеокамере. Коммутатор подключаем к видеорегистратору при помощи Ethernet. Монитор и видеорегистратор подключаются разъемом HDMI. К ИБП подключаются видеорегистратор, коммутатор и монитор.

После подключения оборудования прокладываем кабельные трассы так, как мы это делали в предыдущих пунктах. По окончании прокладки трасс необходимо обновить модель здания. Для подсчета применяемого кабеля можно использовать кабельный журнал и спецификацию. Кабельный журнал даст более

детальное описание по количеству используемого кабеля и местам его подключения. Спецификация покажет общее количество продукции и его необходимые объемы. Для их формирования необходимо зайти в **Менеджер проекта**, найти соответствующий документ, вызвать контекстное меню и выбрать пункт **Обновить** документ (кабельный журнал, спецификацию и т. д.).

Для автоматической расстановки выносок следует в настройках проекта задать параметры текста в пункте **Текст**. Далее в группе **Оформление** нажимаем кнопку **Автоматическая расстановка выносок**. В появившемся диалоговом окне выбираем **Оборудование: Обозначение**. Для трасс автоматические выноски в САПР nanoCAD не предусмотрены. Поэтому расстановка выносок для кабельных трасс производится вручную при помощи функции **Специальная выноска**.

ГЛАВА 4

Теоретические и практические основы проектирования слаботочных систем

4.1. Нормативно-правовое регулирование при проектировании слаботочных систем

Слаботочные системы представляют собой комплекс технических решений и инженерных устройств, предназначенных для передачи, обработки и хранения информационных сигналов, а также для обеспечения контроля и управления различными процессами на объекте. К слаботочным системам (СЛС) относят виды систем, которые функционируют на низких уровнях напряжения и тока, не представляя потенциальной опасности для человека при эксплуатации. В отличие от силовых электрических сетей, основной задачей слаботочных систем является передача информации, а не электрической энергии в больших объемах, что определяет их состав, структуру и принципы проектирования [67–69].

Основополагающими документами для проектирования технических систем, в том числе сетей связи (СС), являются:

- ◆ Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» – устанавливает минимальные требования ко всем инженерным системам объектов капитального строительства [7];
- ◆ Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» – определяет требования к системам обеспечения пожарной безопасности, с которыми тесно интегрированы системы контроля и управления доступом и системы оповещения [12];
- ◆ Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» [6] – устанавливает требования к содержанию пояснительной и графической частей сетей связи. Требования к оформлению рабочей и проектной документации дополнительно устанавливаются ГОСТ Р 21.101–2026 «Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации» [23].

К числу основных функций слаботочных систем относятся сбор, обработка и передача информации, при этом указанные функции могут реализовываться как одновременно, так и последовательно. Сбор информации в слаботочных системах осуществляется в автоматическом режиме (посредством датчиков либо в ходе информационного обмена с другими системами) или в принудительном режиме (с использованием устройств ввода информации).

Технологическая эволюция слаботочных систем ведет к постоянному усложнению их структуры и расширению функциональных возможностей. Классические задачи передачи аудио- и видеосигналов, обмена данными и мониторинга уступают место интеграции с интеллектуальными системами управления, автоматизации процессов, а также с интернетом вещей (IoT). Данное обстоятельство меняет требования к архитектуре сетей, поскольку возрастают требования к пропускной способности, надежности, кибербезопасности и совместимости оборудования различных производителей. Применение новых стандартов и протоколов связи становится одним из ключевых факторов успешного внедрения современных слаботочных систем [67–68].

Ключевым фактором в развитии слаботочных систем является их способность к масштабированию и интеграции. Системы строятся на основе модульного принципа, что позволяет постепенно наращивать функционал без полного демонтажа или переустройства существующей инфраструктуры. Унификация стандартов и оборудования обеспечивает совместимость различных компонентов, а также снижает затраты на модернизацию и расширение системы.

Слаботочная система включает устройства СЛС, кабельную систему и систему электропитания СЛС. Устройства СЛС совместно с кабельной системой образуют функциональное ядро слаботочной системы, а система электропитания обеспечивает подачу электроэнергии на все составные элементы СЛС [67].

Устройства слаботочных систем подразделяются на основные и вспомогательные. Основные устройства непосредственно реализуют целевые функции системы, а вспомогательные устройства включают конструктивные (выполнение несущих и направляющих функций, например подвесы), обеспечивающие (выполнение слаботочной системой ее основных функций, например источник питания) и защитные (обеспечивают стабильность условий функционирования системы, например устройства грозозащиты) элементы.

Анализ требований и выбор оборудования представляют собой фундаментальный этап проектирования слаботочных систем, определяющий дальнейшую архитектуру, функциональность и экономическую эффективность решения. На данном этапе особое внимание уделяется формализации исходных требований заказчика, анализу функциональных сценариев эксплуатации, оценке объема и структуры информационных потоков, а также специфике среды применения. Важно учитывать не только текущие задачи, но и перспективы развития объекта, что требует закладывать в проект возможность масштабирования и модернизации системы без существенных затрат.

Особое внимание уделяется интеграции проектируемых слаботочных систем с существующей или планируемой инженерной инфраструктурой объ-

екта, что требует анализа топологии размещения, выбора оптимальных схем подключения, трассировки кабельных линий и размещения активного и пассивного оборудования. Важно обеспечить минимальные потери сигнала, защиту от электромагнитных наводок и возможность централизованного управления.

На этапе выбора оборудования проводится сравнение различных технических решений по ряду критериев: соответствие требованиям, перспективы развития, наличие сертификации и соответствие отраслевым стандартам. Для сложных проектов разрабатываются детализированные спецификации, включающие перечень оборудования, требования к его функциональности и интерфейсам, а также сценарии интеграции с внешними системами. При необходимости проводится моделирование взаимодействия компонентов и тестирование прототипов.

Устойчивое функционирование проектируемых сетей связи, в том числе в чрезвычайных ситуациях, может обеспечиваться следующими принятыми мероприятиями [67–69]:

- ◆ обеспечение избыточной пропускной способности сети;
- ◆ повышение разветвленности сети, возможность организации обходных и резервных путей;
- ◆ регулярное проведение регламентных и профилактических работ в процессе эксплуатации.

Классификация слаботочных систем включает в себя системы видеонаблюдения, средства связи, компьютерные сети, системы радиовещания и оповещения, а также автоматизированные системы управления доступом, противопожарной безопасности и охраны. Для реализации указанных функций применяются специализированные кабельные системы, структурированные кабельные сети, оборудование активной и пассивной коммутации. Обобщенная классификация слаботочных систем представлена на рис. 4.1.1.

Важным аспектом проектирования слаботочных систем является учет специфики среды их применения. Например, в объектах городского озеленения слаботочные сети прокладываются как подземным, так и наземным способом, что требует выбора соответствующих материалов, способов защиты кабеля и методов монтажа. На промышленных предприятиях проектирование предусматривает устойчивость к электромагнитным помехам, возможность резервирования каналов передачи данных и интеграцию с существующими системами контроля и управления. В общественных зданиях акцент делается на универсальность и масштабируемость, что позволяет в дальнейшем легко расширять функционал и объединять новые виды оборудования.



Рис. 4.1.1. Классификация слаботочных систем

Классификация составляющих слаботочных систем, включая кабельные системы и системы энергообеспечения, представлена на рис. 4.1.2.

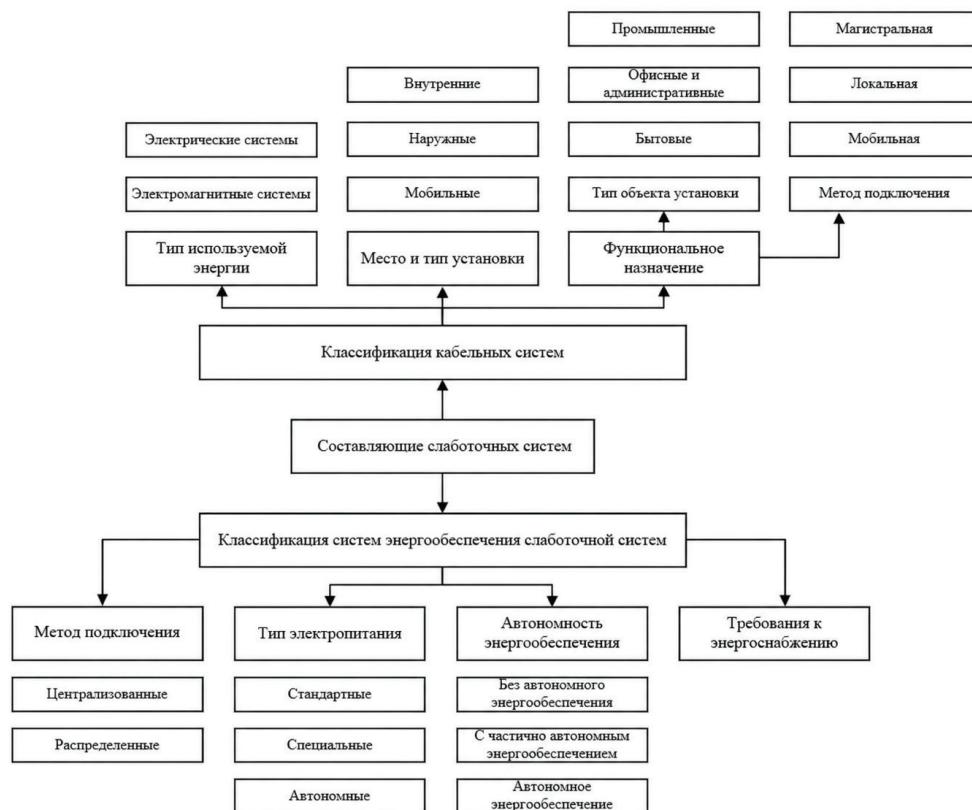


Рис. 4.1.2. Классификация составляющих слаботочных систем

Одним из нормативных правовых документов, касающихся требований к проектированию сетей связи, является СП 519.1325800.2023 «Сети связи. Правила

проектирования» (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 17 марта 2023 г. № 200/пр) [70]. При проектировании раздела сетей связи необходимый состав проектной документации в текстовой части представлен на рис. 4.1.3.

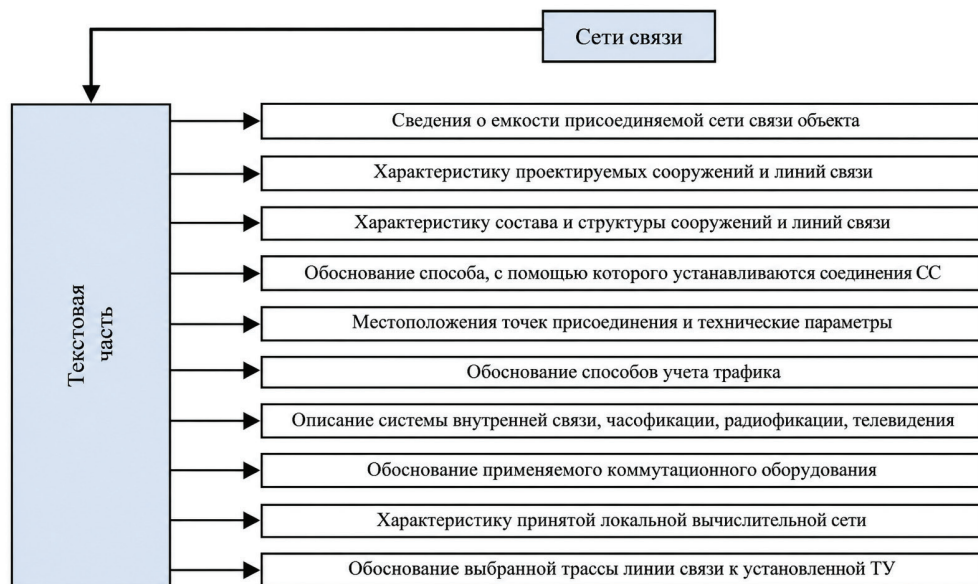


Рис. 4.1.3. Состав проектной документации для раздела сетей связи

При размещении средств связи помещения должны соответствовать требованиям микроклимата, электробезопасности, согласно ГОСТ 30331.1–2013 «Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения» [71], пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения. Ввод кабелей предпочтительнее прокладывать в подвальном или цокольном этаже, а при невозможности – через воздушный ввод.

Нагрузки на перекрытия рассчитываются с учетом веса оборудования, кабелей, фальшполов, подвесных систем и коэффициентов надежности по СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [72]. При этом дополнительно допускается размещение оборудования в уличных контейнерах или шкафах при обеспечении условий эксплуатации.

При проектировании кабельных линий и кабельной канализации необходимо учитывать условия прокладки и эксплуатации. Кабельные линии подразделяются на подземные (в грунте, канализации, коллекторах), подвесные и внутренние. Трассы вне населенных пунктов прокладывают вдоль дорог и продуктопроводов, а в населенных – с учетом требований по СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [73].

Трассы подземных кабельных сооружений обозначают замерными столбиками, пассивными маркерами, сигнальными лентами или детекционными проводами. Пассивные маркеры устанавливают через 100 м, на муфтах, поворотах или пересечениях.

Выбор трассы обосновывается экономической целесообразностью, минимизацией пересечений, удобством обслуживания, защитой от коррозии и электромагнитных воздействий. При этом глубина прокладки для магистральных волоконно-оптических кабелей (ВОК) 1,2 м, для местных ВОК – 0,8 м, для кабелей с металлическими жилами – 0,8–0,9 м. Подвеска кабелей на опорах допускается в стесненных условиях, горной местности, при переходах через овраги и реки. Вертикальное расстояние до земли или дороги – не менее 5,5 м, а в труднодоступной местности допускается до 2,5 м [73].

При проектировании трасс кабельной канализации минимальная емкость должна быть не менее 4 труб (для наружных сетей) и 2 труб (для внутриплощадочных). В одном канале допускается прокладка нескольких кабелей при условии, что их суммарное сечение не превышает 0,6 площади канала [73].

При организации пересечений кабельных трасс с автомобильными и железными дорогами, проезжими частями улиц, а также трамвайными путями необходимо предусматривать прокладку кабельных линий в защитных трубах в соответствии с требованиями СП 227.1326000.2014 «Пересечения железнодорожных линий с линиями транспорта и инженерными сетями» [74]. Пересечения кабельных линий связи и линий проводного вещания с контактными сетями наземного электротранспорта необходимо проектировать в соответствии с СП 519.1325800.2023 «Сети связи. Правила проектирования» [70].

Фрагмент структурной схемы структурированных кабельных систем (СКС) представлен на рис. 4.1.4.

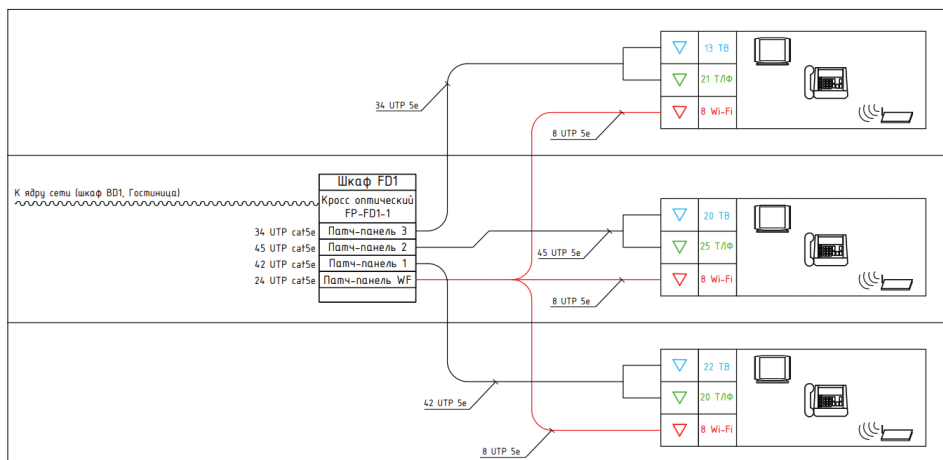


Рис. 4.1.4. Фрагмент структурной схемы СКС

В базовую комплектацию всех телекоммуникационных шкафов могут входить щеточные вводы в крыше и в основании, ножки, замки на дверях и боковых стенках. Дополнительно может быть предусмотрена следующая комплектация телекоммуникационных шкафов [67–69]:

- ◆ крепежный набор для монтажа стоечного оборудования на направляющих шкафа;
- ◆ горизонтальный организатор;

- ◆ блок распределения питания;
- ◆ шина заземления;
- ◆ набор проводов заземления для заземления оборудования в шкафах.

Перечень необходимых исходных данных для проектирования сетей связи представлен на рис. 4.1.5.

Разработка схем и планов размещения слаботочных систем является ключевым этапом проектирования, определяющим не только функциональность, но и эффективность будущей эксплуатации инженерной инфраструктуры. На этом этапе формируется графическая и текстовая документация, которая должна обеспечить однозначность реализации проектных решений, соответствие нормативным требованиям и интеграцию системы с другими инженерными сетями объекта. Особое внимание уделяется отражению топологии кабельных трасс, расположения активного и пассивного оборудования, а также взаимодействия различных подсистем в единой структуре.

Важным аспектом является соблюдение стандартов оформления проектной документации. Схемы и планы выполняются в виде чертежей, диаграмм и спецификаций, которые отображают не только функциональные связи, но и точное геометрическое положение элементов на объекте.

Для каждой подсистемы разрабатываются не только принципиальные схемы, но и монтажные планы, которые отражают специфику трассировки кабелей, способы прокладки (в лотках, коробах, под подвесными потолками), а также способы защиты от механических повреждений и воздействия внешних факторов. Важно предусмотреть возможность модернизации и расширения системы без необходимости полного демонтажа существующих линий, что достигается использованием резервных каналов и универсальных кабельных трасс.



Рис. 4.1.5. Исходные данные для проектирования сетей связи

Завершающим этапом разработки схем и планов размещения является согласование проектных решений со всеми заинтересованными сторонами – заказчиком, эксплуатационными службами, подрядчиками и контролирующими органами. На этом этапе вносятся необходимые коррективы, устраняются выявленные противоречия и уточняются детали, влияющие на стоимость, сроки и порядок реализации проекта. Итоговая документация становится основой для проведения монтажных работ, испытаний и ввода системы в эксплуатацию.

Нормы и правила проектирования и последующего содержания систем пожарной сигнализации (ПС) и автоматизации систем противопожарной защиты для зданий, сооружений, оборудования и наружных установок различного назначения устанавливаются СП 484.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования» [75]. Данный документ устанавливает следующие правила выбора типов пожарных извещателей:

- ◆ тепловые – при преобладании тепловыделения на начальной стадии пожара, не рекомендуются при наличии ложных перепадов температур или тлеющих нагрузок;
- ◆ дымовые – при предполагаемом выделении дыма (точечные, линейные, аспирационные, комбинации);
- ◆ газовые – при интенсивном выделении газообразных продуктов.

СП 484.1311500.2020 устанавливает следующие алгоритмы принятия решения о пожаре [75]:

- ◆ алгоритм А – срабатывание одного пожарного извещателя (ИП) без перезапроса. Применяется для зон контроля пожарной сигнализации (ЗКПС), не формирующих сигналы управления СОУЭ 4–5 типов и автоматических установок пожаротушения (АУПТ);
- ◆ алгоритм В – срабатывание автоматического ИП и повторное срабатывание того же или другого ИП в той же ЗКПС в течение ≤ 60 с после автоматического перезапроса, также не для СОУЭ 4–5 типов и АУПТ;
- ◆ алгоритм С – срабатывание одного автоматического ИП и затем другого автоматического ИП (той же или другой ЗКПС) в этом помещении. При адресных ИП допускается формирование «Пожар» по одному ИП при наличии сигнала «Неисправность» от других. Для безадресных ИП при неисправности одной линии из нескольких взаимозависимых линий одной ЗКПС. Алгоритм С обязателен для управления АУПТ и СОУЭ 4–5 типов.

На рис. 4.1.6 представлены системы, в которые система пожарной сигнализации должна производить выдачу инициирующих сигналов управления.

Минимальное количество ИП для алгоритмов А и В либо 2 безадресных (каждая точка контролируется двумя ИП), либо 1 адресный (каждая точка – одним ИП), а для алгоритма С не менее 2 автоматических ИП (каждая точка – двумя ИП). Чувствительный элемент точечного ИП должен устанавливаться на расстоянии 25–600 мм от перекрытия (для дымовых) и 25–150 мм (для тепловых) [75].

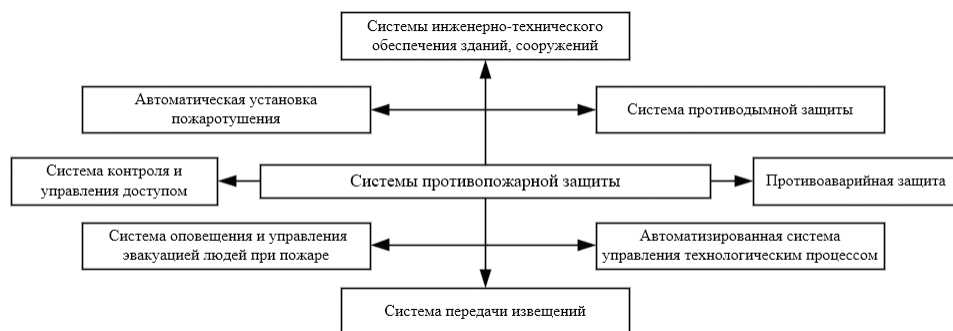


Рис. 4.1.6. Сигналы управления от СПС

Радиусы зон контроля для тепловых ИП составляют до 3,5 м высоты – 3,55 м, до 6 м – 3,20 м, до 9 м – 2,85 м, а для дымовых до 3,5 м – 6,40 м, до 6 м – 6,05 м, до 10 м – 5,70 м, до 12 м – 5,35 м. Аспирационные ИП рекомендуются для высоких и больших помещений. Ручные ИП рекомендуется устанавливать на путях эвакуации, у выходов, в вестибюлях, холлах на высоте $1,5 \pm 0,1$ м с расстоянием между собой в зданиях ≤ 45 м [75].

Нормы на производство и приемку работ по монтажу и наладке систем автоматизации, выполняющих функции контроля, регулирования и автоматизированного управления технологическими процессами и инженерным оборудованием при строительстве и модернизации предприятий всех отраслей, включая агропромышленный и жилищно-коммунальный комплексы, установлены в СП 77.13330.2016 «Системы автоматизации» [76]. Структурная схема пожарной сигнализации представлена на рис. 4.1.7.

Пункт 6.7 СП 77.13330.2016 устанавливает специальные требования к прокладке телекоммуникационных кабелей (локальных сетей). Для прокладки телекоммуникационных кабелей должны применяться заземленные металлические опорные конструкции [76].

Минимальное расстояние до силовых кабелей и шинопроводов до 1000 при открытой прокладке на полках или лотках должно быть не менее 0,7 м, при прокладке обоих типов кабелей в металлических трубах – 0,3 м, а при прокладке в заземленных коробах с эффективностью экранирования ≥ 85 % поверхности короба – 0,6 м. Расстояние до кабелей и шинопроводов напряжением 6 или 10 кВ должно быть не менее 1,5 м [76].

Информационные кабели с «витой парой» должны подключаться к рабочим защитным проводникам, входящим в состав специальной функциональной системы уравнивания потенциалов. Данная система должна обеспечивать разность потенциалов на шинах заземления в смежных узлах локальной сети не более 1 В при всех режимах электроснабжения для уравнивания потенциалов между производственными и иными зонами, объединенными локальной сетью (узлы: процессоры, маршрутизаторы, контроллеры и т. д.). Если разность потенциалов невозможно снизить до 1 В (например, при прокладке между отдельно стоящими зданиями), следует применять волоконно-оптическую линию связи вместо кабелей с витой парой.

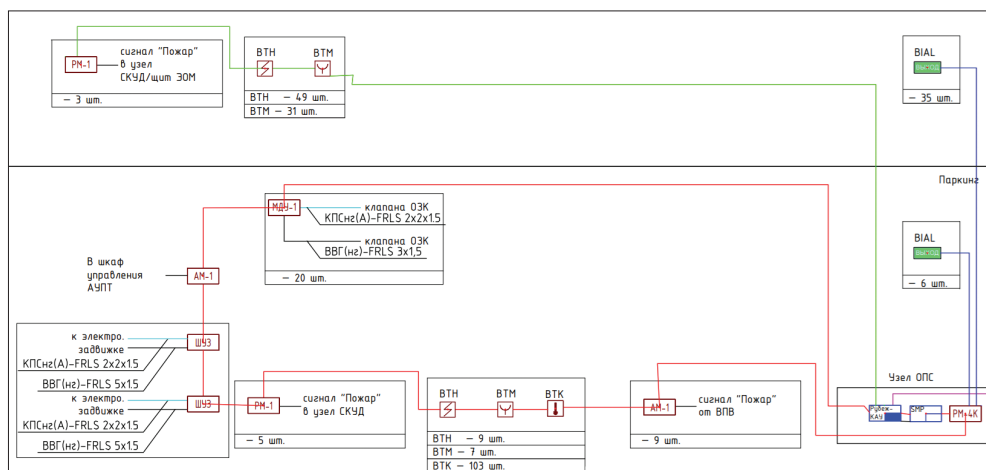


Рис. 4.1.7. Структурная схема ПС

СП 134.13330.2022 «Системы электросвязи зданий и сооружений. Основные положения проектирования» устанавливает минимально необходимые требования к проектированию систем электросвязи инженерно-технического обеспечения для вновь строящихся, реконструируемых и капитально ремонтируемых объектов [77]. Проектируемые объекты (многоквартирные жилые дома, общественные, административные здания) должны оснащаться системами электросвязи, обеспечивающими безопасность и оповещение населения, доступность для маломобильных групп (МГН) и качественную эксплуатацию.

СП 134.13330.2022 содержит общие требования к проектированию систем (сетей) электросвязи, требования к техническим помещениям для оборудования систем электросвязи и особенности проектирования в многоквартирных жилых зданиях. Данный документ также устанавливает функциональные требования при проектировании систем охранной сигнализации, досмотра, контроля и управления доступом, диспетчеризации, домофонной связи [77].

Обеспечение безопасности и надежности слаботочных систем занимает центральное место на всех этапах проектирования, поскольку от этого зависят защита информации, бесперебойность функционирования инфраструктуры и жизнедеятельность объекта в целом. Безопасность в данном контексте охватывает как физическую защиту оборудования и каналов передачи данных, так и информационную безопасность, связанную с предотвращением несанкционированного доступа, утечки, подмены и разрушения информации. Надежность систем определяется способностью поддерживать требуемый уровень работоспособности при различных внешних и внутренних воздействиях, а также быстро восстанавливаться после сбоев и аварийных ситуаций.

Проектирование кабельных линий связи должно осуществляться с соблюдением требований безопасности, предъявляемых к системам электроснабжения и электропитания, конструктивным решениям зданий (сооружений), а также к безопасности средств связи и линейно-кабельных сооружений, включая методы прокладки кабелей, в соответствии с ГОСТ Р 50571.5.54–2024 «Электро-

установки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрического оборудования. Заземляющие устройства и защитные проводники» [78] и ГОСТ Р 50571.4.44 «Электроустановки низковольтные. Часть 4.44. Защита для обеспечения безопасности. Защита от резких отклонений напряжения и электромагнитных возмущений» [79].

Защита кабельных линий, выполненных с применением электрических кабелей, должна обеспечиваться от воздействующих напряжений и токов, продольных электродвижущих сил, коррозии всех типов, ударов молний. Кабельные линии, расположенные как внутри, так и вне сооружений связи, подлежат защите от несанкционированного доступа с учетом требований ГОСТ Р 52448–2005 «Защита информации. Обеспечение безопасности сетей электросвязи. Общие положения» [80].

При строительстве линий связи, связанном с размещением радиотехнического оборудования, в целях защиты населения от воздействия электромагнитного излучения могут устанавливаться санитарно-защитные зоны (СЗЗ) и зоны ограничения застройки (ЗОЗ). Расчет СЗЗ и ЗОЗ выполняется в соответствии с санитарно-эпидемиологическими и гигиеническими требованиями СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов» [81].

Другим нормативно-правовым документом по проектированию структурированных кабельных систем является ГОСТ Р 58238–2018 «Слаботочные системы. Кабельные системы. Порядок и нормы проектирования. Общие положения» [82]. В состав СКС входят следующие подсистемы: горизонтальная, магистральная, телекоммуникационные комнаты, серверные комнаты и точка внешнего подключения. С одной стороны, система ограничена телекоммуникационными розетками пользователей или коннекторами оконечного оборудования, с другой – точкой разграничения внутри точки внешнего подключения. К основным компонентам СКС относятся коннектор (стандартный или проприетарный), коммутационный шнур, стандартные и аппаратные шнуры, патч-корд.

Пространство, где пользователь взаимодействует с телекоммуникационными устройствами, называется рабочее пространство. На каждое место следует предусматривать минимум одну установочную коробку для розеток или коннекторов. Базовую площадь на одно рабочее место рекомендуется принимать равной 10 м². В местах, где позднее трудно добавить розетки, рекомендуется закладывать как минимум два отдельных места под розетки для гибкости. Рекомендуемый запас кабеля у розетки для 4-парной витой пары – 0,3 м, для оптического кабеля – 1 м [82].

Состав элементов оснащения рабочего места пользователя [82]:

- ◆ телекоммуникационная розетка – считается оконечной частью СКС и относится к горизонтальной подсистеме;
- ◆ аппаратные кабели (коммутационные шнуры);
- ◆ адаптеры, конвертеры, разветвители;
- ◆ телекоммуникационное оборудование (телефонные аппараты, компьютеры, модемы, терминалы и т. п.).

Телекоммуникационная розетка предназначена для подключения активного телекоммуникационного оборудования пользователей на рабочих местах, являющихся физическим окончанием горизонтальной подсистемы СКС.

Четырехпарные кабели горизонтальной подсистемы СКС должны быть терминированы на коннекторах восьмипозиционных модульных гнезд на рабочих местах. Частичное терминирование пар делает кабельную систему неуниверсальной и ограничивает пользователя в выборе оборудования. При этом схема разводки розетки должна соответствовать либо T568A, либо T568B.

При использовании волоконно-оптических телекоммуникационных розеток допускается применение различных типов коннекторов. Рекомендуется использовать механические адаптеры, представляющие собой устройства, которые обеспечивают совмещение и юстировку оптических осей коннекторов в розетке и подключаемом кабеле.

Коммуникационные шнуры (как на основе витой пары, так и волоконно-оптические), используемые для подключения активного оборудования к телекоммуникационной розетке, должны соответствовать требованиям производителей оборудования СКС и подключаемых электронных устройств. Конфигурация кабельной системы рабочего места может изменяться в зависимости от решаемых задач и применяемого оборудования. Наиболее распространенным вариантом является коммуникационный шнур с одинаковыми коннекторами на обоих концах. Однако допускаются и другие варианты подключения с использованием:

- ◆ специализированного кабеля или адаптера, в том случае если активное оборудование имеет тип коннектора, отличный от коннектора телекоммуникационной розетки;
- ◆ U-адаптер используется для разветвления четырехпарных кабелей на две или четыре отдельные физические линии (обеспечение подачи нескольких сервисов на рабочее место по одному кабелю горизонтальной подсистемы);
- ◆ пассивные адаптеры применяются для сопряжения разнородных типов кабелей, используемых в горизонтальной подсистеме СКС и для подключения активного оборудования.

Для типовых офисов используются базовые параметры горизонтальной подсистемы – три устройства на рабочее место, одно место на 10 м², 650 мм² сечения кабельного канала на каждые 10 м² полезной площади этажа. При большем числе устройств или более высокой плотности рабочих мест все размеры пропорционально увеличивают.

Обобщенные требования по проектированию горизонтальной и магистральной подсистем представлены в ГОСТ Р 58238–2018 [82].

Общие принципы проектирования сетей проводного радиовещания установлены СП 133.13330.2012 «Сети проводного радиовещания и оповещения в зданиях и сооружениях. Нормы проектирования» [83]. Система проводного радиовещания предназначена для предоставления населению услуг радиовещания, а также централизованной передачи сигналов оповещения и информации.

Основным структурным элементом при проектировании радиовещания является радиотрансляционный узел. Выбор структуры зависит от размера обслуживаемой территории и числа абонентов [83]:

- ◆ однозвенная сеть – для небольших населенных пунктов, отдельных зданий (санатории, дома отдыха) обязательно обеспечивает уличную звукофикацию и этажное оповещение;
- ◆ двухзвенная централизованная для малых городов (50–100 тыс. чел.);
- ◆ двухзвенная (или трехзвенная) децентрализованная для городов до 150–200 тыс. чел.;
- ◆ трехзвенная децентрализованная для городов свыше 200–250 тыс. чел.

Ключевыми требованиями к проектированию всех типов структур является полное резервирование низкочастотных усилителей и резервирование энергоснабжения оборудования сети проводного радиовещания. Для однозвенных сетей от узла до жилого дома или здания следует использовать волоконно-оптический кабель. Для двух- и трехзвенных сетей на участках между звуковой трансформаторной подстанцией и блоками управления оконечного многофункционального устройства допускается применение других протоколов с пакетной передачей в цифровом формате.

Абонентская сеть при проектировании радиовещания выполняется скрытой проводкой (в перегородках, стенах, перекрытиях). При совместной прокладке с телефонными проводами в общем коробе расстояние между ними должно быть при длине линии 70 м не менее 50 мм, при 10 м – не менее 15 мм.

Внутри здания абонентские линии прокладываются от ввода до УЭРМ (устройство этажное распределительное модульное) в каналах строительных конструкций или открыто проложенных трубах. Внутри квартир и служебных помещений прокладываются скрыто в швах стеновых панелей, в полу, в перекрытиях в трубах (для монолитных домов), используются провода со стальными скрученными жилами. При напряжении 15/30 В и длине стояка более 80 м применяются исключительно медные провода.

Для жилых зданий расчетная потребляемая мощность составляет не менее 0,4 Вт на одну квартиру. Абонентская розетка предусматривается из расчета не менее одной на квартиру. При свободной планировке линия подводится до ввода в квартиру, место установки розетки определяется самостоятельно. В общественных зданиях мощность рассчитывается исходя из числа устанавливаемых абонентских радиоточек (громкоговорителей или головных телефонов с пересчетом по потребляемой мощности).

При проектировании структурированных кабельных систем одним из нормативных документов является ГОСТ Р 53246–2025 «Информационные технологии. Системы кабельные структурированные. Общие технические требования» [84]. Стандарт устанавливает общие технические требования к структурированным кабельным системам, предназначенным для передачи телефонных сигналов, данных, видеосигналов, тока дистанционного питания (PoE). Система рассматривается от разъема активного сетевого оборудования до разъема терминального оборудования.

Структура и конфигурация СКС включает следующие элементы [84]:

- ◆ функциональные элементы (информационные розетки, точки консолидации, кроссовые узлы);

- ◆ интерфейсы (оборудования и тестовые);
- ◆ подсистемы – горизонтальная, магистральная кампуса, магистральная здания, резервные линии.

Общие функциональные элементы СКС представлены на рис. 4.1.8.

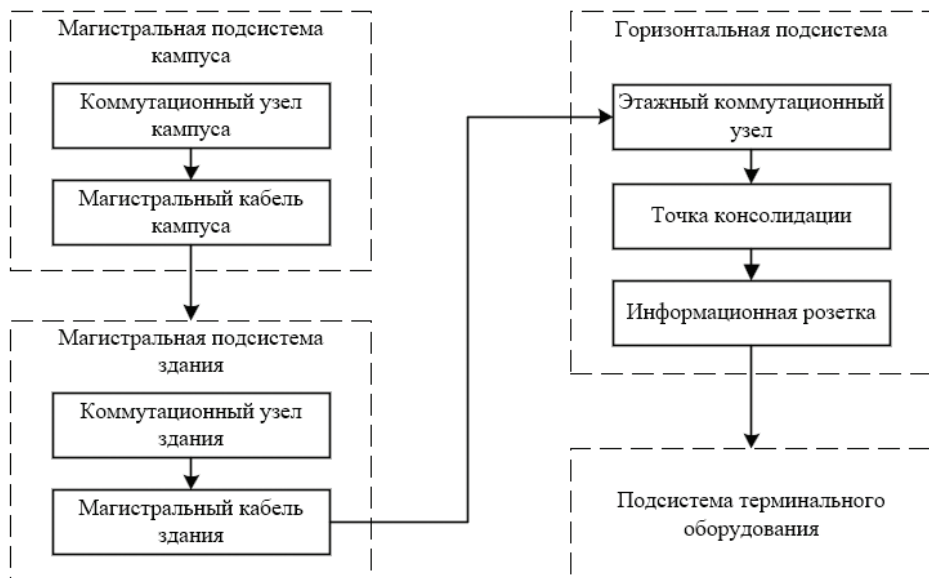


Рис. 4.1.8. Общие функциональные элементы СКС

ГОСТ Р 70305–2022 «Слаботочные системы. Кабельные системы. Структурированные кабельные системы. Основные характеристики» [85] устанавливает основные характеристики структурированных кабельных систем как одного из ключевых видов слаботочных систем зданий. СКС представляет собой мульти-сервисную иерархическую кабельную инфраструктуру, построенную из стандартизованных элементов, что позволяет гибко адаптировать под различные задачи без изменения стационарной части.

Структурированные кабельные системы, в отличие от специализированных систем, изначально не привязаны к конкретному инженерному обеспечению здания и могут оперативно перестраиваться под меняющиеся требования. Срок эксплуатации СКС значителен, полная замена производится обычно при капитальном ремонте.

Критерии отнесения системы к структурированной включают:

- ◆ применение унифицированных элементов (кабели по ГОСТ Р 59318–2021 «Слаботочные системы. Кабельные системы. Кабельные системы на основе витой пары и оптоволокна. Общие требования» [86]);
- ◆ единую схему оконцовки кабелей и маркировки по ГОСТ Р 58469–2019 «Слаботочные системы. Кабельные системы. Ввод и функционирование кабельной системы в помещении пользователя кабельной системы. Планирование и инсталляция. Идентификаторы в административных системах» [87];

- ◆ только топологию «точка–точка» (шунтирующие подключения и шлейфы выносятся за пределы СКС);
- ◆ подключение всех кабелей к неразъемным контактам распределительных панелей, а оптических волокон к оптическим панелям со сплайс-пластиной;
- ◆ оснащение каждого рабочего места абонентскими розетками минимум с двумя равнофункциональными портами.

Для территорий со слаборазвитой телекоммуникационной инфраструктурой применяется универсальный радиотрансляционный узел (УРТУ), который принимает сигналы о ЧС по различным каналам связи и воспроизводит их через выносные акустические устройства. УРТУ подключается к существующим сетям связи и сопрягается с действующими системами оповещения.

Принцип работы УРТУ заключается в следующем. К выходу УРТУ подключаются линии уличной звукофикации, а уличные громкоговорители размещаются в местах наибольшего скопления жителей, например на столбовых опорах или крышах зданий. В повседневном режиме УРТУ может транслировать государственные радиоканалы и местную информацию. УРТУ размещается в административных зданиях с гарантированным электропитанием (автономный источник), подходящим температурным режимом и защитой от несанкционированного доступа. Применяются рупорные громкоговорители с шириной диаграммы направленности 30°.

ГОСТ Р 58746–2019 «Слаботочные системы. Кабельные системы. Кабели горизонтальной подсистемы структурированной кабельной системы» [88] и ГОСТ Р 58747–2019 «Слаботочные системы. Кабельные системы. Кабели магистральной подсистемы структурированной кабельной системы» [89] устанавливают требования к кабельным изделиям, применяемым в горизонтальной и магистральной подсистемах СКС соответственно.

При проектировании горизонтальной и магистральной подсистем допускается применение неэкранированных и экранированных кабелей (типы UTP, SCTP, FTP, S/FTP) с волновым сопротивлением 100 Ом, при этом рабочая полоса частот не менее 100 МГц (соответствует категориям 5е и выше). Использование кабелей с меньшей пропускной способностью нецелесообразно, так как это ограничивает спектр активного оборудования и ухудшает возможности модернизации СКС.

При реализации неэкранированных кабелей необходимо соблюдать требования по их исполнению – одножильные медные проводники калибров 22–24 WG в термопластиковой изоляции, сформированные в четыре витые пары, общая термопластическая оболочка. Запрещается применение многопарных кабелей жгутованных кабелей и гибридных кабелей.

При проектировании экранированных кабелей к неэкранированной конструкции добавляется гальванически непрерывный экран под общей оболочкой. Обязательно наличие дренажного проводника (луженая медь, 26 AWG), находящегося в гальваническом контакте с металлической поверхностью ленты.

Конструкция волоконно-оптических кабелей горизонтальной и магистральной подсистем может базироваться на многомодовых волокнах 50/125 мкм или 62,5/125 мкм и одномодовых волокнах. Применение одномодовых волоконно-

оптических кабелей в горизонтальной подсистеме разрешено, но должно ограничиваться исключительными случаями (например, явное требование заказчика или требования специальных нормативов), поскольку приоритет отдается многомодовым волокнам.

Отдельным нормативным документом, устанавливающим общие требования к кабелям, применяемым в системах управления оборудованием жилых зданий в рамках концепции «умный дом», является ГОСТ Р 70300–2022 «Слаботочные системы. Кабельные системы. Кабели управления оборудованием жилых домов систем “умный дом”. Общие требования» [90].

Система домашней автоматизации представляет собой интегрированную систему управления инженерными устройствами здания, работающую без участия человека по заданным алгоритмам или командам пользователя. Центральный контроллер управляет различными инженерными подсистемами, обеспечивая синергетический эффект. Система является гибкой и настраиваемой, рассматривается как частный случай IoT (удаленный контроль и управление домашними устройствами).

При проектировании кабельной системы для «умного дома» необходимо соблюдать следующее:

- ◆ топология кабельной системы определяется в соответствии с требованиями производителя используемого оборудования или заказчика;
- ◆ проектирование кабельной системы следует выполнять по ГОСТ Р 58238–2018 [82];
- ◆ защита кабельной системы организуется согласно ГОСТ Р 58750–2019 «Слаботочные системы. Кабельные системы. Защита кабельной системы. Основные положения» [91].

Система включает контроллеры, датчики и исполнительные устройства. Все устройства соединяются с центральным контроллером и между собой проводным или беспроводным способом. Автономные датчики (работающие по радиоканалу) могут питаться от батарей или аккумуляторов. При построении системы необходимо использовать кабели, строго соответствующие требованиям производителей оборудования.

ГОСТ Р 58750–2019 «Слаботочные системы. Кабельные системы. Защита кабельной системы. Основные положения» устанавливает принципы и правила организации защиты структурированных кабельных систем, входящих в состав слаботочных систем. Данным документом определены требования к защите от электромагнитных помех, требования к обеспечению электромагнитной совместимости, к системе заземления и выравнивания потенциалов и экранированию [91].

Электромагнитные помехи в кабельных системах возникают из-за отсутствия или несоответствия требованиям экранирования, заземления, а также близости к источникам электромагнитного излучения. Для подавления помех применяются экранирование проводников и кабелей, заземление экранов и оборудования, при этом неправильное заземление и экранирование могут увеличить восприимчивость к помехам. При проектировании необходимо соблюдение следующих ключевых требований для снижения влияния электромагнитных помех:

- ◆ минимальное расстояние между любым элементом телекоммуникационной кабельной системы и элементами электропитания с напряжением выше 380 В должно составлять не менее 3 м;
- ◆ запрещается совместная прокладка в одной трассе кабелей СКС и любых других кабелей с действующим напряжением 42 В и выше;
- ◆ при прокладке в смежных трассах (с разделителями) рекомендуется выдерживать минимальное расстояние 50 мм между указанными кабелями;
- ◆ не рекомендуется использовать совмещенные трассы для телекоммуникационных и силовых сетей;
- ◆ кабельная система должна сохранять работоспособность при воздействии электромагнитных полей напряженностью до 3 В/м в диапазоне частот от 0 до 1000 МГц.

Электромагнитная совместимость достигается за счет проектирования, исключающего взаимное влияние устройств. Например, силовые кабели и провода локальных сетей, питающих телекоммуникационные системы, должны быть полностью скрыты в металлических кондуитах, проходящих в капитальных стенах. Для телекоммуникационных сетей также рекомендуется применение металлических кондуитов, особенно при прокладке вблизи силовых линий.

При проектировании систем заземления и выравнивания потенциалов необходимо руководствоваться Правилами устройства электроустановок (7-е издание), а также ГОСТ Р 50571.5.54–2024 «Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрического оборудования. Заземляющие устройства и защитные проводники» [78] и ГОСТ Р 50571.22–2000 «Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 707. Заземление оборудования обработки информации» [92].

В случае экранирования кабелей на основе экранированной «витой пары» (FTP/ScTP/FSTP) необходимо соединить экраны с шиной заземления и выравнивания потенциалов телекоммуникационной системы. Заземление на рабочих местах выполняется через активное оборудование с использованием экранированного аппаратного кабеля.

Монтаж кабельных систем необходимо выполнять в соответствии с ГОСТ Р 56553–2015 «Слаботочные системы. Кабельные системы. Монтаж кабельных систем. Планирование и монтаж внутри зданий» [93] и ГОСТ Р 58748–2019 «Слаботочные системы. Кабельные системы. Монтаж кабельных систем. Технические условия и обеспечение качества» [94].

При проектировании маршрутов кабельных трасс необходимо предусматривать исключение механических напряжений (растяжение, резкие изгибы, чрезмерное стягивание пучков), а также использование средств маршрутизации (кабельные лотки, хомуты, фиксаторы). На обоих концах каждого сегмента должен предусматриваться запас для будущих изменений для «витой пары» и оптического кабеля 3 м [94].

Проектирование системы оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) осуществляется с учетом требований СП 3.13130.2026 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при по-

жаре. Требования пожарной безопасности» [95] и СП 1.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы» [96]. Структурная схема СОУЭ представлена на рис. 4.1.9.

Данные документы устанавливают требования к оповещению по критериям слышимости и разборчивости. Уровни звукового давления должны составлять минимум 55 дБА в квартирах, 65 дБА в других помещениях, а превышение над постоянным шумом должно быть 10 и 15 дБ соответственно. При этом максимальный уровень не более 110 дБА в помещениях, 120 дБА – в других доступных местах. Также устанавливаются требования к световому оповещению в виде импульсных вспышек 0,5–2 Гц. Размещение светового оповещения необходимо предусматривать в зоне прямой видимости с высотой до 2,5 м и расстоянием до удаленной точки ≤ 15 м [95–96].

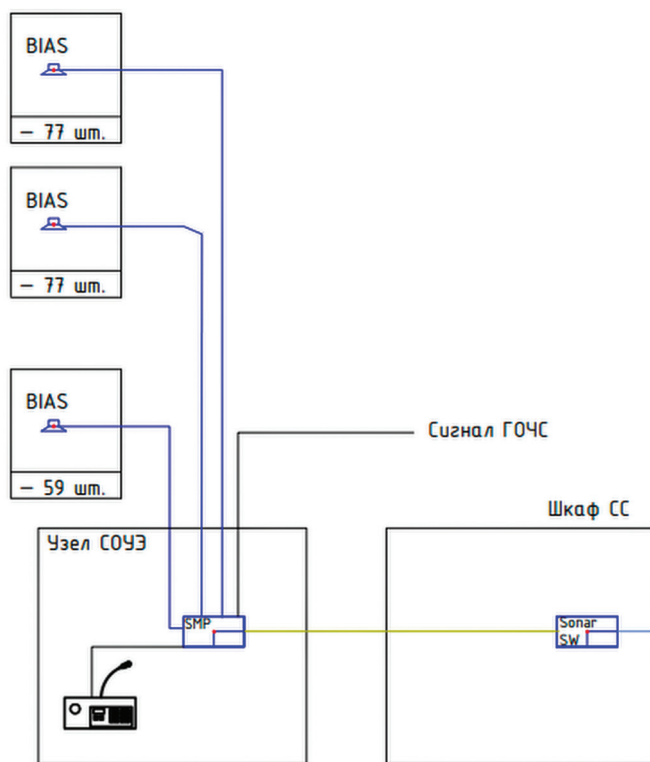


Рис. 4.1.9. Структурная схема СОУЭ

Управление эвакуацией должно осуществляться автоматическим включением эвакуационного освещения при пожаре с учетом подсветки знаков пожарной безопасности. Важно предусматривать автоматическое открывание электроуправляемых запорных устройств на путях эвакуации (время ≤ 10 с) для дверей «Антипаника»,СКУД, турникетов [96].

СП 3.13130.2026 также устанавливает требования к знакам пожарной безопасности. Размещение эвакуационных знаков должно быть предусмотрено над

дверями выходов, на путях эвакуации, в местах поворотов, на прямых участках длиной более 20 м, а высота размещения на стенах – 1,5–2,0 м, над дверями – 2,0–3,0 м [95].

При проектировании систем контроля и управления доступом необходимо соблюдать требования ГОСТ Р 51241–2008 «Средства и системы контроля и управления доступом. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний» [97].

Требования к проектированию преграждающих управляемых устройств, входящих в состав СКУД или работающих автономно для ограничения прохода людей, устанавливаются ГОСТ Р 54831–2011 «Системы контроля и управления доступом. Устройства преграждающие управляемые. Общие технические требования. Методы испытаний» [66]. Преграждающие управляемые устройства (ПУУ) должны проектироваться с обеспечением следующих функций:

- ◆ полное или частичное перекрытие проема при попытке несанкционированного перемещения;
- ◆ заданная пропускная способность в соответствии с классом;
- ◆ свободная эвакуация через ПУУ при чрезвычайных ситуациях;
- ◆ безопасность человека в зоне действия преграждающих конструкций (ПК);
- ◆ контроль нормально открытого или нормально закрытого состояния ПК со световой индикацией;
- ◆ автоматический возврат ПК в закрытое состояние при отсутствии прохода в течение заданного времени.

При проектировании преграждающих управляемых устройств обязательно предусматривается механическое открывание ПК для свободного прохода при эвакуации, авариях, стихийных бедствиях или технических неисправностях. Вид разблокировки может быть механическим (с обеспечением свободного прохода), автоматическим (по команде «авария») и путем отключения электропитания, приводящего к свободному проходу. Аварийная система разблокировки должна быть защищена от использования для несанкционированного доступа.

Протоколы обмена информацией должны обеспечивать необходимую помехоустойчивость, требуемую скорость обмена, защиту от навязывания ложных сообщений и защиту информации. Система должна осуществлять автоматический контроль исправности линий передачи информации (целостности связи) между контроллерами и центральным пунктом управления.

Схема магистральных сетей СОУЭ представлена на рис. 4.1.10.

Протоколы обмена информацией должны обеспечивать необходимую помехоустойчивость, требуемую скорость обмена, защиту от навязывания ложных сообщений и защиту информации. Система должна осуществлять автоматический контроль исправности линий передачи информации (целостности связи) между контроллерами и центральным пунктом управления.

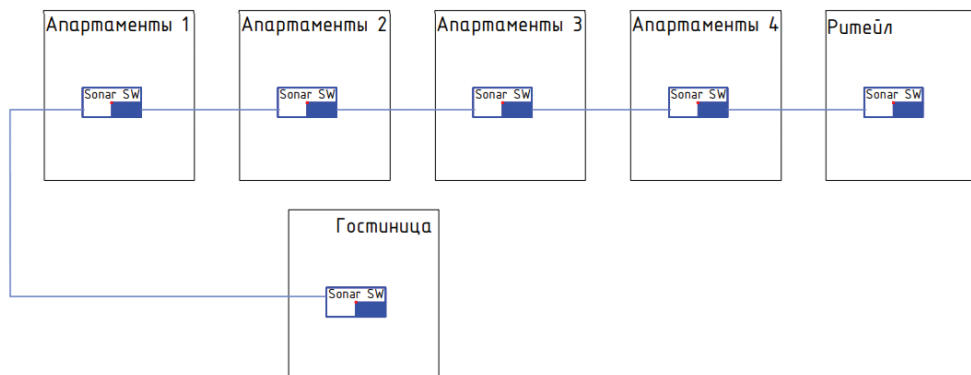


Рис. 4.1.10. Схема магистральных сетей СОУЭ

Для систем повышенной и высокой устойчивости обязательна защита информации, передаваемой по линиям связи, от несанкционированного доступа НСД. Средства вычислительной техники, входящие в состав сетевых СКУД, должны соответствовать классам защищенности по руководящим документам:

- ◆ для повышенной устойчивости – классы 3А, 3Б, 2Б;
- ◆ для высокой устойчивости – классы 1Г, 1В.

Структурная схема оборудования СКУД представлена на рис. 4.1.11.

Система контроля и управления доступом может быть построена на основе сети универсальных контроллеров, подключенных к локальному коммутатору системы контроля и управления доступом по интерфейсу Ethernet. Контроллер позволяет управлять двумя замками для контроля прохода в одном направлении (в помещение). Для выхода из помещения должны быть предусмотрены кнопки выхода, подключаемые к клеммам контроллера [67].

Все защищаемые помещения оснащаются бесконтактными считывателями, подключаемыми к контроллеру по интерфейсу, например Weigand26. Максимальное расстояние, на которое считыватель может быть отдален от контроллера, составляет 100 м.

При пропадании основного питания (сеть 220 В, 50 Гц) система должна автоматически переходить на резервное питание (аккумуляторы 12 или 24 В) без нарушения режимов работы. При этом время работы от резервного источника для систем 1-го и 2-го классов – не менее 0,5 ч, а для систем 3-го класса – не менее 1 ч.

Общие принципы выбора, проектирования и применения технических средств СКУД устанавливаются Р 064-2024 «Методические рекомендации. Выбор и применение технических средств и систем контроля и управления доступом» [98]. Данные руководящие принципы устанавливают требования к СКУД физического доступа, к средствам контроля и управления доступом, требования по защите информации, надежности, электромагнитной совместимости, безопасности, устойчивости к климатическим и механическим воздействиям, к технической документации.

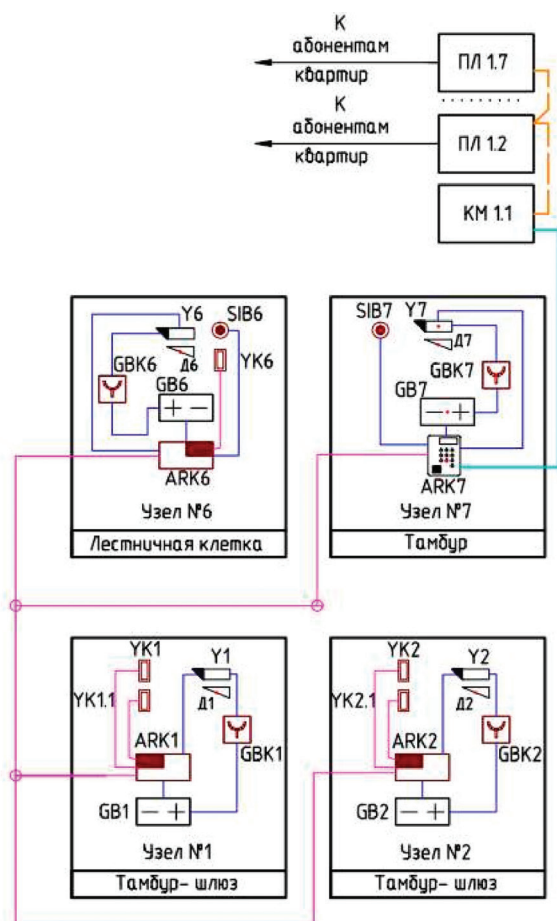


Рис. 4.1.11. Структурная схема оборудования СКУД

Обобщенная классификация систем контроля и управления доступом (СКУД) представлена на рис. 4.1.12.

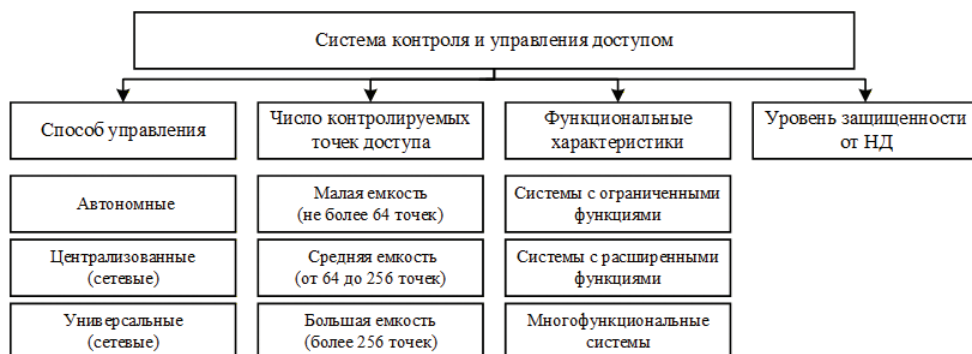


Рис. 4.1.12. Классификация СКУД

Этапы проектирования СКУД представляют выполнение следующего [67–69]:

- ◆ обследование объекта для анализа уязвимостей;
- ◆ разработка технического задания – указываются виды идентификации, пропускная способность, условия эксплуатации, требования к интеграции, алгоритмы при ЧС;
- ◆ разработка проектной документации – пояснительная записка, планы, схемы, спецификации, смета, эксплуатационная документация.

Условные графические обозначения элементов систем обеспечения безопасности, применяемые в схемах, устанавливаются Р 071-2017 «Технические средства систем безопасности объектов. Обозначения условные графические элементов технических средств охраны, систем контроля и управления доступом, систем охранного телевидения» [99].

Реализация систем видеоохранного телевидения выполняется в соответствии с ГОСТ Р 51558–2014 «Средства и системы охранные телевизионные. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний» [65]. Видеоохранное телевидение должно обеспечивать [65]:

- ◆ локальное отображение и сохранение видеопотоков от одной или нескольких камер;
- ◆ локальное воспроизведение и сохранение аудиопотоков;
- ◆ режимы архива;
- ◆ автоматическую связь событий с действиями видеосервера;
- ◆ настраиваемые автоматические реакции видеокамеры на события.

Общая классификация телевизионных охранных систем (СОТ) представлена на рис. 4.1.13.



Рис. 4.1.13. Классификация СОТ

ГОСТ Р 51558–2014 устанавливает требования к техническим характеристикам средств, используемых в СОТ, в том числе к видеокерам, видеосерверам, устройствам отображения, термокожухам. Так, например, время отклика устройств отображения, предназначенных для наблюдения за движущимися объектами, должно быть не более 16 мс [65].

Классификация, общие технические требования и методы испытаний для технических средств охранной сигнализации, предназначенных для работы в системах охранной, охранно-пожарной и тревожной сигнализации, представлены в ГОСТ Р 52435–2015 «Технические средства охранной сигнализации. Классификация. Общие технические требования и методы испытаний» [100].

При соответствии требованиям по информационной безопасности в СОТ учитываются угрозы конфиденциальности, целостности, подлинности и доступности. При этом выделяются низкий, средний и высокий уровни защиты. Средний уровень защиты предполагает авторизованный доступ (в т. ч. удаленный), уровни доступа, ограничение доступа. К высокому уровню защиты, помимо критериев, устанавливаемых для среднего уровня, дополнительно должно предусматриваться использование шифрования или кодирования для предотвращения несанкционированного просмотра, а также защита конфиденциальности и подлинности копируемых и экспортируемых данных.

Структурная схема СОТ представлена на рис. 4.14.

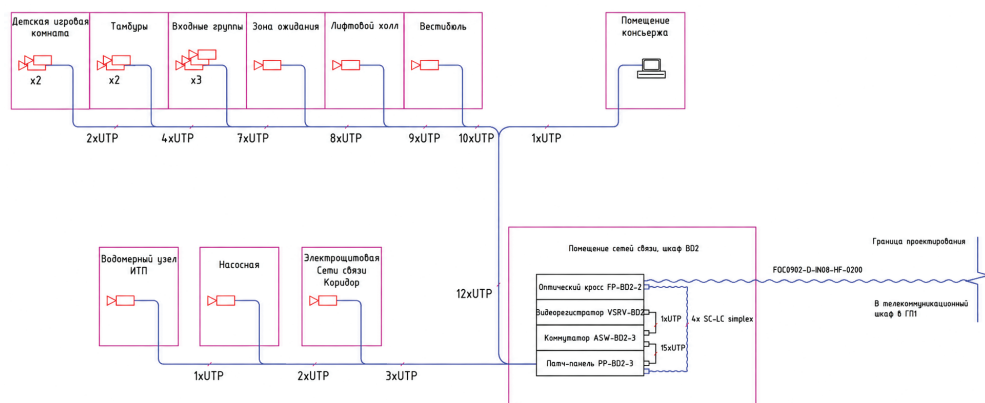


Рис. 4.1.14. Структурная схема СОТ

Другим нормативным документом для проектирования систем видеоохранного телевидения является ГОСТ Р 71917–2024 «Антитеррористическая защищенность. Мероприятия и решения по обеспечению антитеррористической защищенности объектов. Общие положения» [101]. Данный документ устанавливает системный подход к проектированию антитеррористической защищенности объектов капитального строительства, в том числе видеоохранного телевидения. При этом основные требования к проектированию указанных систем сводятся к обязательному категорированию, проведению анализа уязвимости, зонированию объекта, организации рубежей охраны, применению

сертифицированного комплекса инженерно-технических средств с заданными функциональными характеристиками.

Нормы, правила и руководства по созданию, настройке и эксплуатации систем видеонаблюдения, использующих биометрическое распознавание, определены ГОСТ Р 70268.1–2023 «Информационные технологии. Биометрия. Применение биометрии в системах видеонаблюдения. Часть 1. Проектирование систем и спецификация» [102]. Данный документ устанавливает требования и рекомендации по проектированию систем видеонаблюдения с применением биометрии (включая выбор типов камер, их разрешение, частоту кадров, динамический диапазон, условия освещения), правила формирования списка наблюдения, рекомендации по форматам данных изображений лиц и метаданных, а также технические и вычислительные требования для разных сценариев работы.

Для повышения качества жизни населения, учитывая научно-технических прогресс, необходимо внедрение систем, предназначенных для контроля и фиксации признаков правонарушений в городском управлении. Внедрение данных систем регламентирует ГОСТ Р 72030.1–2025 «Умный город. Системы фотовидеофиксации в сфере городского управления, работающие в автоматическом режиме. Часть 1. Общие требования» [103]. Данный документ устанавливает требования к типовой архитектуре (составу подсистем), к подсистемам сбора, обработки и хранения данных, к размещению элементов, к электропитанию.

К подсистеме обработки и хранения данных предъявляются следующие требования:

- ◆ автоматическое обновление фото- и видеометаданными (навигационными, временными, идентификационными);
- ◆ в предоставляемых пользователю изображениях или метаданных обязательно наличие уникального идентификатора средства фиксации, места (адреса) съемки, даты и времени съемки, типа/идентификатора признака нарушения;
- ◆ хранение и выдача по запросу дополнительной информации;
- ◆ обеспечение целостности данных.

В настоящее время используются и отдельные нормативные документы, устанавливающие требования к проектированию в определенных сферах. Так, например, требования к проектированию слаботочных систем в зданиях медицинского назначения устанавливает ГОСТ Р 70299–2022 «Слаботочные системы. Кабельные системы. Слаботочные системы зданий медицинского назначения. Общие положения» [104]. Стандарт определяет классификацию слаботочных систем, основные технические требования к их построению, взаимодействие со смежными инженерными системами, а также правила интеграции с системами связи, безопасности и управления зданием.

Согласно ГОСТ Р 70299–2022, общими проектными требованиями к оборудованию и размещению слаботочных систем в медицинских учреждениях являются [104]:

- ◆ слаботочные системы должны быть совместимы по интерфейсам и протоколам обмена;

- ◆ оборудование размещается в технических помещениях (кроссовых, серверных, диспетчерских) с соблюдением требований по климату, электропитанию и заземлению;
- ◆ оборудование размещается в технических помещениях (кроссовых, серверных, диспетчерских) с соблюдением требований по климату, электропитанию и заземлению;
- ◆ должна быть предусмотрена грозозащита и защита от импульсных перенапряжений;
- ◆ для медицинских зон с повышенной влажностью или наличием кислорода применяются специальные виды кабелей и монтажа.

ГОСТ Р 70440–2022 «Слаботочные системы. Кабельные системы. Телекоммуникационные розетки. Общие требования» распространяется на слаботочные кабельные системы и устанавливает общие требования к телекоммуникационным розеткам, используемым при их построении [105]. Данный стандарт устанавливает конструктивные и технические требования, включая тип установки, конструкцию, корпус, экранирование, количество портов.

Основные положения по построению, иерархии и взаимосвязи подсистем структурированной кабельной системы представлены в ГОСТ Р 70304–2022 «Слаботочные системы. Кабельные системы. Взаимосвязь подсистем структурированной кабельной системы. Общие положения». СКС рассматривается как двухуровневая топологическая структура [106]:

- ◆ нижний уровень – объединяет горизонтальную кабельную подсистему, точки подключения пользовательского оборудования и этажный коммутационный центр;
- ◆ верхний уровень – включает магистральную подсистему, коммутационные центры зданий и комплексов зданий, а также систему внешнего подключения.

Нижний уровень образуется горизонтальной кабельной подсистемой, включающей этажный коммутационный центр, кабельные линии от центра до рабочих мест пользователей, телекоммуникационные розетки (или коннекторы) для подключения оконечного оборудования. Верхний уровень обеспечивает взаимосвязь между частями СКС, включающий магистральную подсистему и коммутационные центры.

Для корректного проектирования необходимо четко определять границы СКС, т. е. точки взаимодействия с объектами, не входящими в ее состав. На нижнем уровне границами являются телекоммуникационные розетки на рабочих местах пользователей и розетки или коннекторы для подключения оконечного оборудования (принтеры, камеры и т. д.). На верхнем уровне границей служит точка внешнего подключения здания (комплекса зданий), где СКС физически и административно стыкуется с другой кабельной системой (например, сетью провайдера или соседнего объекта).

Принципы построения горизонтальной подсистемы (нижнего уровня) структурированной кабельной системы представлены в ГОСТ Р 58240–2018 «Слаботочные системы. Кабельные системы. Горизонтальная подсистема структурированной кабельной системы. Основные положения» [107]. Стандарт устанавливает общие требования к проектированию горизонтальной подси-

стемы, включая этажный коммутационный центр (ЭКЦ), кросс-соединения, кабели и среды передачи.

ЭКЦ является ближайшим к рабочим местам пользователей или точкам подключения оконечного оборудования коммутационным центром по сетевой топологии. В ЭКЦ выполняются два типа подключений – подключение активного оборудования к горизонтальной кабельной подсистеме и коммутация (кросс-соединение) горизонтальной и магистральной подсистем. Допускается физическое совмещение в одном шкафу этажного и магистрального коммутационного центра, а также точки внешнего подключения здания. При таком совмещении кабели разных подсистем должны подключаться к разным коммутационным панелям с обязательной соответствующей маркировкой.

Магистральная подсистема структурированной кабельной системы предназначена для соединения точек консолидации между собой. В отличие от горизонтальной подсистемы, которая связывает точки консолидации с телекоммуникационными розетками на рабочих местах или оконечным оборудованием, магистральная часть обеспечивает связь коммутационных центров, расположенных на разных иерархических уровнях, а также точек внешнего подключения здания или комплекса зданий. Требования к проектированию магистральной подсистемы СКС устанавливаются ГОСТ Р 58241–2018 «Слаботочные системы. Кабельные системы. Магистральная подсистема структурированной кабельной системы. Основные положения» [108].

Магистральная подсистема СКС имеет топологию «дерево» с двумя уровнями иерархии. К нижнему уровню относятся каналы между этажными коммутационными центрами и коммутационным центром здания, а к верхнему уровню – каналы между коммутационными центрами зданий и главным коммутационным центром комплекса зданий.

Состав магистральной подсистемы структурированной кабельной системы представлен на рис. 4.1.15.



Рис. 4.1.15. Состав магистральной подсистемы СКС

Требования к организации внешнего подключения слаботочных кабельных систем определяются ГОСТ Р 59317–2021 «Слаботочные системы. Кабельные системы. Телекоммуникационные пространства и помещения. Система внешне-

го подключения здания. Общие требования» [109]. Для этих целей необходимо выделять специальные телекоммуникационные пространства, т. е. помещения, в которых размещается оборудование, обеспечивающее стык собственной слаботочной системы с системами других владельцев. Ключевым элементом является точка разграничения, представляющая административную границу между зонами ответственности владельца кабельной системы и поставщика услуг.

Проектирование систем внешнего подключения выполняется в соответствии с ГОСТ Р 58238 [82]. Рекомендуется внешние подключения сосредоточить в одном помещении. При проектировании следует учитывать функциональное назначение помещения, заключающееся в обеспечении работы телекоммуникационных систем и подключении поставщиков услуг. План расстановки оборудования подлежит согласованию с поставщиками услуг с целью определения допустимых нагрузок на перекрытие и минимально допустимых расстояний между шкафами (стойками) с оборудованием.

Другим нормативным документом, устанавливающим требования к проектированию распределительных сетей систем кабельного телевидения с частотным разделением каналов в диапазоне от 5 до 1000 МГц, является ГОСТ Р 52023–2003 «Сети распределительные систем кабельного телевидения. Основные параметры. Технические требования. Методы измерений и испытаний» [110]. Сети могут быть однонаправленными или двунаправленными, при этом полоса 40–1000 МГц предназначена для прямого направления (к абоненту), а полоса 5–30 МГц для обратного направления (от абонента). Стандарт устанавливает параметры, технические требования и методы измерений для этапов проектирования, строительства, сертификации и эксплуатации.

Структурная схема СКТВ представлена на рис. 4.16.

Распределительные сети систем кабельного телевидения должны обеспечивать подключение сетей низшего порядка к высшему, т. е. домовых – к магистральной, магистральных – к транспортной. Входом распределительной сети является вход головной станции, а выход – абонентская розетка. ГОСТ Р 52023–2003 устанавливает требования к качеству передачи (параметры сети), технические требования к головной станции, а также общие технические требования к кабельной распределительной сети [110].

Условные графические обозначения элементов при проектировании системы кабельного телевидения регламентируются ГОСТ 21.406–88 «Система проектной документации для строительства. Проводные средства связи. Обозначения условные графические на схемах и планах» [111].

Проектирование широкополосного доступа, направленного на создание инфраструктуры для высокоскоростного подключения к интернету, проводится с учетом требований следующих документов:

- ◆ СП 54.13330.2022 «СНиП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные» [112];
- ◆ СП 133.13330.2012 «Сети проводного вещания и оповещения в зданиях и сооружениях» [83];
- ◆ ГОСТ 21.406–88 «Система проектной документации для строительства. Проводные средства связи. Обозначения условные графические на схемах и планах» [111].

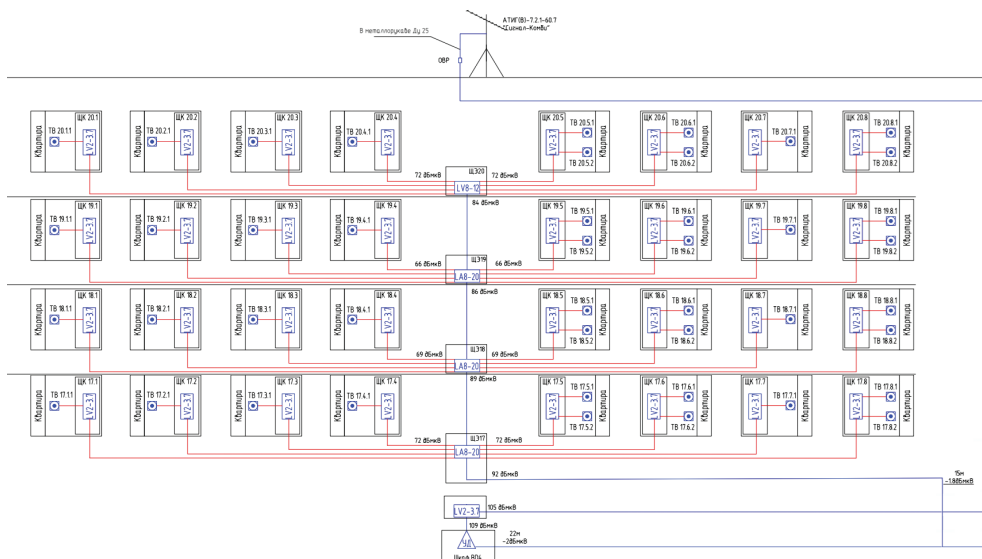


Рис. 4.1.16. Структурная схема СКТВ

Структурная схема ШПД представлена на рис. 4.1.17.

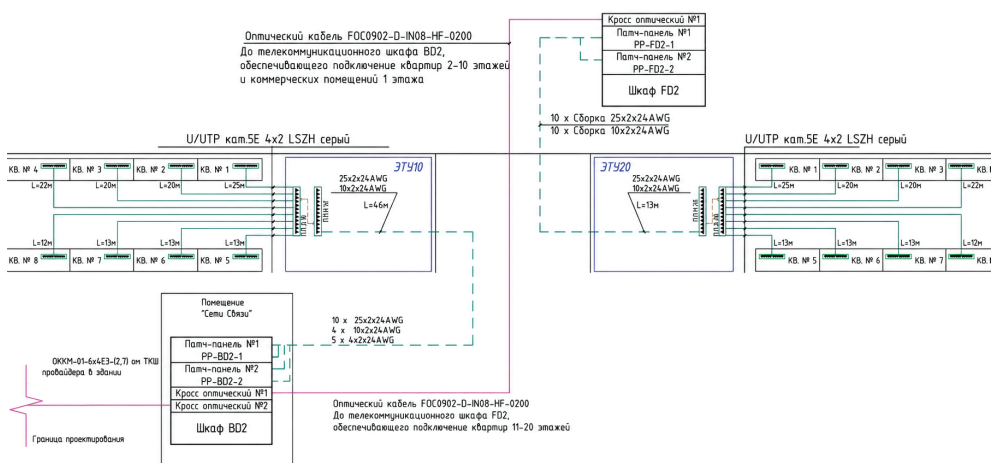


Рис. 4.1.17. Структурная схема ШПД

Общие требования пожарной безопасности кабельных изделий устанавливаются ГОСТ 31565–2012 «Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности» [20]. Стандарт распространяется на кабельные изделия (кабели, провода, шнуры), предназначенные для прокладки в зданиях и сооружениях, устанавливая их классификацию по показателям пожарной опасности, обязательные требования и рекомендуемые области применения.

Каждому кабельному изделию присваивается класс пожарной опасности в виде буквенно-цифрового обозначения, последовательно включающего показатели

предела распространения горения, предела огнестойкости, коррозионную активность продуктов дымогазовыделения, эквивалентную токсичность продуктов горения и дымообразования. Показатели пожарной опасности кабельных изделий представлены на рис. 4.1.18.

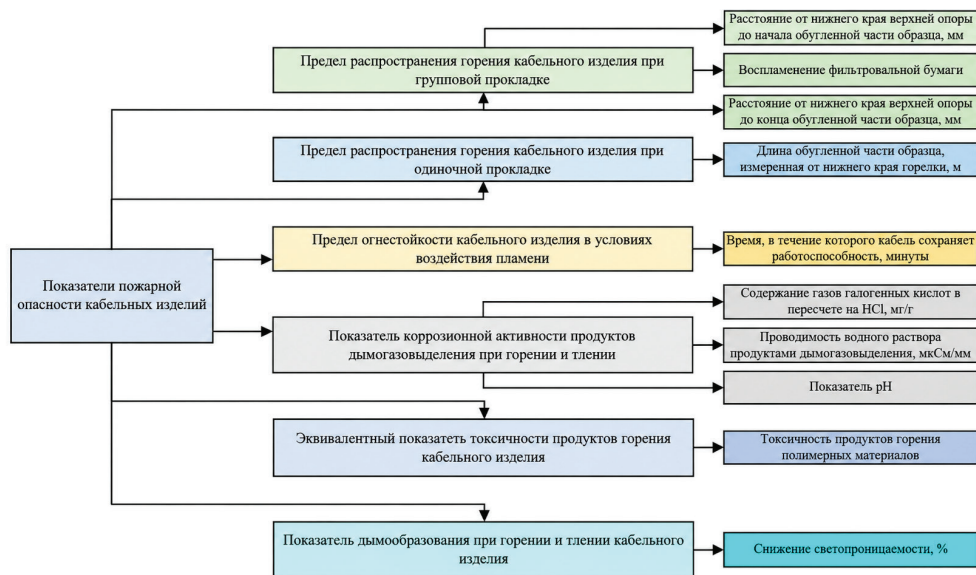


Рис. 4.1.18. Показатели пожарной опасности и критерии оценки

Обеспечение электромагнитной совместимости технических средств за счет их устойчивости к нормируемым видам электромагнитных помех обеспечивается в соответствии с ГОСТ Р 50932–96 «Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость оборудования проводной связи к электромагнитным помехам. Требования и методы испытаний» [113].

При проектировании технических средств слаботочных систем необходимо обеспечить работоспособность при воздействии следующих стандартизованных помех:

- ◆ электростатические разряды;
- ◆ наносекундные импульсные помехи в цепях электропитания, линейных цепях, а также в цепях сигнализации и управления;
- ◆ динамические изменения напряжения сети, включая провалы, прерывания, выбросы напряжения;
- ◆ микросекундные импульсные помехи;
- ◆ радиочастотные электромагнитные поля в диапазоне 26–1000 МГц.

Стандарт устанавливает два критерия качества функционирования при помехах (А и В). Критерий А характеризуется нормальным функционированием технических средств во время и после воздействия помехи (без сбоев, потери данных, изменения режима). Критерий В описывается тем, что во время воздействия помехи допускается ухудшение качества функционирования, однако

не допускается изменение выполняемой функции, режима работы или хранимых данных и после прекращения помехи нормальное функционирование восстанавливается автоматически, т. е. без вмешательства оператора.

Требования пожарной безопасности к эвакуационным путям, эвакуационным и аварийным выходам из помещений, зданий и сооружений, а также к эвакуационным путям наружных технологических установок устанавливает СП 54.13330.2022 «СНиП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные» [112]. Нормативным документом устанавливаются общие требования к проектированию эвакуационных путей и выходов, требования для зданий разных классов функциональной пожарной опасности, требования для маломобильных групп населения.

Общие рекомендательные требования к оснащению рабочих мест пользователей, а также к помещениям, предназначенным для размещения пассивного и активного оборудования СКС, представлены в ГОСТ Р 58242–2018 «Слаботочные системы. Кабельные системы. Телекоммуникационные пространства и помещения. Общие положения» [114]. При проектировании СС необходимо учитывать минимум одну установочную коробку на каждое рабочее место. При планировании рекомендуется усредненная площадь рабочего места 10 м².

Телекоммуникационная розетка включает установочную коробку, монтажную рамку (лицевая панель) и коннектор (одно или несколько гнезд). Установочная коробка представляет собой место перехода от кабеля горизонтальной подсистемы к коммутационному шнуру. При этом предусматриваются различные варианты монтажа (в стене, на стене, на любой пригодной поверхности), в том числе в кабельном коробе (по периметру помещения). Розетка должна быть надежно закреплена согласно инструкциям производителя.

Телекоммуникационная комната представляет собой отдельное помещение для терминирования кабелей горизонтальной и магистральной подсистем на коммутационном оборудовании. В комнате могут создаваться кросс-соединения между сегментами магистральной подсистемы для реализации топологий «кольцо», «шина», «дерево», а также размещаться точка разграничения и средства защиты внешних линий. Кабели горизонтальной и магистральной подсистем должны быть терминированы на оборудовании, отвечающем требованиям производителей. Запрещено перемещать точки терминирования для внесения штатных изменений в схему коммутации [114].

Комната рассматривается как точка доступа на каждом этаже к трассам горизонтальной и магистральной подсистем. Помещение должно быть оборудовано для установки активного оборудования, коммутационного оборудования для терминирования кабелей и коммутационной кабельной системы (шнуров). Для гибкой распределительной инфраструктуры рекомендуется создавать магистральные связи между несколькими телекоммуникационными комнатами на одном этаже.

В отличие от телекоммуникационной комнаты, серверная комната предназначена для размещения габаритного активного оборудования, при этом может совмещать функции телекоммуникационной комнаты и точки внешнего подключения. Рекомендуется располагать как можно ближе к центру обслуживаемого здания. Запрещено размещать в серверной комнате оборудование систем электроснабжения, не относящееся к телекоммуникационным системам, а также оборудование посторонних инженерных систем (водоснабжение, управление микроклиматом здания и т. п.).

Допускается размещать оборудование систем контроля и управления микроклиматом, а также источники бесперебойного питания (ИБП) мощностью до 100 кВА, обслуживающие оборудование самой серверной комнаты. ИБП мощностью более 100 кВА должны располагаться в отдельных помещениях.

Отдельные требования к проектированию рабочего места пользователя структурированной кабельной системы устанавливаются ГОСТ Р 58751–2019 «Слаботочные системы. Кабельные системы. Телекоммуникационные пространства и помещения. Рабочее место» [115]. Минимальная площадь рабочего места пользователя для мониторов на базе плоских экранов (ЖК, плазма и т. п.) должна составлять не менее 4,5 м² без учета дополнительного периферийного оборудования. При этом рекомендуемое усредненное значение площади рабочего места составляет 10 м².

Телекоммуникационные розетки должны располагаться так, чтобы обеспечить подключение активного оборудования с помощью аппаратного шнура длиной не более 5 м. Рекомендуется устанавливать розетки в непосредственной близости от электрических розеток (около 1 м) и на одной с ними высоте. При организации рабочего места необходимо предусматривать резервные кабели в количестве не менее 50 % от предполагаемой потребности [115].

Современные требования к проектированию жилых и общественных зданий, а также промышленных предприятий сводятся к полному или частичному переходу на автоматизированные системы управления и диспетчеризации (АСУД). Данные системы контролируют работу инженерного оборудования, в том числе отопления, вентиляции, кондиционирования, электроснабжения, водоснабжения, а также следят за системами безопасности и противопожарной защитой. Данные с АСУД могут передаваться в объединенную диспетчерскую службу (ОДС), являющуюся круглосуточным диспетчерским пунктом. Благодаря этому оперативно выявляются неисправности, сокращается время реагирования на аварии и оптимизируется потребление энергоресурсов. Кроме того, ОДС координирует действия эксплуатационных, аварийных и ремонтных служб на основе получаемой информации. К таким системам, которые являются частью раздела сетей связи, относятся:

- ◆ диспетчеризация лифтов (АВТ);
- ◆ автоматизация общеобменной вентиляции (АОВ);
- ◆ автоматизация учета водоснабжения (АСКУВ);
- ◆ автоматизация учета теплоснабжения (АСКУТ);
- ◆ автоматизация учета электроснабжения (АСКУЭ).

На рис. 4.1.19 представлен фрагмент структурной схемы автоматизированной системы учета электроснабжения.

Нормативными документами при проектировании систем автоматизации и диспетчеризации являются:

- ◆ СП 59.13330.2020 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001» [116];
- ◆ СП 76.13330.2016 «Электротехнические устройства. Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85» [15];

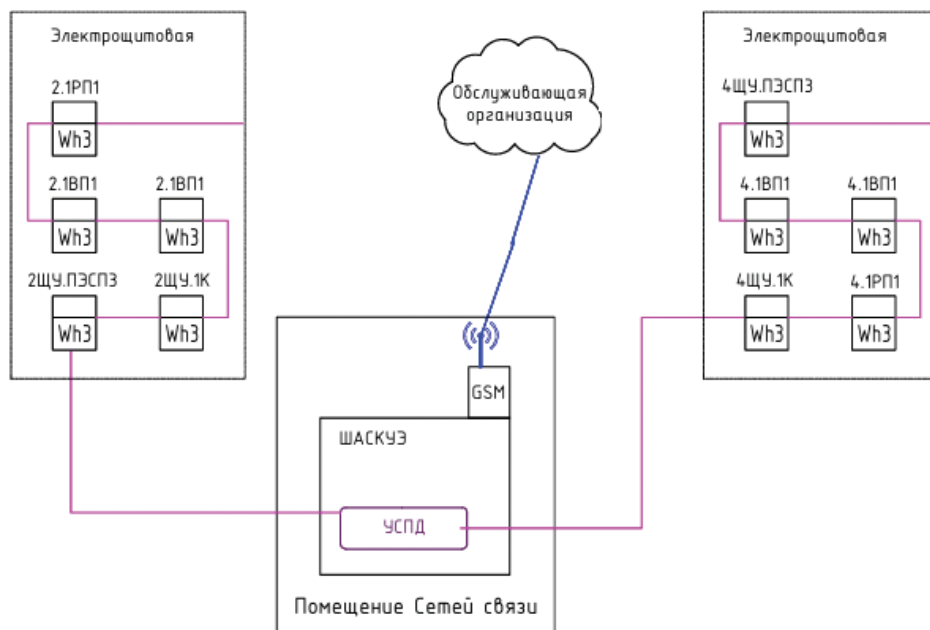


Рис. 4.1.19. Фрагмент структурной схемы АСКУЭ

- ◆ ГОСТ 31565–2012 «Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности» [20];
- ◆ СП 54.13330.2022 «Здания жилые многоквартирные. Актуализированная версия СНиП 31-01-2003» [112];
- ◆ СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа» [14];
- ◆ Правила устройства электроустановок, 7-е издание [13].

Структурная схема АВТ представлена на рис. 4.20 (1 – кабель U/UTP cat 5e, 2 – интерфейсный кабель, 3 – жгут, 4 – шина CAN 2x2x0,52min, 5 – подвесной кабель (к-т поставки лифта), 6 – жгут, 7 – кабель 2x0,5min, 8 – патч-корд Crossover Ethernet cat. 5E, 9 – кабель 6x0,5min).

В практике проектирования слаботочных систем встречается ряд типичных ошибок, которые оказывают значительное влияние на надежность, безопасность и эксплуатационные характеристики инженерной инфраструктуры. Одной из наиболее распространенных ошибок является недостаточный анализ исходных требований и сценариев эксплуатации, поскольку в проект не закладывается возможность масштабирования, модернизации и интеграции с другими инженерными системами. Данное обстоятельство приводит к быстрой моральной и технической устарелости системы, необходимости дорогостоящих доработок или полной замены на этапе эксплуатации.

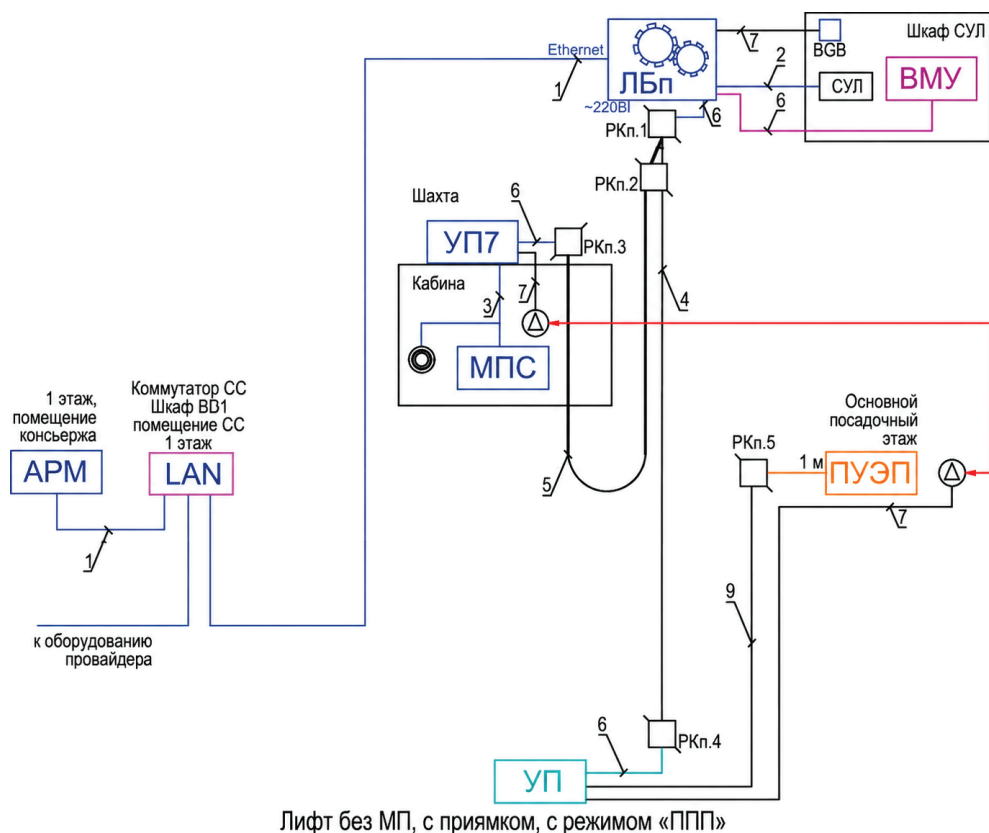


Рис. 4.1.20. Структурная схема АВТ

Еще одной ошибкой выступают игнорирование требований электромагнитной совместимости и неправильная прокладка кабельных трасс. Нередко слаботочные кабели размещаются вплотную к силовым линиям, что приводит к возникновению электромагнитных наводок, сбоям в передаче данных и снижению надежности работы оборудования. Для предотвращения подобных проблем необходимо использовать экранированные кабели, соблюдать минимальные расстояния между линиями различного назначения и обеспечивать физическое разделение трасс. Применение современных стандартов и правил монтажа позволяет существенно повысить устойчивость системы к внешним помехам.

Часто встречаются ошибки, связанные с недостаточным резервированием критических компонентов и каналов передачи данных. В результате любой отказ одного из элементов приводит к потере работоспособности всей системы или ее части. Для предотвращения подобных ситуаций следует проектировать дублирующие каналы связи, использовать источники бесперебойного питания и предусматривать горячую замену оборудования. Важно закладывать в проект схемы автоматического переключения на резервные тракты и регулярное тестирование резервных функций.

Недостаточное внимание вопросам информационной безопасности также приводит к уязвимости слабых систем. Отсутствие сегментации сетей, слабая политика аутентификации и авторизации, неиспользование шифрования данных открывают возможности для несанкционированного доступа, утечки или подмены информации. Для предотвращения данных ошибок внедряются многоуровневые системы контроля доступа, современные протоколы шифрования, ведение журналов событий и регулярные аудиты безопасности. Важно интегрировать политику безопасности на всех уровнях проектирования и эксплуатации.

Еще одной типичной ошибкой становится неправильный выбор оборудования, не соответствующий реальным условиям эксплуатации. Пренебрежение требованиями по климатической стойкости, энергоэффективности, поддержке резервирования и совместимости с существующей инфраструктурой приводит к преждевременным отказам, увеличению расходов на обслуживание и невозможности интеграции новых компонентов. Рациональный выбор оборудования должен основываться на анализе технических характеристик, сертификации, наличии сервисной поддержки и опыте использования аналогичных решений.

Таким образом, системный анализ теоретических аспектов проектирования сетей связи как неотъемлемой составляющей инженерной инфраструктуры объектов капитального строительства формирует целостную методологическую основу для разработки проектной и рабочей документации СС, обеспечивающей безопасность, надежность, масштабируемость и экономическую эффективность принимаемых решений на всех этапах жизненного цикла объекта.

4.2. Проектирование сетей связи в nanoCAD BIM СКС

Для создания системы структурированных кабельных сетей используем ПО nanoCAD BIM СКС. Стоит отметить, что данный проект носит демонстрационный характер и не претендует на корректность построения системы с предметной точки зрения. Рассматриваемый в данном пункте функционал приведен для ознакомления с базовыми функциями nanoCAD BIM СКС, и указанная для него информация не охватывает весь его функционал.

При построении системы СКС важно определить, какое будет использоваться оборудование на территории объекта, его характеристики, а также какие кабели будут применяться при прокладке кабельных трасс. Кроме того, необходимо спроектировать топологию структурированных кабельных сетей. В рассматриваемом примере планируется подключение двух IP-камер видеонаблюдения (одна на входе в дом на 1-м этаже, одна на запасном выходе на цокольном этаже), маршрутизатора, размещенного в холле 1-го этажа, подключение телевизора в зале на 1-м этаже и одной из спален на 2-м этаже к сети через розетку RJ45, оснащение рабочих мест в кабинете на 1-м этаже и в одной из спален на 2-м этаже розетками RJ45. Все указанное оборудова-

ние для доступа в сеть Ethernet должно быть подключено через монтажный шкаф цокольного этажа.

Работа в nanoCAD BIM СКС начинается с создания нового либо открытия уже существующего проекта. Для этого необходимо вызвать окно **Менеджер проекта** нажатием соответствующей кнопки в пункте меню **СКС** в разделе **Проект**. Данное окно содержит функционал, необходимый для создания и управления проектом, добавления новых планов, формирования документов и т. д. По аналогии с предыдущими главами данного методического пособия необходимо определить модель здания, что требуется для обеспечения корректности работы функционала рассматриваемого ПО.

Большое количество свойств можно задавать в окне **Настройки** (рис. 4.2.1), вызываемом из раздела **Управление проектом**. В данном окне все настройки делятся на 2 вида: настройки системы (используются для разных проектов) и настройки текущего проекта. В пункте **Свойства проекта** выберем свойство **Панель горизонтального кросса**. Здесь по нажатию кнопки с многоточием можно задать патч-панель, которая будет использоваться программой при формировании подключений во всех шкафах проекта. В противном случае после размещения УГО шкафа на плане этажа для каждого отдельного шкафа потребуется указывать марку используемой в нем патч-панели, что в некоторых ситуациях может быть неудобно.

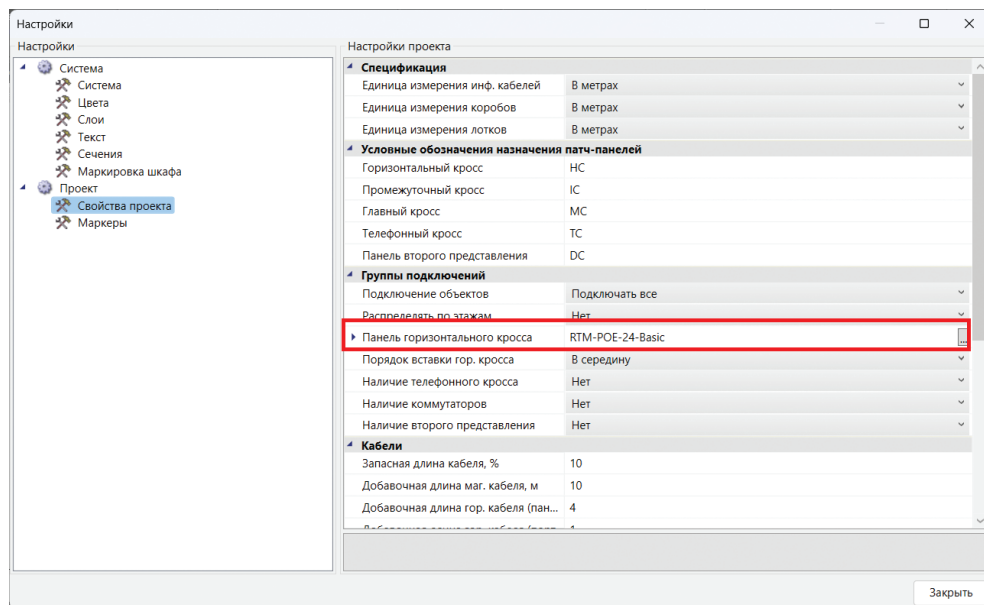


Рис. 4.2.1. Настройка свойств проекта

На следующем этапе создадим конфигурации рабочих мест. Для этого необходимо в разделе **УГО** нажать на кнопку **Мастер РМ** (рис. 4.2.2).

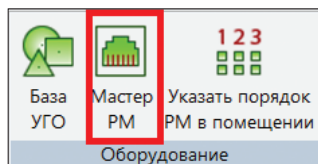


Рис. 4.2.2. Мастер конфигурации рабочих мест

В появившемся окне изменяем конфигурацию рабочих мест путем нажатия кнопки с символом многоточия напротив одноименного свойства. В появившемся окне **База данных оборудования** необходимо нажатием правой кнопки мыши на строке **Конфигурация РМ** (рис 4.2.3) вызвать контекстное меню и выбрать пункт **Добавить элемент** (рис. 4.2.4).

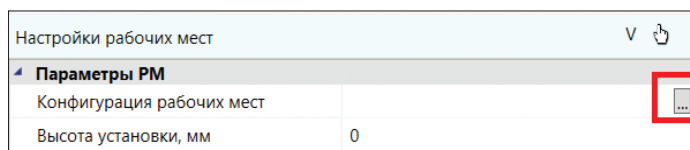


Рис. 4.2.3. Изменение конфигурации рабочих мест

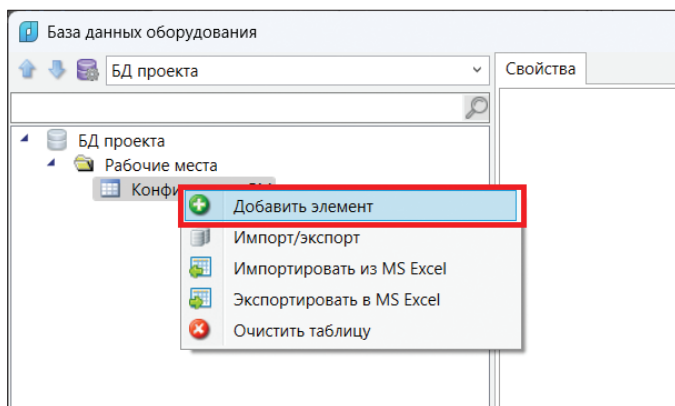


Рис. 4.2.4. Добавление элемента конфигурации рабочего места

Создадим накладную СКС-розетку для подключения камер видеонаблюдения. Для созданной конфигурации (появившейся в виде зеленой круглой метки под строкой **Конфигурация РМ**) зададим следующие свойства:

- ◆ имя конфигурации: накладная;
- ◆ префикс маркировки: Н;
- ◆ сквозная маркировка портов: нет;
- ◆ высота установки, мм: 3040;
- ◆ цвет: синий (Blue);
- ◆ выводить на печать: да;
- ◆ толщина линий: 0,5;

- ♦ высота, мм: 200;
- ♦ ширина, мм: 200;
- ♦ глубина, мм: 200.

На следующем этапе добавим элементы, из которых будет состоять конфигурация. Для этого необходимо выбрать в верхней части правой половины окна базы данных оборудования строку **Накладная** и нажать на кнопку **Добавить** (рис. 4.2.5). В открывшемся окне базы данных оборудования необходимо выбрать оборудование, которое планируется добавить. В рассматриваемом примере добавим коробку в сборе с 1 розеткой RJ45. После нажатия кнопки **ОК** окна **База данных оборудования** сведения о выбранном оборудовании копируются в БД проекта. В структуре формируемой конфигурации рабочего места появляется информация о добавленном оборудовании (рис. 4.2.6).

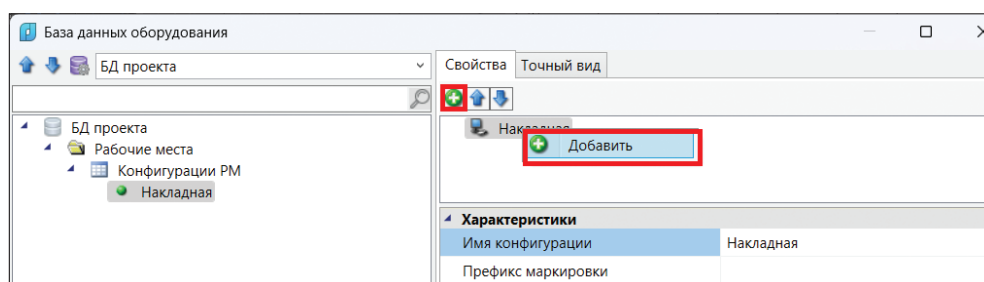


Рис. 4.2.5. Добавление элементов конфигурации

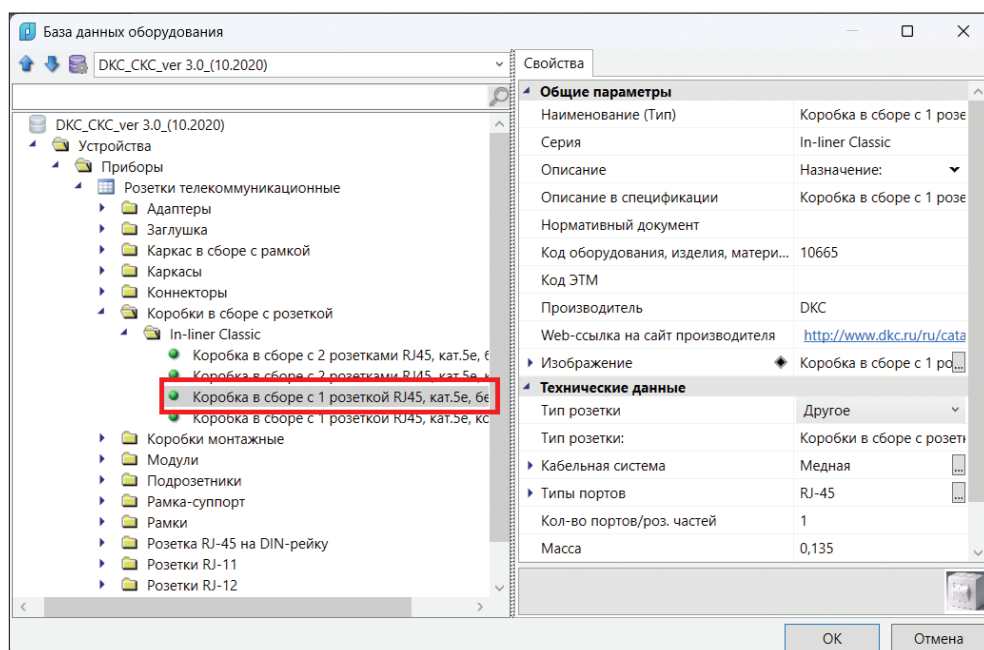
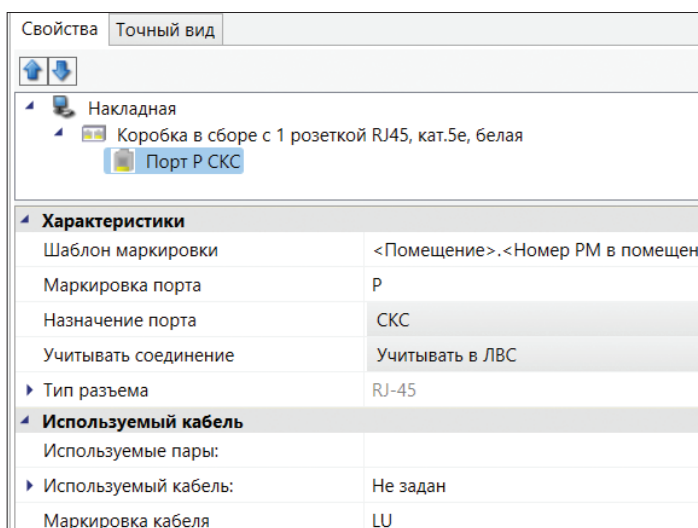


Рис. 4.2.6. Выбор короба в сборе с 1 розеткой RJ45

При выборе добавленного оборудования одним нажатием левой кнопки мыши появится возможность задать его параметры. В данном случае можно задать параметры порта Р СКС (рис. 4.2.7).

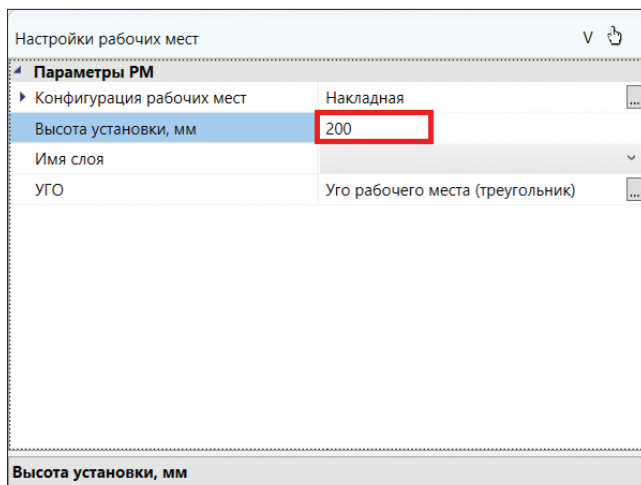


Свойства	
Точный вид	
Накладная Коробка в сборе с 1 розеткой RJ45, кат.5е, белая Порт Р СКС	
Характеристики	
Шаблон маркировки	<Помещение>.<Номер РМ в помещен
Маркировка порта	P
Назначение порта	СКС
Учитывать соединение	Учитывать в ЛВС
Тип разъема	RJ-45
Используемый кабель	
Используемые пары:	
Используемый кабель:	Не задан
Маркировка кабеля	LU

Рис. 4.2.7. Свойства порта Р СКС

Для свойства **Используемый кабель** при помощи нажатия на кнопку с символом **Многоточие** зададим кабель **CAT 5e, U/UTP, LSLTx**.

После формирования конфигурации рабочего места расставим накладные розетки в соответствующих помещениях. Розетки для камер видеонаблюдения разместим на высоте 200 мм от потолка (рис. 4.2.8). Остальные розетки – на высоте 200 мм от пола. Выставив высоту установки объекта в окне **Настройка рабочих мест**, устанавливаем розетки в нужное место на нужной высоте.



Настройки рабочих мест	
Параметры РМ	
Конфигурация рабочих мест	Накладная
Высота установки, мм	200
Имя слоя	
УГО	Уго рабочего места (треугольник)
Высота установки, мм	

Рис. 4.2.8. Указание высоты размещения розеток

Далее установим монтажный шкаф. Для этого необходимо открыть базу УГО (раздел **Оборудование**). В окне **База УГО** в дереве базы данных слева выбираем папку **Монтажный шкаф**. В правой части окна выбираем нужное нам УГО (рис. 4.2.9).

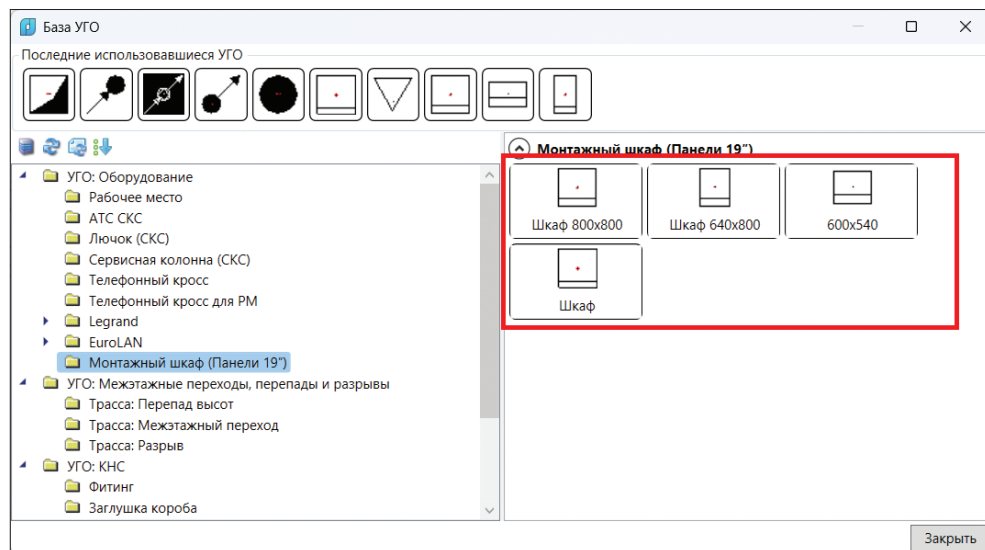


Рис. 4.2.9. Выбор конфигурации монтажного шкафа

Далее размещаем УГО монтажного шкафа в серверной на цокольном этаже здания. После этого выбираем марку шкафа из базы данных и задаем нужные свойства (рис. 4.2.10). В появившемся окне **Свойства конструктива** зададим следующие параметры монтажного шкафа (рис. 4.2.11):

- ◆ имя (маркировка): Шк1;
- ◆ номер на этаже: 1;
- ◆ номер шкафа: 1.

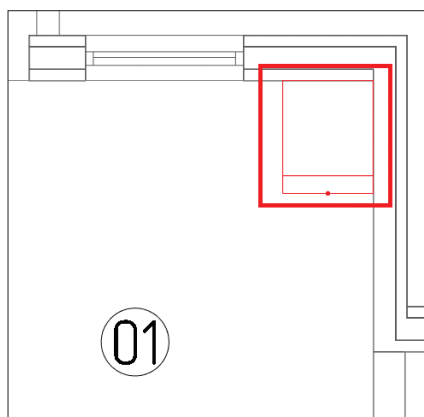


Рис. 4.2.10. Установка УГО монтажного шкафа

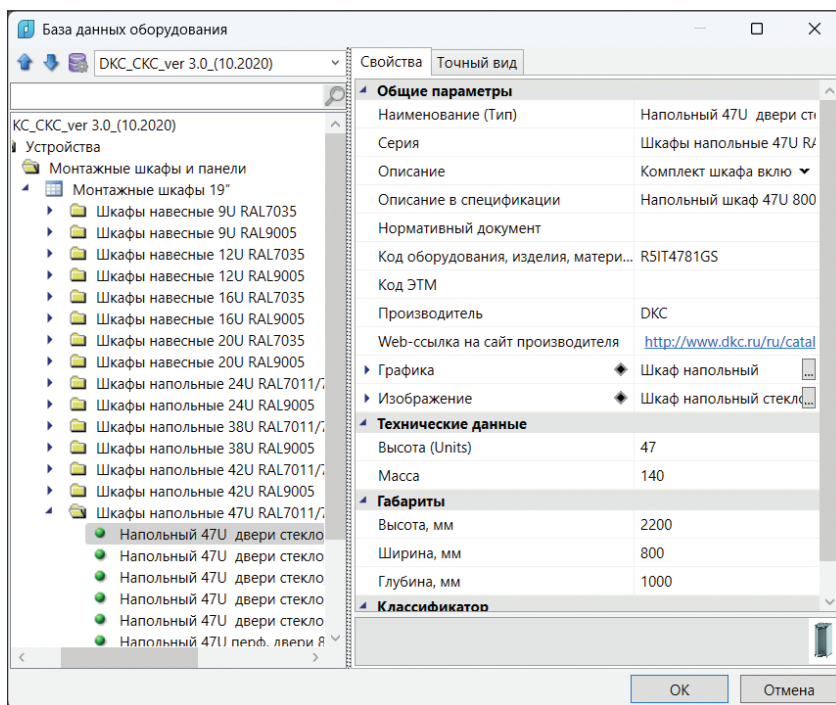


Рис. 4.2.11. Выбор и настройка свойств монтажного шкафа

Для того чтобы nanoCAD BIM CKS мог сформировать обозначения расставленных на чертежах элементов проектируемой системы CKS, нажмем кнопку **Обновить модель** в разделе **Вид** (рис. 4.2.12).

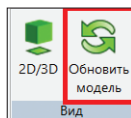


Рис. 4.2.12. Обновление модели

Далее откроем электротехническую модель проекта (ЭТМ), нажав на кнопку **ЭТМ** в разделе **Проект** (рис. 4.2.13).

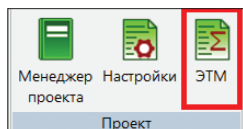


Рис. 4.2.13. Электротехническая модель

При открытии электротехнической модели рабочие места отражаются в средней области. Для удобства можно изменять типы сортировки: по зданиям (рис. 4.2.14), по помещениям (рис. 4.2.15), по оборудованию (рис. 4.2.16). Для большего удобства работы с оборудованием используем сортировку по оборудованию.

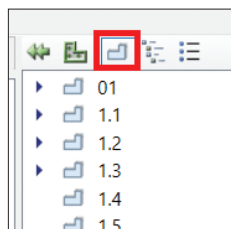


Рис. 4.2.14. Сортировка по помещениям

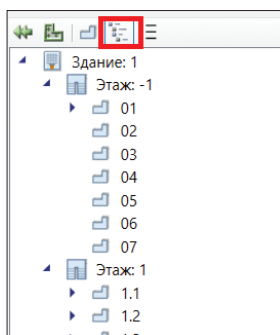


Рис. 4.2.15. Сортировка по зданиям

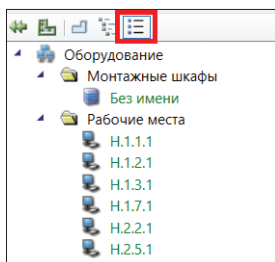


Рис. 4.2.16. Сортировка по оборудованию

Воспользовавшись сортировкой по оборудованию (рис. 4.2.17), выделим все оборудование и подключим его к шкафу при помощи кнопки **Подключить**. После этого в свойстве оборудования раскрываем группу свойств **Панель горизонтального кросса** и в свойстве **Метод распред. подключ.** выбираем **Авт. распред. по группе панелей** (рис. 4.2.18).

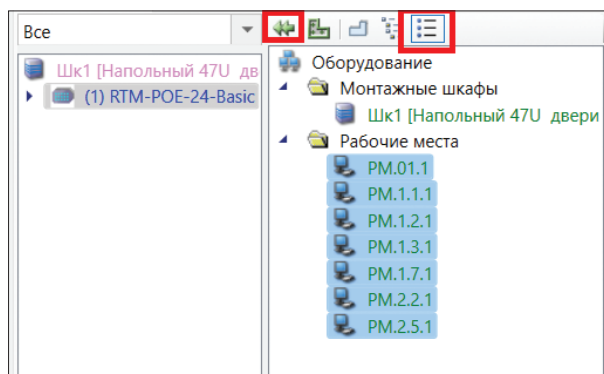


Рис. 4.2.17. Сортировка и подключение оборудования

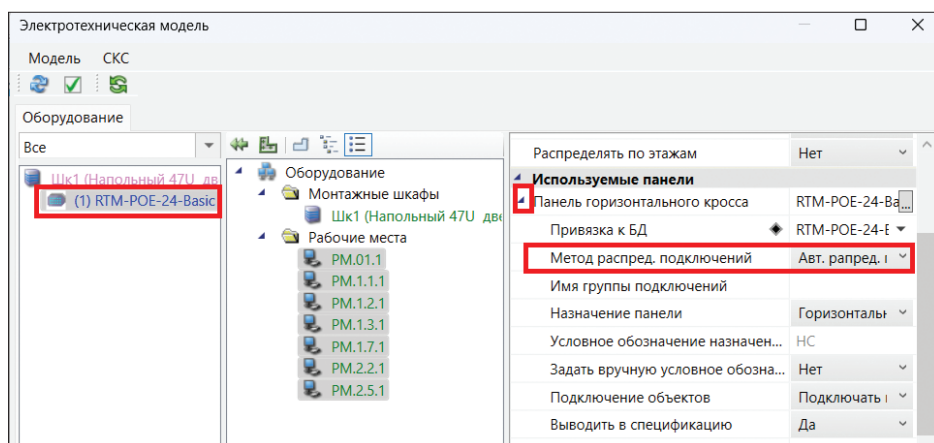


Рис. 4.2.18. Выбор метода распределения подключений

В том случае, если подключение произведено правильно, наименование оборудования станет зеленым (рис. 4.2.19).

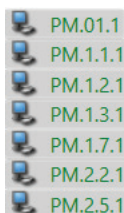


Рис. 4.2.19. Изменение цвета наименования оборудования

Раскроем строку **Группа подключений** на левой панели окна **Электротехническая модель**, затем строку **Излишние подключения**. В начальный момент распределение кабелей по патч-панелям отсутствует. Чтобы выполнить это распределение, нужно выделить строку **Группа подключений**, вызвать контекстное меню и выбрать пункт **Создать структуру группы** (рис. 4.2.20). Программа рассчитает необходимое количество патч-панелей и откроет окно.

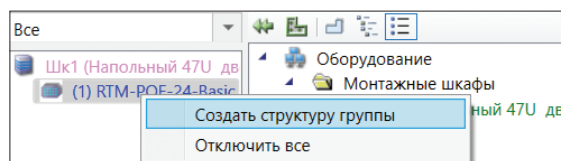


Рис. 4.2.20. Создание структуры группы

На следующем этапе произведем прокладку кабельных трасс путем использования конфигураций кабеленесущей системы, являющихся набором настроек и конструктивных элементов. Для этого воспользуемся внутренним функционалом ПО, нажав на кнопку **Проложить** в разделе **Трассы** (рис. 4.2.21).

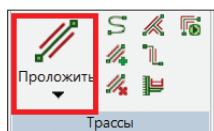


Рис. 4.2.21. Кнопка прокладки трассы

В открывшемся окне **Настройки трассы** необходимо зайти в настройки кабеленесущих систем нажатием кнопки с многоточием (рис. 4.2.22).

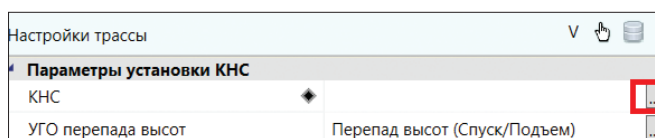


Рис. 4.2.22. Настройка КНС

В появившемся окне базы данных оборудования выбираем необходимый тип кабеленесущей системы. В данном проекте кабели прокладываться будут в коробе по поверхности стены на высоте 200 мм. Поэтому выбираем тип конфигурации трасс лотков **Крепление к стене** либо аналогичный. Задаем свойства КНС (рис. 4.2.23) и нажимаем **ОК**.

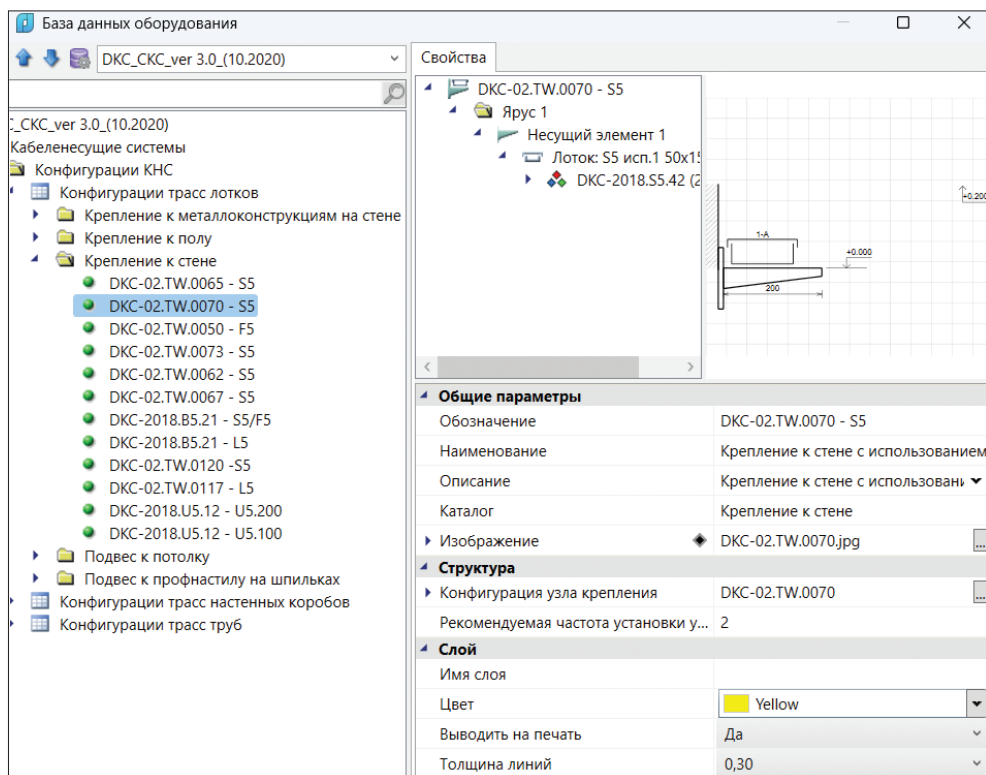


Рис. 4.2.23. Выбор КНС

Далее задаем настройки прокладываемой КНС в окне **Настройка трассы** и приступаем к прокладке трассы (рис. 4.2.24). Для этого наводим курсор на красные точки внутри УГО оборудования, которое необходимо подключить. При появлении зеленой окружности вокруг красной точки нажимаем левую кнопку мыши. Таким образом прокладываем трассу.

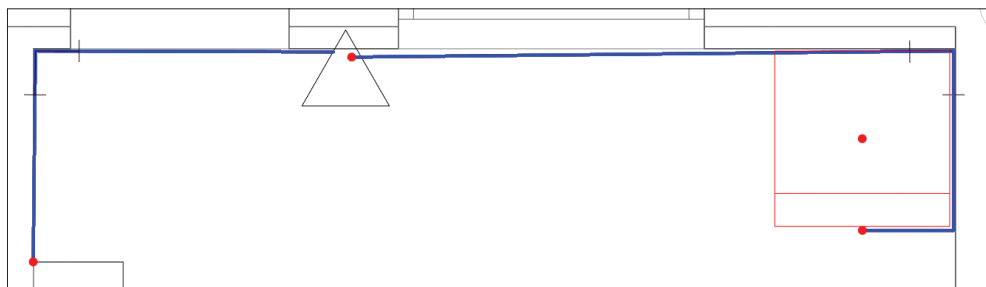


Рис. 4.2.24. Прокладка трассы

При прокладывании трассы УГО кабеля, как и УГО оборудования, имеет красную окружность, символизирующую место подключения оборудования. Для подключения необходимо выделить УГО оборудования и совместить красный мар-

кер оборудования с красным маркером кабеля. В том случае, если необходимо осуществить изменение высоты прокладки КНС, можно воспользоваться функцией **Установить перепад высот**, находящейся в разделе **Трассы** (рис. 4.2.25).

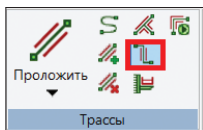


Рис. 4.2.25. Установка перепада высот

Таким образом, мы соединили трассу, идущую из монтажного шкафа, с видеокамерой цокольного помещения. Для соединения шкафа с остальным оборудованием, находящимся на других этажах, необходимо выполнить межэтажные переходы. Для этого необходимо создать кабельный стояк, вызвав **Базу УГО** и установив на всех этажах, через которые проходит стояк, УГО межэтажных переходов (рис. 4.2.26).

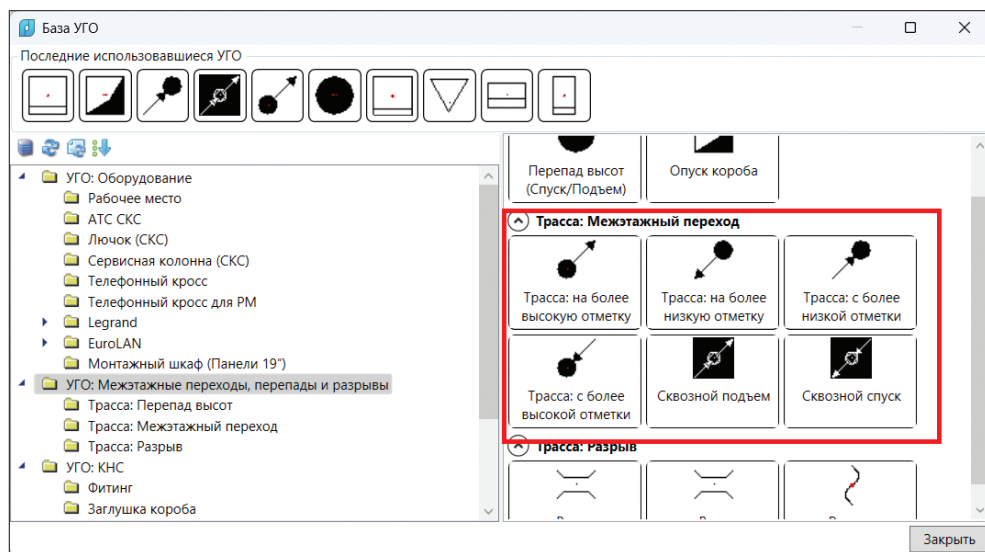


Рис. 4.2.26. УГО межэтажных переходов

База УГО содержит 6 видов межэтажных переходов: подъем на следующий этаж (трасса: на более высокую отметку), опуск на этаж ниже (трасса: на более низкую отметку), подъем с нижнего этажа (трасса: с более низкой отметки), опуск с верхнего этажа (трасса: с более высокой отметки), сквозной подъем с нижнего этажа на верхний, сквозной спуск с верхнего этажа на нижний.

Разметим межэтажные переходы в серверной на цокольном этаже. На последующих этажах межэтажные переходы выполним в соответствующих местах (рис. 4.2.27–4.2.29). При размещении стояков необходимо учесть высоту пролегающих кабелей. Кроме того, УГО, относящиеся к одному и тому же стояку (рис. 4.2.30), должны иметь одно и то же название.

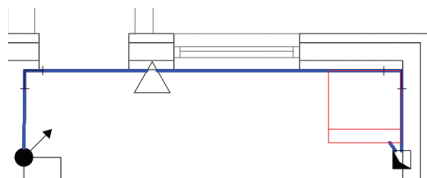


Рис. 4.2.27. План размещения оборудования в серверной на цокольном этаже

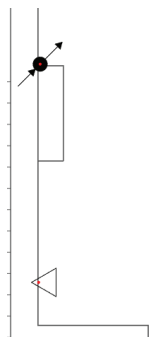


Рис. 4.2.28. План размещения оборудования в зале на 1-м этаже

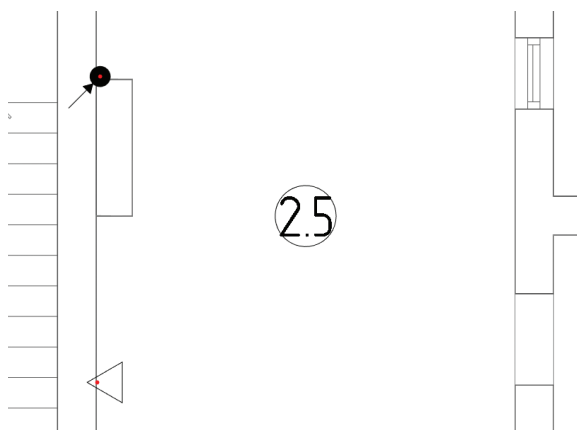


Рис. 4.2.29. План размещения оборудования в спальне на 2-м этаже

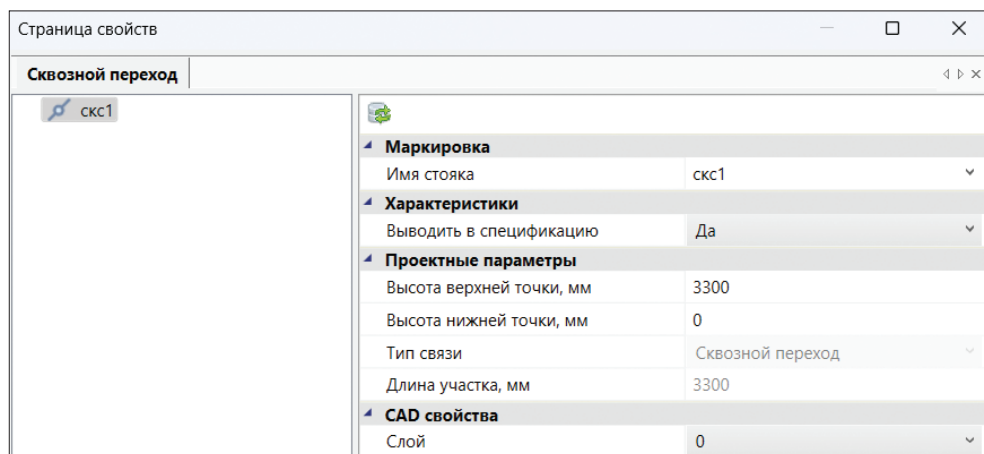


Рис. 4.2.30. Свойства межэтажного перехода

После расстановки УГО межэтажных переходов проложим к ним кабели от оборудования до стояков на других этажах (рис. 4.2.31–4.2.33).

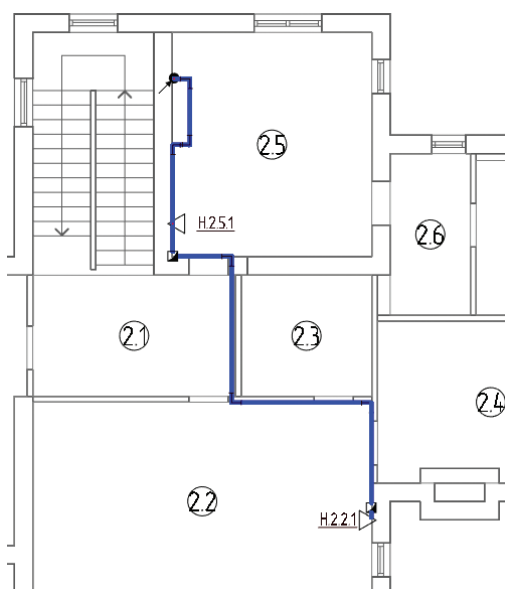


Рис. 4.2.31. План размещения оборудования на 2-м этаже

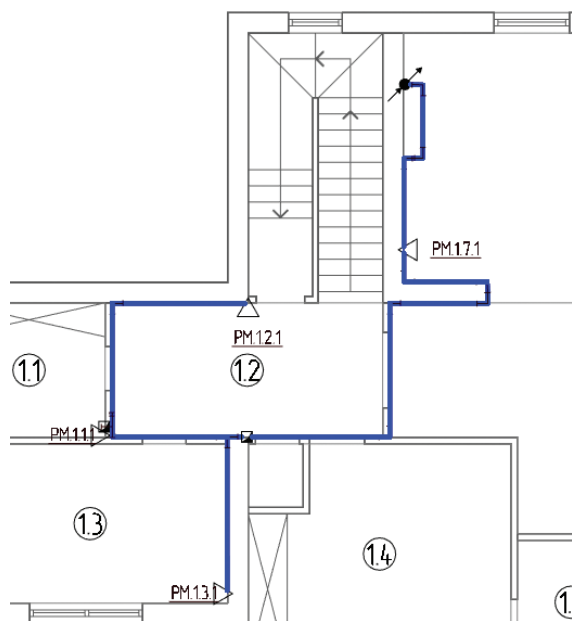


Рис. 4.2.32. План размещения оборудования на 1-м этаже

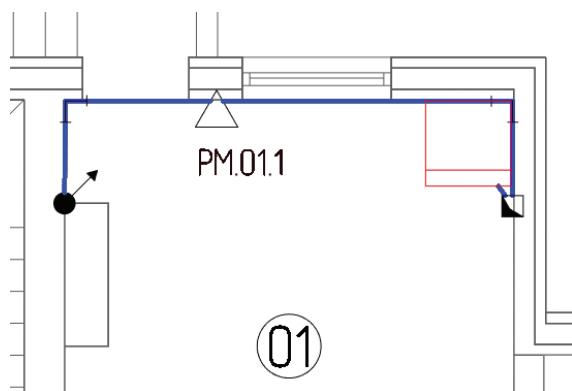


Рис. 4.2.33. План размещения оборудования на цокольном этаже

Для всех рабочих мест на чертеже можно произвести автоматическую расстановку обозначений. Эта операция проводится отдельно для каждого этажа. Для ее выполнения нажмем кнопку **Автоматическая установка выносок РМ** в разделе **Оформление** (рис. 4.2.34).

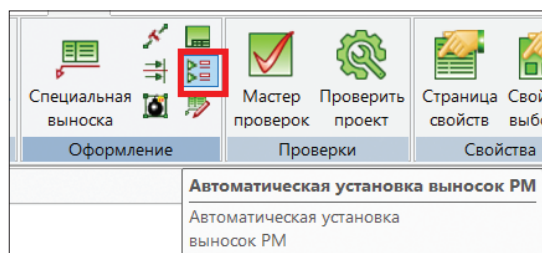


Рис. 4.2.34. Расположение кнопки **Автоматическая установка выносок РМ**

В появившемся окне выберем пункт **Обозначение: Многострочная** (рис. 4.2.35).

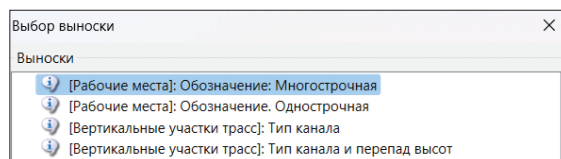


Рис. 4.2.35. Окно выбора типа выносок

Если на чертеже необходимо обозначить не рабочие места, а соответствующие им порты, необходимо нажать кнопку **База данных оборудования** в разделе **БД** и задать соответствующий параметр.

Дальнейшим шагом проведем проверку выполненной работы. Для этого нажмем на кнопку **Мастер проверки** в разделе **Проверки**. В случае возникновения ошибок при выполнении проекта **Мастер проверки** сообщит о них в виде красных крестиков и перечня неисправностей в правой половине окна **Мастера проверки** (рис. 4.2.36–4.2.37).

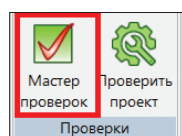
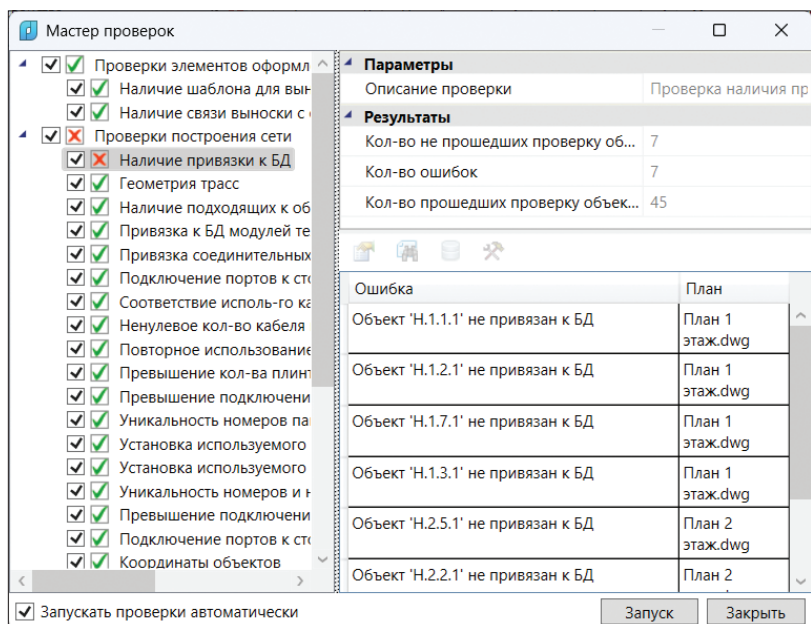


Рис. 4.2.36. Расположение кнопки **Мастер проверки**

Рис. 4.2.37. Окно **Мастер проверок**

На данном этапе построение системы СКС окончено. Для подготовки и вывода итоговых документов в текстовый или табличный редактор необходимо убедиться в правильности заданных значений в группе параметров **Генерация отчетов** в настройках проекта. Формирование и вывод итоговых документов (экспликация помещений, спецификации оборудования и т. д.) производится аналогично с тем, как это делалось в предыдущих разделах методического пособия.

ГЛАВА 5

Индивидуальные задания для проектирования инженерных систем

Для выполнения практической части скачайте исходные файлы по ссылке <https://corp.nanocad.ru/~x4w5k>, указанной на стр. 6 во введении.

Индивидуальные задания разработаны в соответствии с главами 2–4, предполагающими проверку способности студентов разрабатывать проекты инженерных систем. На данном этапе необходимо обладать навыками работы в Платформе nanoCAD, nanoCAD BIM Электро, nanoCAD BIM ОПС и nanoCAD BIM СКС, включая создание проекта, настройку проекта и программы, подключение планов различных форматов, автоматическое и ручное создание этажей и помещений, а также возможности импорта модели здания из IFC-файлов.

Исходные данные для вариантов могут различаться этажностью, составом помещений, фирмами используемого оборудования и задаются преподавателем.

5.1. Системы электроснабжения

Индивидуальные задания разработаны в соответствии с главой 2 «Теоретические и практические основы проектирования систем электроснабжения 0,4 кВ». На каждом этапе преподаватель задает студенту определенный вариант (*варианты 1–10*), который задает фирму, марку и тип используемого оборудования.

База данных для выполнения индивидуальных проектов доступна во вкладке **Базы оборудования** на официальном сайте ООО «Нанософт разработка».

Индивидуальные задания для проектирования систем электроснабжения

1. Создать планы каждого типового и нетипового этажей, включая размещения помещений.
2. Расставить маркировки помещений с указанием сведений в соответствии с табл. 5.1.1.

Таблица 5.1.1. Маркировки помещений

№	№ варианта	Сведения для помещения
1	1	Наименование помещения, площадь помещения
2	2	Наименование помещения, площадь помещения, нормируемая освещенность
3	3	Наименование помещения, нормируемая освещенность
4	4	Номер помещения, площадь помещения
5	5	Номер помещения, нормируемая освещенность
6	6	Номер помещения, площадь помещения, нормируемая освещенность
7	7	Номер помещения, наименования помещения, площадь помещения
8	8	Номер помещения, наименования помещения, нормируемая освещенность
9	9	Наименование помещения, площадь помещения, пожароопасное помещение
10	10	Наименование помещения, площадь помещения, взрывоопасное помещение

3. *Освещение*: необходимо предусмотреть аварийное и рабочее освещение. Размещение аварийных светильников предусмотреть в соответствии с действующими нормативными документами. Марка и тип светильника определяются в соответствии с *вариантами 1–10*.

Нормируемая освещенность принимается в соответствии с прототипами помещений.

4. *Технологическое задание*: необходимо предусмотреть следующие электроприемники в соответствии с табл. 5.1.2. Марка и тип электроприемника определяются в соответствии с *вариантами 1–10*.

Дополнительно необходимо выгрузить оценочный расчет нагрузок в Word или Excel.

Таблица 5.1.2. Электроприемники

№	Вариант	Электроприемники				
1	1	ЛП – АД (7,6 кВт) $n = 1$	ЛП – АД (11 кВт) $n = 2$	ТЗ – Н (6 кВт) $n = 1$	В – АД (1,5 кВт) $n = 1$	К – КЭП (2,5 кВт) $n = 2$
2	2	ЛП – АД (3 кВт) $n = 2$	ЛП – АД (5,5 кВт) $n = 1$	ТЗ – Н (3 кВт) $n = 1$	В – АД (0,75 кВт) $n = 2$	К – КЭП (3 кВт) $n = 1$
3	3	ЛП – АД (5,5 кВт) $n = 2$	ЛП – АД (22 кВт) $n = 2$	ТЗ – Н (2 кВт) $n = 1$	В – АД (4 кВт) $n = 1$	К – КЭП (5,5 кВт) $n = 1$
4	4	ЛП – АД (5 кВт) $n = 2$	ЛП – АД (10 кВт) $n = 1$	ТЗ – Н (5 кВт) $n = 1$	В – АД (3 кВт) $n = 2$	К – КЭП (0,75 кВт) $n = 1$

Окончание табл. 5.1.2

№	Вариант	Электроприемники				
5	5	ЛП – АД (7,5 кВт) $n = 2$	ЛП – АД (13,5 кВт) $n = 1$	ТЗ – Н (9 кВт) $n = 2$	В – АД (5,5 кВт) $n = 1$	К – КЭП (3 кВт) $n = 2$
6	6	ЛП – АД (4 кВт) $n = 2$	ЛП – АД (7,6 кВт) $n = 1$	ТЗ – Н (9 кВт) $n = 1$	В – АД (11 кВт) $n = 1$	К – КЭП (4 кВт) $n = 2$
7	7	ЛП – АД (1,5 кВт) $n = 2$	ЛП – АД (4 кВт) $n = 2$	ТЗ – Н (3 кВт) $n = 1$	В – АД (5 кВт) $n = 1$	К – КЭП (6 кВт) $n = 2$
8	8	ЛП – АД (4 кВт) $n = 1$	ЛП – АД (11 кВт) $n = 1$	ТЗ – Н (2 кВт) $n = 2$	В – АД (5,5 кВт) $n = 2$	К – КЭП (2 кВт) $n = 2$
9	9	ЛП – АД (3 кВт) $n = 1$	ЛП – АД (4 кВт) $n = 2$	ТЗ – Н (6 кВт) $n = 1$	В – АД (3 кВт) $n = 1$	К – КЭП (2,5 кВт) $n = 2$
10	10	ЛП – АД (1,5 кВт) $n = 2$	ЛП – АД (5,5 кВт) $n = 1$	ТЗ – Н (5 кВт) $n = 1$	В – АД (1,5 кВт) $n = 1$	К – КЭП (1,5 кВт) $n = 2$
Примечание: ЛП – лифт пассажирский; ТЗ – тепловая завеса; К – кондиционер; В – вентилятор; АД – асинхронный двигатель; Н – нагреватель; КЭП – комплексный электроприемник; n – количество электроприемников. В скобках указана мощность электродвигателя. Остальные характеристики необходимо учитывать с учетом справочной информации						

5. Работа с базой условных графических обозначений: установку электроприемников, представленных в п. 4, необходимо предусмотреть в соответствии с вариантами 1–10.

Также необходимо предусмотреть установку розеток и выключателей в соответствии с вариантами 1–10.

Высота установки розеток и выключателей для вариантов приведена в табл. 5.1.3.

Таблица 5.1.3. Установка розеток и выключателей

№	Вариант	Высота установки, мм	
		Розетка	Выключатель
1	1		
2	2	500	1000
3	3	700	1200
4	4	600	1100
5	5	400	1050
6	6	1000	1150
7	7	800	1250

Окончание табл. 5.1.3

№	Вариант	Высота установки, мм	
8	8	900	1000
9	9	650	900
10	10	850	950

6. *Распределительные устройства*: предусмотреть установку щита группового рабочего освещения (ЩРО) и аварийного освещения (ЩАО), при этом марка выбирается в соответствии с вариантами 1–10.

В структуру ЩРО необходимо добавить фидер, который нужно укомплектовать коммутационной аппаратурой. Необходимо предусмотреть 1 вводной фидер, 6 отходящих фидеров для сети рабочего освещения, 1 отходящий фидер для розеточной сети.

В структуру ЩАО необходимо добавить фидер, который нужно укомплектовать коммутационной аппаратурой. Также необходимо предусмотреть 1 вводной фидер, 6 отходящих фидеров для сети аварийного освещения.

При этом во вводном фидере необходимо предусмотреть установку автоматического выключателя, для фидеров осветительной сети и ответвительных групп розеточной сети – УЗДП с автоматическими выключателями, для фидера розеточной сети – УЗО.

Марка коммутационной аппаратуры выбирается в соответствии с вариантами 1–10.

Дополнительно необходимо установить на план щит ВРУ и заполнить значения соответствующих параметров для распределительного ВРУ.

Марка и тип ВРУ выбираются в соответствии с вариантами 1–10.

7. *Кабельные трассы*: марка кабеленесущей системы для коридоров выбирается в соответствии с вариантами 1–10. Предусмотреть поверхность крепления потолок. Высота прокладки указанной системы для вариантов приведена в табл. 5.1.4. Высота прокладки предусматривает расстояние от высотной отметки этажа.

Таблица 5.1.4. Высота прокладки КНС

№	№ варианта	Высота прокладки, мм	№ варианта	Высота прокладки, мм
1	1	200	1	250
2	2	150	2	275
3	3	100	3	225
4	4	300	4	210
5	5	175	5	150

Кабельные трассы до розеток необходимо проложить на высоте 900 мм, при этом марка кабельного канала выбирается в соответствии с вариантами 1–10.

Опуски к выключателям необходимо предусмотреть в ПВХ кабель-каналах (25×30), а опуски к встраиваемым светильникам – гофрированной трубой. Опуски к распределительным шкафам необходимо выполнить кабельным каналом с крышкой, с направляющими для установки разделителей.

В зависимости от количества этажей и разветвленности необходимо предусмотреть межэтажные переходы. Количество стояков определяется в соответствии с вариантами 1–10.

8. *Подключение элементов электрической сети:* к щиту группового рабочего (ЩРО) и аварийного освещения (ЩАО) необходимо равномерно подключить светильники.

Также необходимо светильники подключить к выключателям. Дополнительно необходимо проложить кабели от всех групп щита ЩРО и ЩАО.

Электроприемники в соответствии с вариантами, представленными в табл. 5.1.2, необходимо подключить к ВРУ.

9. *Работа с электротехнической моделью:* следует произвести выбор кабелей и коммутационных аппаратов по условию длительно допустимой нагрузки для ЩРО, ЩАО и ВРУ.

Дополнительно необходимо произвести проверку кабелей и коммутационных аппаратов по условиям пускового режима, режима короткого замыкания и потерям напряжения для ЩРО, ЩАО и ВРУ.

10. *Разветвительные коробки и соединительные элементы КНС:* необходимо произвести подбор и расстановку разветвительных коробок. При этом марка разветвительных коробок выбирается в соответствии с вариантами 1–10.

Дополнительно следует проверить правильную ориентацию всех трасс с кабельными каналами, а также провести автоматический подбор соединительных элементов в виде установки фитинга.

11. *Раскладка кабелей в трассе:* необходимо предусмотреть раскладку кабелей в трассе с учетом определенного типа укладки кабеля, который определяется в соответствии с вариантами 1–10. Допустимое заполнение трасс для вариантов представлено в табл. 5.1.5.

Таблица 5.1.5. Заполнение трасс

№	№ варианта	Допустимое заполнение, %	№ варианта	Допустимое заполнение, %
1	1	25	6	24
2	2	30	7	27
3	3	33	8	32
4	4	28	9	37
5	5	35	10	36

12. *Проверка проекта:* следует произвести проверку разработанного проекта на наличие ошибок и при необходимости проанализировать сообщения об ошибках и исправить.

Дополнительно в соответствии с табл. 5.1.6 нужно показать факторы или случаи, при которых проверка не будет пройдена.

Таблица 5.1.6. Перечень проверок

№	№ варианта	Перечень проверок
1	1	1. Проверка наличия привязки оборудования к БД. 2. Привязка ТО к ГХ. 3. Проверка электроустановочных изделий – $ln > lp$
2	2	1. Подключение оборудования к фидерам. 2. Проверка принадлежности потребителей группы к одной ГХ. 3. Проверка кабелей – $Id.д. > lr$
3	3	1. Наличие каналов в трассах. 2. Проверки кабельных трасс – геометрия трасс. 3. Проверка коммутационных аппаратов – $lr > lp$
4	4	1. Проверка соответствия фазности потребителей фазности фидера. 2. Проверка соответствия фазности фидеров внутри шкафа. 3. Проверка кабелей – $Id.д. > lp$
5	5	1. Проверка уникальности маркировки оборудования. 2. Проверка наличия вводных фидеров шкафов. 3. Проверка коммутационных аппаратов – $lm > lпуск$
6	6	1. Проверка наличия связи выноски с объектом. 2. Правильность задания ГХ. 3. Проверка кабелей – $T_{доп} > T_{нагр}$
7	7	1. Проверка наличия неиспользованных секций выключателей/переключателей. 2. Проверка уникальности обозначения помещений в здании. 3. Проверка коммутационных аппаратов – $Pn > Pp$
8	8	1. Проверка соответствия розеток и подводимых кабелей по заземлению. 2. Проверка раскладки кабелей в трассе. 3. Проверка коммутационных аппаратов – $lcm > lkз уд.$
9	9	1. Проверка подключения вводных фидеров шкафа. 2. Проверка принадлежности оборудования к помещениям. 3. Проверка кабелей – $U > U_{доп}$
10	10	1. Проверка наличия трасс, подключенных к объекту. 2. Проверка соответствия номеров этажей и зданий. 3. Проверка коммутационных аппаратов – $lm > lkз min$

13. *Формирование выходных документов:* необходимо выполнить экспорт 3D-модели типового или нетипового этажа в формат DWG. Предусмотреть размещение на планах этажей соответственно экспликации помещений.

Также необходимо сформировать выноску ко всем элементам ВІМ Электро (отметка верх/низ, к кабельной трассе, к светильникам, к розеткам, к выключателям и т. д.), а также предусмотреть выноску сечения кабельных трасс.

Для завершения полноценного проекта по системам электроснабжения необходимо выполнить подключение выходных документов к проекту и сформировать следующие документы:

- ◆ Лист общих сведений о проектируемом объекте в зависимости от предусмотренных решений;
- ◆ Электрические принципиальные схемы ВРУ;
- ◆ Однолинейные схемы ЩРО и ЩАО;
- ◆ Планы расположения сети освещения каждого нетипового и типового этажей;
- ◆ Распределительные и силовые сети каждого нетипового и типового этажей;
- ◆ Планы кабеленесущих систем;
- ◆ Спецификация оборудования, изделий и материалов;
- ◆ Кабельный журнал;
- ◆ Результаты электротехнических расчетов;
- ◆ Результаты светотехнических расчетов;
- ◆ Расчет токов короткого замыкания;
- ◆ Таблица потребности кабелей для ЩРО и ЩАО.

Вышеуказанные выходные документы необходимо подготовить в формате PDF.

5.2. Системы охранно-пожарной сигнализации

Индивидуальные задания разработаны в соответствии с главой 3 «Проектирование систем безопасности и принципы моделирования в nanoCAD BIM ОПС». Студент по согласованию с преподавателем выполняет задание в соответствии с заданным вариантом. Варианты заданий приведены в табл. 5.2.1, где обозначены группа наименований *.dwg-файлов, используемых при построении систем противопожарной защиты, систем оповещения и управления эвакуацией, охранной сигнализации, системы видеонаблюдения и системы контроля и управления доступом.

Таблица 5.2.1. Варианты заданий

№ варианта	СПЗ	СОУЭ	ОС	СВН	СКУД
1	ОПС_2.X.dwg	ОПС_3.X.dwg	ОПС_1.X.dwg	ОПС_3.X.dwg	ОПС_2.X.dwg
2	ОПС_1.X.dwg	ОПС_2.X.dwg	ОПС_1.X.dwg	ОПС_2.X.dwg	ОПС_3.X.dwg
3	ОПС_3.X.dwg	ОПС_1.X.dwg	ОПС_2.X.dwg	ОПС_1.X.dwg	ОПС_2.X.dwg
4	ОПС_3.X.dwg	ОПС_1.X.dwg	ОПС_2.X.dwg	ОПС_2.X.dwg	ОПС_1.X.dwg
5	ОПС_2.X.dwg	ОПС_3.X.dwg	ОПС_2.X.dwg	ОПС_3.X.dwg	ОПС_1.X.dwg
6	ОПС_1.X.dwg	ОПС_2.X.dwg	ОПС_2.X.dwg	ОПС_3.X.dwg	ОПС_3.X.dwg
7	ОПС_1.X.dwg	ОПС_2.X.dwg	ОПС_1.X.dwg	ОПС_3.X.dwg	ОПС_2.X.dwg
8	ОПС_1.X.dwg	ОПС_1.X.dwg	ОПС_3.X.dwg	ОПС_1.X.dwg	ОПС_2.X.dwg
9	ОПС_3.X.dwg	ОПС_2.X.dwg	ОПС_1.X.dwg	ОПС_2.X.dwg	ОПС_3.X.dwg
10	ОПС_2.X.dwg	ОПС_1.X.dwg	ОПС_2.X.dwg	ОПС_1.X.dwg	ОПС_3.X.dwg

В соответствии с указанными вариантами необходимо выполнить следующие задачи.

1. По согласованию с преподавателем определить назначение помещений на поэтажных планах и составить для этажей экспликацию помещений.
2. Выполнить выбор и установку требуемого оборудования для помещений в соответствии с нормативными требованиями.
3. Выполнить размещение оборудования на плане помещений.
4. Произвести подключение оборудования. Выбрать тип используемых кабелей и рассчитать их длину.
5. При необходимости выполнить расчет резервного питания системы.
6. Разработать схему подключения оборудования.
7. Составить спецификацию оборудования, кабельный журнал и структурную схему.
8. Оформить отчет о проделанной работе в виде готовой проектной документации.

Пояснения к чертежам

Группа файлов ОПС_1.X.dwg содержит планы этажей 3-этажной школы.

Группа файлов ОПС_2.X.dwg содержит план этажа 10-этажного корпуса жилого комплекса.

Группа файлов ОПС_3.X.dwg содержит планы этажей 3-этажного торгового центра.

Стоит отметить, что приведенные чертежи носят демонстрационный характер и не претендуют на корректность с точки зрения архитектуры.

Для каждого чертежа необходимо установить следующие высоты помещений.

Таблица 5.2.1. Варианты заданий

№ варианта	Толщина межэтажных перекрытий, мм	Высота запотолочного пространства от пола, мм	Высота потолка от пола, мм
1	350	2800	3150
2	350	2900	3300
3	300	2700	3100
4	250	2750	3050
5	250	2750	3150
6	250	2850	3100
7	300	2850	3050
8	300	2700	2950
9	250	2550	3000
10	300	2850	3150

5.3. Системы структурированных кабельных сетей

Индивидуальные задания разработаны в соответствии с главой 3 «Проектирование систем безопасности и принципы моделирования в nanoCAD BIM ОПС». Студент по согласованию с преподавателем выполняет задание в соответствии с заданным вариантом. Варианты заданий приведены в табл. 5.2.1, где обозначены группа наименований *.dwg-файлов, используемых при построении систем противопожарной защиты, систем оповещения и управления эвакуацией, охранной сигнализации, системы видеонаблюдения и системы контроля и управления доступом.

Таблица 5.2.1. Варианты заданий

№ варианта	Группа чертежей
1	СКК_2.X.dwg
2	СКК_1.X.dwg
3	СКК_3.X.dwg
4	СКК_3.X.dwg
5	СКК_2.X.dwg
6	СКК_1.X.dwg
7	СКК_1.X.dwg
8	СКК_1.X.dwg
9	СКК_3.X.dwg
10	СКК_2.X.dwg

В соответствии с указанными вариантами необходимо выполнить следующие задачи.

1. По согласованию с преподавателем определить назначение помещений на поэтажных планах и составить для этажей экспликацию помещений.
2. Выполнить выбор и установку требуемого оборудования для помещений в соответствии с нормативными требованиями.
3. Выполнить размещение оборудования на плане помещений.
4. Произвести подключение оборудования. Выбрать тип используемых кабелей и рассчитать их длину.
5. При необходимости выполнить расчет резервного питания системы.
6. Разработать схему подключения оборудования.
7. Составить спецификацию оборудования, кабельный журнал и структурную схему.
8. Оформить отчет о проделанной работе в виде готовой проектной документации.

Пояснения к чертежам

Группа файлов СКК_1.X.dwg содержит план этажа 10-этажного корпуса жилого комплекса.

Группа файлов СКС_2.X.dwg содержит планы этажей 3-этажного торгового центра.

Группа файлов СКС_3.X.dwg содержит планы этажей 3-этажной школы.

Стоит отметить, что приведенные чертежи носят демонстрационный характер и не претендуют на корректность с точки зрения архитектуры.

Для каждого чертежа необходимо установить высоты помещений в соответствии с вариантами заданий.

Таблица 5.2.1. Варианты заданий

№ варианта	Толщина межэтажных перекрытий, мм	Высота запотолочного пространства от пола, мм	Высота потолка от пола, мм
1	350	2800	3150
2	350	2900	3300
3	300	2700	3100
4	250	2750	3050
5	250	2750	3150
6	250	2850	3100
7	300	2850	3050
8	300	2700	2950
9	250	2550	3000
10	300	2850	3150

ГЛАВА 6

Вопросы для самопроверки

Вопросы для самопроверки разработаны в соответствии с главами 2–4 и предполагают проверку теоретических и практических навыков студентов.

Вопросы к главе 1 «Нормативно-правовое регулирование в сфере строительства при проектировании инженерных систем»

1. На какие категории по функциональному назначению подразделяются объекты капитального строительства согласно постановлению Правительства РФ № 87?
2. Какие статьи Градостроительного кодекса РФ непосредственно регулируют архитектурно-строительное проектирование и экспертизу проектной документации?
3. Опишите состав текстовой части раздела 9 «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» проектной документации.
4. Какие требования к зданиям и сооружениям устанавливает Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»?
5. Какие уровни ответственности зданий и сооружений выделяются в соответствии с Федеральным законом № 384-ФЗ и Градостроительным кодексом РФ?
6. Какие этапы жизненного цикла инженерных систем определены в ГОСТ Р 56936–2016?
7. Что входит в состав исходных данных для архитектурно-строительного проектирования?
8. Какие основные сведения указываются в задании на проектирование инженерных систем?
9. Что является предметом экспертизы проектной документации в соответствии со статьей 49 Градостроительного кодекса РФ?
10. В каких случаях проводится государственная экспертиза проектной документации, а в каких – негосударственная?
11. Какой перечень документов необходим для проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий?

Вопросы к главе 2 «Теоретические и практические основы проектирования систем электроснабжения 0,4 кВ»

1. Какие требования к кабельным линиям систем противопожарной защиты предъявляет СП 6.13130.2021 и в каких случаях допускается использование неогнестойких кабелей?
2. На какие основные группы подразделяются потребители электрической энергии по степени надежности электроснабжения согласно ПУЭ?
3. Чем отличается аварийное освещение безопасности от эвакуационного освещения по назначению и минимальной нормируемой освещенности на рабочих поверхностях и путях эвакуации?
4. В каких случаях устройство защиты от перегрузки по току требуется не только от токов короткого замыкания, но и от длительных перегрузок для осветительных и розеточных сетей?
5. Охарактеризуйте системы заземления TN-C, TN-S и TN-C-S. В чем ключевое различие по организации нулевого защитного и нулевого рабочего проводников?
6. Что такое основная система уравнивания потенциалов (ОСУП) и какие элементы электроустановок подлежат обязательному присоединению к главной заземляющей шине?
7. По каким критериям осуществляется выбор сечения проводников согласно ПУЭ и в каких случаях проверка по экономической плотности тока не требуется?
8. Какие параметры необходимо задать в окне **Создание нового проекта** и как подключить внешнюю базу данных оборудования?
9. Каким образом в nanoCAD BIM Электро задаются светотехнические характеристики помещений для последующего расчета освещенности методом коэффициента использования?
10. Опишите алгоритм выбора кабелей и коммутационных аппаратов в окне **Электротехническая модель**. Как программа помогает выявить участки, не удовлетворяющие условиям проверки?

Вопросы к главе 3 «Нормативные требования к проектированию систем безопасности и принципы моделирования в nanoCAD BIM ОПС»

1. Какой нормативный документ устанавливает общие требования к системам противопожарной защиты?
А) ГОСТ 21.101
Б) СП 484.1311500.2020

- В) СНиП 3.05.06-85
 - Г) ГОСТ Р 7.0.97
2. Для чего используется BIM-модель в nanoCAD BIM ОПС?
 - А) Только для визуализации помещений
 - Б) Для ведения бухгалтерии проекта
 - В) Для проектирования, координации и проверки инженерных систем
 - Г) Только для создания чертежей фасадов
 3. Что является основным назначением системы охранно-пожарной сигнализации?
 - А) Организация освещения здания
 - Б) Контроль доступа персонала
 - В) Обнаружение угроз и передача сигналов тревоги
 - Г) Управление вентиляцией
 4. Какой элемент BIM-модели содержит параметры оборудования?
 - А) Слой
 - Б) Блок
 - В) Интеллектуальный объект
 - Г) Лист
 5. Что обеспечивает применение нормативной документации при проектировании?
 - А) Увеличение стоимости проекта
 - Б) Соответствие проекта требованиям безопасности
 - В) Сокращение числа участвующих в создании проекта лиц
 - Г) Исключение необходимости согласования
 6. Какой раздел проекта содержит схемы размещения оборудования ОПС?
 - А) Архитектурные решения
 - Б) Генеральный план
 - В) Слаботочные системы
 - Г) Технологические решения
 7. Какой параметр особенно важен при размещении пожарных извещателей?
 - А) Цвет корпуса
 - Б) Высота установки и зона контроля
 - В) Масса оборудования
 - Г) Тип кабельного лотка
 8. Какой программный комплекс используется для моделирования систем ОПС в рамках пособия?
 9. Как называется техническое средство, предназначенное для оповещения людей о пожаре, необходимости эвакуации и путях выхода в безопасную зону?

10. Как называется комплекс технического оборудования и программного обеспечения, предназначенный для визуального контроля за событиями в режиме реального времени и возможностью записи происходящих событий на носитель информации?

Правильные ответы

1. Б.
2. В.
3. В.
4. В.
5. Б.
6. В.
7. Б.
8. NanoCAD BIM ОПС.
9. Пожарный оповещатель.
10. Система видеонаблюдения.

Вопросы к главе «Нормативные требования к проектированию структурированных кабельных систем и принципы моделирования в nanoCAD BIM СКС»

1. Что является основным назначением структурированной кабельной системы (СКС)?
 - А) Электроснабжение здания
 - Б) Организация передачи данных и связи
 - В) Управление отоплением
 - Г) Освещение помещений
2. Что включает горизонтальная подсистема СКС?
 - А) Кабели между зданиями
 - Б) Кабели от этажного кросса до рабочих мест
 - В) Систему электроснабжения серверной
 - Г) Систему пожаротушения
3. Какой тип кабеля чаще всего применяется в СКС?
 - А) Коаксиальный
 - Б) Силовой
 - В) «Витая пара»
 - Г) Телефонный двухжильный

4. Как называется помещение, в котором размещается коммутационное оборудование СКС?
А) Архив
Б) Серверная
В) Диспетчерская
Г) Электрощитовая
5. Что обеспечивает применение нормативных требований при проектировании СКС?
А) Исключение монтажных работ
Б) Соответствие системы требованиям надежности и безопасности
В) Снижение количества пользователей сети
Г) Отказ от технической документации
6. Какое преимущество дает использование nanoCAD BIM СКС?
А) Работа только в 2D
Б) Исключение необходимости спецификаций
В) Автоматизация проектирования и подготовки документации
Г) Отказ от кабельных трасс
7. Какой класс напряжения применяется в системе СКС?
А) 660 В
Б) 3,5 кВ
В) 1,1 МВ
Г) 24 В
8. Какой программный продукт используется для моделирования СКС в рамках пособия?
9. Как называется кабельная система, предназначенная для передачи данных и связи внутри здания?
10. Как называется пространство, где находится место подключения к оборудованию и куда приходят кабели СКС?

Правильные ответы

1. Б.
2. Б.
3. В.
4. Б.
5. Б.
6. В.
7. Г.
8. NanoCAD BIM СКС.
9. Структурированная кабельная сеть.
10. Рабочее место.

Заключение

Учебное пособие «Основы проектирования инженерных систем в nanoCAD BIM: электроснабжение, системы безопасности, структурированные кабельные системы» предназначено для направлений подготовки в области строительства, архитектурно-строительного проектирования, информационного моделирования объектов капитального строительства, а также для специалистов, осваивающих технологии BIM-проектирования инженерных систем зданий и сооружений.

В пособии рассмотрены нормативно-правовые основы градостроительной и проектной деятельности, действующие требования к проектированию систем электроснабжения, систем безопасности и структурированных кабельных систем. Особое внимание уделено практическому применению современных средств информационного моделирования на базе программных продуктов nanoCAD BIM Электро, nanoCAD BIM ОПС и nanoCAD BIM СКС. Изложены принципы создания информационных моделей инженерных систем, формирования проектной документации и использования специализированных инструментов автоматизированного проектирования.

Структура пособия включает теоретические разделы, посвященные нормативным требованиям и методологии проектирования, а также практическую часть, содержащую индивидуальные задания для самостоятельной работы. В рамках выполнения заданий обучающимся предлагается разработать проекты систем электроснабжения, системы пожарной защиты (СПЗ), системы видеонаблюдения (СВН), структурированной кабельной системы (СКС) и охранной сигнализации (ОС) на основе предоставленных архитектурно-строительных чертежей зданий. Для закрепления изученного материала в пособие включены вопросы для самопроверки.

Учебное пособие способствует формированию профессиональных компетенций в области проектирования инженерных систем зданий с использованием BIM-технологий, развитию навыков работы с нормативно-технической документацией и освоению современных цифровых инструментов проектирования.

Список терминов и сокращений

IP-камера – цифровая видеокамера, передающая оцифрованный видеосигнал по протоколам IP-сети (Ethernet), позволяющая интегрировать в локальные сети и использовать сетевые хранилища без необходимости в аналоговых видеомагистральных (с. 206).

Автоматическая установка пожаротушения (АУПТ) – комплекс технических средств, предназначенный для автоматического обнаружения очага пожара, его локализации и тушения путем подачи огнетушащего вещества (вода, пена, газ, порошок, аэрозоль) без участия человека или с дистанционным управлением (с. 167).

Автоматический выключатель – аппарат, предназначенный для автоматического отключения электрической цепи при перегрузке или коротком замыкании (с. 70).

Адресная система сигнализации – система, в которой каждое устройство (извещатель, модуль) имеет уникальный цифровой или логический идентификатор, позволяющий ПКП точно локализовать место срабатывания или неисправности в пределах шлейфа (с. 161).

Архитектурно-строительное проектирование – многостадийный процесс разработки проектной документации, в ходе которого определяются технико-экономические, эксплуатационные и функциональные характеристики зданий и сооружений, включая все взаимосвязанные инженерные системы, является ключевым этапом жизненного цикла объекта, обеспечивающим соблюдение нормативных требований и формирование основы для строительства, экспертизы и эксплуатации (с. 7).

Витая пара – кабель, состоящий из одной или нескольких пар изолированных проводников, скрученных между собой для уменьшения электромагнитных помех (с. 206).

Внутренняя электрическая сеть – совокупность кабелей, проводов, аппаратов защиты и электрооборудования внутри здания, предназначенная для передачи и распределения электроэнергии (с. 36).

Главная заземляющая шина (ГЗШ) – элемент электроустановки, выполняющий функцию центральной сборной шины для электрического соединения защитных проводников, проводников уравнивания потенциалов, заземляющих проводников и, при необходимости, рабочих нулевых проводников (с. 49).

Главный инженер проекта (ГИП) – должностное лицо, ответственное за организацию проектного процесса, разработку и утверждение технических заданий, координацию проектных групп, контроль сроков и качества выполнения работ, внедрение современных технологий проектирования, а также обеспечение ответственности проектных решений техническим регламентам, стандартам безопасности и внутренним регламентам саморегулируемой организации (с. 20).

Горизонтальная подсистема – часть СКС, соединяющая телекоммуникационный шкаф с информационными розетками рабочих мест на этаже (с. 224).

Градостроительный план земельного участка (ГПЗУ) – документ по планировке территории, содержащий совокупность сведений, необходимых для архитектурно-строительного проектирования, строительства и реконструкции объектов капитального строительства в границах конкретного земельного участка (с. 19).

Дополнительная система уравнивания потенциалов (ДСУП) – система, предназначенная для выравнивания электрических потенциалов между одновременно доступными прикосновению открытыми проводящими частями и сторонними проводящими частями в помещениях с повышенной электроопасностью, посредством их электрического соединения с защитным проводником (с. 49).

Дымовой извещатель – пожарный извещатель, реагирующий на появление частиц дыма в контролируемой зоне (с. 167).

Жизненный цикл инженерных систем – полная последовательность этапов существования инженерной системы, включающая инженерные изыскания, сбор и анализ исходных данных, разработку задания на проектирование, проектирование, строительно-монтажные работы, наладку оборудования, опытную эксплуатацию, комплексное апробирование, ввод в эксплуатацию, авторский надзор, техническое обслуживание, текущий ремонт, вывод из эксплуатации, демонтаж и утилизацию (с. 7).

Заземление – электрическое соединение оборудования или его частей с землей для защиты людей и оборудования от опасного напряжения (с. 12).

Заземлитель – проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду (с. 53).

Зона контроля пожарной сигнализации (ЗКПС) – контролируемая площадь или помещение, в пределах которой установленные пожарные извещатели обеспечивают обнаружение пожара, алгоритм обработки сигналов от которых определяет порядок формирования управляющих сигналов для систем противопожарной защиты (с. 220).

Зона охраны – определенная часть объекта, контролируемая одним или несколькими охранными извещателями и системой сигнализации (с. 38).

Извещатель (датчик) – первичное техническое средство системы обнаружения, реагирующее на изменение контролируемого параметра среды (движение, задымление, повышение температуры, вибрация, разбитие стекла и др.) и формирующее сигнал о нарушении установленного порога (с. 167).

Инженерные изыскания – этап проектно-изыскательских работ, предшествующий архитектурно-строительному проектированию, направленный на сбор, обработку и анализ данных о природных и техногенных условиях территории, существующих конструкциях, отделке помещений и функционирующих инженерных системах объекта (с. 18).

Информационная розетка – разъем, установленный в рабочей зоне пользователя для подключения компьютеров, телефонов и другого сетевого оборудования (с. 225).

Исполнительная документация – комплект документов, фиксирующий фактически выполненные строительно-монтажные работы и использованные материалы (с. 72).

Кабеленесущая система (КНС) – совокупность конструктивных элементов (лотки, короба, трубы, каналы) и фурнитуры, предназначенная для механической защиты, организации и прокладки кабельных линий систем безопасности (с. 68).

Кабельная линия – совокупность кабелей и элементов их прокладки, предназначенная для передачи электроэнергии между электрическими установками (с. 28).

Кабельная трасса – определенный маршрут прокладки кабелей от одного элемента системы к другому (с. 112).

Кабельный стояк (межэтажный переход) – вертикальный сегмент кабельной трассы, соединяющий горизонтальные подсистемы разных этажей, организуемый с использованием специальных унифицированных графических элементов (УГО) в BIM-среде, обеспечивающих учет высотных отметок и пространственной координации (с. 63).

Категория надежности электроприемников – классификационная группа электроприемников, определяющая требования к бесперебойности их электроснабжения, количеству независимых источников питания и допустимому времени перерыва в подаче электроэнергии (с. 27).

Коммутационная панель (патч-панель) – пассивное устройство с портами для организации и коммутации кабельных соединений в телекоммуникационном шкафу (с. 247).

Коммутационный аппарат – электрический аппарат, предназначенный для замыкания и размыкания электрических цепей под нагрузкой или без нее, обеспечивающий управление режимами работы электрооборудования (с. 63).

Короткое замыкание – ненормальное электрическое соединение точек цепи с различными потенциалами, вызывающее резкое увеличение тока (с. 29).

Кроссировка – процесс соединения и организации кабельных линий между портами коммутационных устройств (с. 238).

Кросс-соединение – способ коммутации между сегментами кабельной системы (горизонтальной и магистральной подсистемами), выполняемый на распределительных панелях в телекоммуникационных шкафах с использованием коммутационных шнуров или перемычек, обеспечивающий гибкость переконфигурации сети без перемонтажа стационарных кабелей (с. 238).

Линейные объекты – категория объектов капитального строительства, включающая трубопроводы, автомобильные и железнодорожные дороги, линии электропередач и иные сооружения, характеризующиеся значительной протяженностью и трассовым принципом размещения (с. 11).

Магистральная подсистема – часть СКС, обеспечивающая соединение между телекоммуникационными помещениями и распределительными пунктами (с. 224).

Оповещатель – устройство, предназначенное для передачи людям звукового, светового или речевого сообщения о пожаре либо другой опасной ситуации (с. 185).

Осветительная сеть – часть электрической сети, предназначенная для питания светильников и систем освещения помещений (с. 32).

Основная система уравнивания потенциалов (ОСУП) – система выравнивания потенциалов, объединяющая крупные токопроводящие части здания (металлоконструкции, инженерные коммуникации) с главной заземляющей шиной, обеспечивающая снижение разности потенциалов в пределах защищаемого объекта (с. 49).

Охранно-пожарная сигнализация (ОПС) – система технических средств, предназначенная для обнаружения признаков пожара и несанкционированного проникновения на охраняемый объект (с. 160).

Охранный извещатель – устройство, обнаруживающее попытку проникновения, движение человека или другое нарушение охраняемой зоны (с. 167).

Патч-корд – гибкий готовый кабель с разъемами на концах, используемый для соединения оборудования с портами коммутационной панели или розетки (с. 223).

Пожарный извещатель – техническое устройство, предназначенное для обнаружения признаков пожара, например дыма, повышения температуры или появления пламени (с. 167).

Пояснительная записка – текстовый документ, содержащий описание объекта, принятых проектных решений, исходных данных и основных технических характеристик (с. 66).

Приемно-контрольный прибор (ППК) – устройство, принимающее сигналы от извещателей и других элементов системы, обрабатывающее их и формирующее сообщения о событиях (с. 160).

Проектирование – процесс разработки технических, архитектурных и инженерных решений для создания или реконструкции объекта (с. 7).

Проектная документация – комплект документов, содержащих решения по архитектуре, конструкциям, инженерным системам и другим разделам объекта, необходимые для строительства или реконструкции (с. 8).

Проектное решение – конкретное техническое или архитектурное решение, принятое при разработке проекта (с. 137).

Рабочая документация – комплект документов с конкретными техническими решениями, чертежами и спецификациями, необходимыми непосредственно для выполнения строительных и монтажных работ (с. 30).

Радиотрансляционный узел – структурный элемент сети проводного радиовещания, представляющий собой комплекс оборудования для приема, усиления и распределения радиосигналов, структура которого (однозвенная, двухзвенная, трехзвенная) определяется размером обслуживаемой территории и числом абонентов (с. 224).

Распределительная сеть – электрическая сеть, осуществляющая распределение электроэнергии от вводно-распределительного устройства или главного распределительного щита до групповых щитков и распределительных пунктов (с. 31).

Розеточная группа – группа электрических розеток, подключенных к одному отходящему участку электрической сети (с. 77).

Ручной пожарный извещатель – устройство, позволяющее человеку вручную передать сигнал о возникновении пожара (с. 168).

Саморегулируемая организация (СРО) – некоммерческая организация, основанная на членстве юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих подготовку проектной документации и инженерные изыскания. Членство в СРО является обязательным условием для законного ведения проектной деятельности, подтверждается выпиской из реестра и предполагает соблюдение квалификационных требований к специалистам, включая наличие главного инженера проекта (с. 20).

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) – территория вокруг объекта радиотехнического оборудования (радиовещательных станций, базовых станций сотовой связи), устанавливаемая по результатам расчетов напряженности электромагнитного поля с целью защиты населения от превышения предельно допустимых уровней электромагнитного излучения (с. 223).

Светотехнический расчет – совокупность инженерных методов, позволяющих определить необходимое количество, единичную мощность и пространственное размещение светильников для обеспечения нормируемых параметров освещения в помещении. При проектировании систем внутреннего электроснабжения применимы метод коэффициента использования и точечный метод (с. 37).

Система контроля и управления доступом (СКУД) – комплекс аппаратно-программных средств, реализующий идентификацию пользователей по предъявленным носителям (ключи, метки, биометрические данные) и разрешение/блокирование прохода через точки доступа на основе заданных прав и временных расписаний (с. 200).

Система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) – подсистема противопожарной защиты, обеспечивающая своевременное доведение до людей сигналов и речевых инструкций о пожаре, а также управление потоками эвакуации через световые и звуковые указатели (с. 167).

Согласование проекта – процедура проверки и утверждения проектных решений заказчиком, надзорными организациями или другими заинтересованными сторонами (с. 18).

Спецификация – документ, содержащий перечень оборудования, изделий, материалов и комплектующих с указанием их характеристик и количества (с. 30).

Сплайс-пластина (сплайс-кассета) – конструктивный элемент оптической распределительной панели, предназначенный для размещения и защиты мест сращивания (сварных соединений) оптических волокон, обеспечивающий упорядоченное хранение и механическую защиту сплайсов от внешних воздействий (с. 227).

Спринклерная установка пожаротушения – тип водяной АУПТ с тепловыми замками на оросителях, обеспечивающий селективное (локальное) срабатывание только над очагом пожара при достижении критической температуры (с. 168).

Сторонняя проводящая часть – проводящая часть, не являющаяся частью электроустановки, но способная проводить электрический ток и находиться под потенциалом, к которой могут относиться металлические трубы отопления, водопровода, строительные конструкции (с. 51).

Структурированная кабельная система (СКС) – универсальная кабельная инфраструктура здания, предназначенная для передачи данных, голоса и других информационных сигналов (с. 218).

Телекоммуникационный шкаф – конструктивное оборудование для размещения коммутационных панелей, сетевых устройств и других элементов СКС (с. 218).

Тепловой извещатель – пожарный извещатель, реагирующий на достижение определенной температуры или скорость ее изменения (с. 168).

Термическая стойкость кабеля – способность кабельной линии выдерживать тепловое воздействие тока короткого замыкания в течение заданного времени без повреждения изоляции и превышения предельно допустимой температуры нагрева токопроводящих жил (с. 78).

Термокожух – защитный конструктивный элемент корпуса уличной видеокамеры, оснащенный системой терморегуляции (обогрев и/или вентиляция), обеспечивающий работоспособность оптико-электронного тракта в условиях экстремальных температур и атмосферных осадков (с. 235).

Технический отчет – документ, оформляемый по результатам инженерных изысканий, содержащий систематизированные и обработанные данные о состоянии объекта, грунтов, конструкций, существующих инженерных систем и условиях эксплуатации, является основой для разработки проектной документации и должен обладать достоверностью и достаточностью для установления проектных характеристик (с. 20).

Техническое задание – документ, устанавливающий требования заказчика к объекту, его характеристикам, составу работ и результатам проектирования (с. 205).

Точка консолидации – функциональный элемент СКС, представляющий собой промежуточную точку соединения между горизонтальной кабельной подсистемой и рабочими местами, позволяющую изменять конфигурацию подключений без перекладки стационарных кабельных трасс (с. 225).

Точка разграничения – административная и физическая граница между зонами ответственности владельца кабельной системы и поставщика телекоммуникационных услуг, расположенная внутри точки внешнего подключения здания (с. 239).

Установочная коробка – конструктивный элемент телекоммуникационной розетки, представляющий собой место перехода от стационарного кабеля горизонтальной подсистемы к коммутационному шнуру, монтируемый в стену, на стену или в кабельный короб, обеспечивающий механическое крепление и защиту контактного соединения (с. 242).

Устройство защитного отключения (УЗО) – аппарат, отключающий электрическую цепь при обнаружении тока утечки, повышая безопасность людей и электроустановки (с. 53).

Чертеж – графический документ, отображающий конструкцию, устройство, размеры и другие характеристики объекта или его части (с. 13).

Шлейф сигнализации – электрическая цепь, соединяющая приемно-контрольный прибор с извещателями и другими элементами сигнализации (с. 162).

Экспертиза проектной документации – процесс оценки соответствия проектной документации и материалов инженерных изысканий требованиям технических регламентов, санитарно-эпидемиологическим, экологическим, промышленным и иным нормам (с. 8).

Электрическая нагрузка – количество электрической мощности, потребляемой электрооборудованием в определенный момент или за установленный период (с. 31).

Электрический щит – устройство, в котором размещаются аппараты защиты, коммутации и распределения электрической энергии (с. 27).

Электротехническая модель (ЭТМ) – цифровое представление в САПР, содержащее информацию об электротехнических параметрах оборудования (мощность, напряжение, ток потребления, уровень звукового давления и др.) и связях между ними, используемое для автоматизированных расчетов (акустических, токораспределения, емкости АКБ) (с. 124).

Этажный коммутационный центр (ЭКЦ) – ближайший к рабочим местам коммутационный центр по сетевой топологии, в котором выполняются подключения активного оборудования к горизонтальной подсистеме и кросс-соединения между горизонтальной и магистральной подсистемами (с. 237).

Список литературы

1. *Коротаев С. А.* Нормативно-правовое регулирование градостроительной деятельности: учеб. пособие. – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева, 2024. – 68 с. – ISBN 978-5-7103-4767-6.
2. *Юденко М. Н.* Техническое регулирование в строительстве: учеб. пособие. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2021. – 56 с. – ISBN 978-5-7310-5529-1.
3. *Ананченко А. Ю.* Правовое и нормативно-техническое обеспечение градостроительной деятельности: учеб. пособие. – СПб., 2020. – 170 с. – ISBN 978-5-907314-25-2.
4. Градостроительный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 23.03.2026): принят Государственной Думой 22 декабря 2004 года: одобрен Советом Федерации 24 декабря 2004 года. – СПС «Гарант». – М., 2004.
5. О техническом регулировании: Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ (ред. от 02.05.2026): принят Государственной Думой 15 декабря 2002 года: одобрен Советом Федерации 18 декабря 2002 года. – СПС ГАРАНТ. – М., 2002.
6. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию: постановление Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. № 87 (ред. 21.10.2025). – СПС ГАРАНТ. – М., 2008.
7. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ (ред. от 25.12.2023): принят Государственной Думой 23 декабря 2009 года: одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 года. – СПС ГАРАНТ. – М., 2009.
8. ГОСТ Р 7.0.5–2008. Этапы жизненного цикла систем. Общие требования. – М.: Стандартинформ. – 2016. – 14 с.
9. О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий: постановление Правительства РФ от 5 марта 2007 г. № 145 (ред. 28.04.2026). – СПС ГАРАНТ. – М., 2007.
10. *Маньков В. Д.* Основы проектирования систем электроснабжения. Справочное пособие. – СПб.: НОУ ДПО «УМИТЦ “Электро Сервис», 2010. – 664 с. – ISBN 978-5-98187-401-7.
11. *Васильев А. Г., Иванов С. А.* Пошаговая инструкция по разработке проекта внутреннего электроснабжения. – СПб.: ООО «Заневская площадь», 2015. – 80 с. – ISBN 978-5-99054451-8-2.

12. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (ред. от 31.07.2025): принят Государственной Думой 4 июля 2008 года: одобрен Советом Федерации 11 июля 2008 года. – СПС ГАРАНТ. – М., 2008.
13. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: НЦ ЭНАС, 2004. – 464 с.
14. СП 256.1325800.2016. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа. – М., 2017. – 79 с.
15. СП 76.13330.2016. Электротехнические устройства. – М., 2016. – 74 с.
16. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. – М., 2017. – 89 с.
17. СП 6.13130.2021. Системы противопожарной защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности. – М., 2021. – 11 с.
18. СП 113.13330.2023. Стоянки автомобилей. – М., 2023. – 49 с.
19. СП 154.13130.2013. Встроенные подземные автостоянки. Требования пожарной безопасности. – М., 2013 – 15 с.
20. ГОСТ 31565–2012. Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности. – М., 2014. – 11 с.
21. ГОСТ 28249–93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. – Минск: Госстандарт, 1993. – 43 с.
22. ГОСТ 21.110–2013. Система проектной документации для строительства. Спецификация оборудования, изделий и материалов. – М.: Стандартинформ, 2014. – 8 с.
23. ГОСТ Р 21.101–2026. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации. – М.: Российский институт стандартизации, 2026. – 70 с.
24. ГОСТ 2.305–2008. Единая система конструкторской документации. Изображения – виды, разрезы, сечения. – М.: Стандартинформ, 2008. – 27 с.
25. Об установлении отдельных требований к проектированию электрических сетей напряжением 0,4–20 кВ в городах и городских агломерациях с населением свыше 1 миллиона человек: приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 17.10.2025 № 1330. – СПС ГАРАНТ. – М., 2025.
26. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2002. – 149 с.
27. РМ-2559. Инструкция по проектированию учета электропотребления в жилых и общественных зданиях. – М.: ГУП «НИАЦ», 1997. – 39 с.
28. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. – М., 2004. – 55 с.
29. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»: постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2 (ред. 24.12.2025). – СПС ГАРАНТ. – М., 2021.

30. ГОСТ 21.608–2021. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации внутреннего электрического освещения. – М., 2022. – 28 с.
31. ГОСТ 21.613–2014. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации силового электрооборудования. – М.: Стандартинформ, 2015. – 28 с.
32. ГОСТ 21.210–2014. Система проектной документации для строительства. Условные графические изображения электрооборудования и проводок на планах. – М.: Стандартинформ, 2019. – 18 с.
33. ГОСТ 2.303–68. Единая система конструкторской документации. Линии. – М.: Стандартинформ, 2007. – 9 с.
34. ГОСТ Р 50571.4.41–2022 (МЭК 60364-4-41:2017). Электроустановки низковольтные. Часть 4-41. Защита для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током. – М.: Российский институт стандартизации, 2022. – 35 с.
35. ГОСТ Р 50571.22–2000 (IEC 60364-7-702). Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 707. Заземление оборудования обработки информации. – М.: Стандартинформ, 2012. – 12 с.
36. ГОСТ Р 50462. Базовые принципы и принципы безопасности для интерфейса «человек-машина», выполнение и идентификация. Идентификация проводников посредством цветов и буквенно-цифровых обозначений. – М.: Стандартинформ, 2010. – 12 с.
37. ГОСТ Р 50571.2–94. Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики. – М.: Стандартинформ, 2012. – 46 с.
38. ГОСТ Р 50571.5.54–2024 (МЭК 60364-5-54:2021). Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрического оборудования. Заземляющие устройства и защитные проводники. – М.: Российский институт стандартизации, 2024. – 32 с.
39. ГОСТ 12.1.030–81. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. – М.: Госстрой России, 1987. – 32 с.
40. РД 34.21.122–87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. – М.: Госстрой России, 1981. – 10 с.
41. О теплоснабжении: Федеральный закон от 27 июля 2010 г. № 190-ФЗ (ред. от 23.03.2026): принят Государственной Думой 9 июля 2010 года: одобрен Советом Федерации 14 июля 2010 года. – СПС ГАРАНТ. – М., 2010.
42. Об электроэнергетике: Федеральный закон от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ (ред. от 23.03.2026): принят Государственной Думой 21 февраля 2003 года: одобрен Советом Федерации 12 марта 2003 года. – СПС ГАРАНТ. – М., 2003.
43. ГОСТ 32144–2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2014. – 19 с.
44. ГОСТ Р МЭК 62305-1–2010. Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 1. Общие принципы. – М.: Стандартинформ, 2011. – 50 с.

45. ГОСТ Р МЭК 62305-2-2010. Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 2. Оценка риска. – М.: Стандартинформ, 2011. – 75 с.
46. ГОСТ Р 59789-2021. Молниезащита. Часть 3. Защита зданий и сооружений от повреждений и защита людей и животных от электротравматизма. – М.: Российский институт стандартизации, 2021. – 118 с.
47. ГОСТ Р МЭК 62305-4-2016. Защита от молнии. Часть 4. Защита электрических и электронных систем внутри зданий и сооружений. – М.: Стандартинформ, 2016. – 82 с.
48. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – М.: ЦПТИ ОРГРЭС, 2004. – 59 с.
49. ГОСТ Р 50571.5.52-2011. Электроустановки низковольтные. Часть 5-52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки. – М.: Стандартинформ, 2013. – 72 с.
50. РД 34.20.185-94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 49 с.
51. Циркуляр № Ц-02-98(Э). О проверке кабелей на невозгорание при воздействии тока короткого замыкания. – М.: СПО ОРГРЭС, 1998. – 14 с.
52. ГОСТ Р 50571.4.43-2012. Электроустановки низковольтные. Часть 4-43. Требования по обеспечению безопасности. Защита от сверхтока. – М.: Стандартинформ, 2014. – 27 с.
53. ГОСТ Р 50571.5.56-2013. Электроустановки низковольтные. Часть 5-56. Выбор и монтаж электрооборудования. Системы обеспечения безопасности. – М.: Стандартинформ, 2014. – 20 с.
54. ГОСТ Р 51524-2012. Совместимость технических средств электромагнитная. Системы электрического привода с регулируемой скоростью. Часть 3. Требования ЭМС и специальные методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2014. – 101 с.
55. Бурькова Е. В. Системы охранно-пожарной сигнализации: Рекомендовано ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 10.03.01 Информационная безопасность / Е. В. Бурькова; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Оренбургский государственный университет. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2019. – 134 с. – ISBN 978-5-7410-2303-7.
56. Приказ МЧС РФ от 25.03.2009 № 182 «Об утверждении свода правил “Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности”» (вместе с «СП 12.13130.2009...») // МЧС по Волгоградской области: сайт. URL: https://34.mchs.gov.ru/uploads/resource/2021-09-01/13-2-1-3-svody-pravil_1630505371295368832.pdf.
57. ГОСТ Р 53325-2012. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2014. – 142 с.

58. СП 484.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования. – М.: Стандартинформ, 2020. – 28 с.
59. Приказ МЧС РФ от 26.02.2026 № 133 «Об утверждении свода правил “Системы противопожарной защиты. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности” (вместе с «СП 3.13130.2026...») // RUBEZH: сайт. URL: <https://projects.rubezh.ru/regulatory-documents/sp-3-13130-sistemy-protivopozharnoy-zashchity-sistema-opoveshcheniya-i-upravleniya-evakuatsiey-lyude>.
60. Приказ МЧС России от 31.08.2020 № 628 «Об утверждении свода правил “Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования”» (вместе с «СП 485.1311500.2020. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования») // МЧС России по Волгоградской области: сайт. URL: https://34.mchs.gov.ru/uploads/resource/2021-09-01/13-2-1-3-svody-pravil_16305053711358602544.pdf.
61. ГОСТ Р 50776–95 (МЭК 60839-1-4:1989). Системы тревожной сигнализации. Общие требования. Руководство по проектированию, монтажу и техническому обслуживанию. – М.: Госстандарт России, 1995. – 39 с.
62. ГОСТ 31817.1.1–2012 (IEC 60839-1-1:1998). Системы тревожной сигнализации. Общие требования. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2013. – 24 с.
63. ГОСТ Р 58403–2019. Системы беспроводные объектовые охранной сигнализации. Классификация. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2019. – 16 с.
64. ГОСТ Р 71934–2025. Системы тревожной сигнализации. Системы оповещения при угрозе террористического акта. Общие технические требования. Методы испытаний. – М.: Российский институт стандартизации, 2025. – 12 с.
65. ГОСТ Р 51558–2014. Средства и системы охранные телевизионные. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2014. – 27 с.
66. ГОСТ Р 54831–2011. Системы контроля и управления доступом. Устройства преграждающие управляемые. Общие технические требования. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2012. – 19 с.
67. Романов А. Б., Тайнов М. Ю., Тяхтин М. Ф., Семенов А. Б. Проектирование систем слабых токов (со справочной информацией на электрон. оптическом диске). – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 478 с. – ISBN 978-5-7038-4008-5.
68. Байкенов А. С., Абишева Т. А. Проектирование и техническая эксплуатация телекоммуникационных систем: учеб. пособие. – Алматы: АУЭС, 2016. – 64 с. – ISBN 978-601-7436-86-5.
69. Артюшенко В. М., Семенов А. Б. Структурированные кабельные системы: проектирование и расчет. – М.: ООО «Научный консультант», 2025. – 580 с. – ISBN 978-5-907933-36-1.
70. СП 519.1325800.2023. Сети связи. Правила проектирования. – М., 2023. – 30 с.

71. ГОСТ 30331.1–2013. Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2014. – 52 с.
72. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. – М., 2016. – 128 с.
73. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. – М., 2016. – 125 с.
74. СП 227.1326000.2014. Пересечения железнодорожных линий с линиями транспорта и инженерными сетями. – М., 2014. – 62 с.
75. СП 484.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования. – М., 2020. – 28 с.
76. СП 77.13330.2016. Системы автоматизации. – М., 2017. – 78 с.
77. СП 134.13330.2022. Системы электросвязи зданий и сооружений. Основные положения проектирования. – М., 2022. – 42 с.
78. ГОСТ Р 50571.5.54–2024. Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрического оборудования. Заземляющие устройства и защитные проводники. – М.: Российский институт стандартизации, 2024. – 32 с.
79. ГОСТ Р 50571.4.44–2019. Электроустановки низковольтные. Часть 4.44. Защита для обеспечения безопасности. Защита от резких отклонений напряжения и электромагнитных возмущений. – М.: Стандартинформ, 2019. – 52 с.
80. ГОСТ Р 52448–2005. Защита информации. Обеспечение безопасности сетей электросвязи. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2006. – 19 с.
81. СанПиН 2.2.4.1383-03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов. – М.: Минздрав России, 2003. – 24 с.
82. ГОСТ Р 58238–2018. Слаботочные системы. Кабельные системы. Порядок и нормы проектирования. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2018. – 12 с.
83. СП 133.13330.2012. Сети проводного радиовещания и оповещения в зданиях и сооружениях. Нормы проектирования. – М., 2012. – 20 с.
84. ГОСТ Р 53246–2025. Информационные технологии. Системы кабельные структурированные. Общие технические требования. – М.: Российский институт стандартизации, 2026. – 106 с.
85. ГОСТ Р 70305–2022. Слаботочные системы. Кабельные системы. Структурированные кабельные системы. Основные характеристики. – М.: Российский институт стандартизации, 2022. – 8 с.
86. ГОСТ Р 59318–2021. Слаботочные системы. Кабельные системы. Кабельные системы на основе витой пары и оптоволокна. Общие требования. – М.: Российский институт стандартизации, 2021. – 8 с.
87. ГОСТ Р 58469–2019. Слаботочные системы. Кабельные системы. Ввод и функционирование кабельной системы в помещении пользователя кабельной системы. Планирование и инсталляция. Идентификаторы в административных системах. – М.: Стандартинформ, 2019. – 8 с.

88. ГОСТ Р 58746–2019. Слаботочные системы. Кабельные системы. Кабели горизонтальной подсистемы структурированной кабельной системы. – М.: Стандартинформ, 2020. – 8 с.
89. ГОСТ Р 58747–2019. Слаботочные системы. Кабельные системы. Кабели магистральной подсистемы структурированной кабельной системы. – М.: Стандартинформ, 2020. – 8 с.
90. ГОСТ Р 70300–2022. Слаботочные системы. Кабельные системы. Кабели управления оборудованием жилых домов систем «умный дом». Общие требования. – М.: Российский институт стандартизации, 2022. – 8 с.
91. ГОСТ Р 58750–2019. Слаботочные системы. Кабельные системы. Защита кабельной системы. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2020. – 8 с.
92. ГОСТ Р 50571.22–2000. Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 707. Заземление оборудования обработки информации. – М.: Стандартинформ, 2012. – 12 с.
93. ГОСТ Р 56553–2015. Слаботочные системы. Кабельные системы. Монтаж кабельных систем. Планирование и монтаж внутри зданий. – М.: Стандартинформ, 2016. – 7 с.
94. ГОСТ Р 58748–2019. Слаботочные системы. Кабельные системы. Монтаж кабельных систем. Технические условия и обеспечение качества. – М.: Стандартинформ, 2012. – 12 с.
95. СП 3.13130.2026. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности. – М., 2014. – 36 с.
96. СП 1.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы. – М., 2014. – 50 с.
97. ГОСТ Р 51241–2008. Средства и системы контроля и управления доступом. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2009. – 31 с.
98. Р 064–2024. Методические рекомендации. Выбор и применение технических средств и систем контроля и управления доступом. – М., 2024. – 87 с.
99. Р 071–2017. Технические средства систем безопасности объектов. Обозначения условные графические элементов технических средств охраны, систем контроля и управления доступом, систем охранного телевидения. – М., 2017. – 20 с.
100. ГОСТ Р 52435–2015. Технические средства охранной сигнализации. Классификация. Общие технические требования и методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2016. – 28 с.
101. ГОСТ Р 71917–2024. Антитеррористическая защищенность. Мероприятия и решения по обеспечению антитеррористической защищенности объектов. Общие положения. – М.: Российский институт стандартизации, 2025. – 28 с.
102. ГОСТ Р 70268.1–2023. Информационные технологии. Биометрия. Применение биометрии в системах видеонаблюдения. Часть 1. Проектирование систем и спецификация. – М.: Российский институт стандартизации, 2023. – 36 с.

103. ГОСТ Р 72030.1–2025. Умный город. Системы фотовидеофиксации в сфере городского управления, работающие в автоматическом режиме. Часть 1. Общие требования. – М.: Российский институт стандартизации, 2025. – 12 с.
104. ГОСТ Р 70299–2022. Слаботочные системы. Кабельные системы. Слаботочные системы зданий медицинского назначения. Общие положения. – М.: Российский институт стандартизации, 2022. – 12 с.
105. ГОСТ Р 70440–2022. Слаботочные системы. Кабельные системы. Телекоммуникационные розетки. Общие требования. – М.: Российский институт стандартизации, 2023. – 8 с.
106. ГОСТ Р 70304–2022. Слаботочные системы. Кабельные системы. Взаимосвязь подсистем структурированной кабельной системы. Общие положения. – М.: Российский институт стандартизации, 2022. – 8 с.
107. ГОСТ Р 58240–2018. Слаботочные системы. Кабельные системы. Горизонтальная подсистема структурированной кабельной системы. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2018. – 8 с.
108. ГОСТ Р 58241–2018. Слаботочные системы. Кабельные системы. Магистральная подсистема структурированной кабельной системы. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2018. – 8 с.
109. ГОСТ Р 59317–2021. Слаботочные системы. Кабельные системы. Телекоммуникационные пространства и помещения. Система внешнего подключения здания. Общие требования. – М.: Российский институт стандартизации, 2021. – 8 с.
110. ГОСТ Р 52023–2003. Сети распределительные систем кабельного телевидения. Основные параметры. Технические требования. Методы измерений и испытаний. – М.: Госстандарт России, 2003. – 61 с.
111. ГОСТ 21.406–88. Система проектной документации для строительства. Проводные средства связи. Обозначения условные графические на схемах и планах. – М.: Стандартинформ, 2010. – 48 с.
112. СП 54.13330.2022. СНиП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные. – М., 2022. – 57 с.
113. ГОСТ Р 50932–96. Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость оборудования проводной связи к электромагнитным помехам. Требования и методы испытаний. – М.: Госстандарт России, 1996. – 19 с.
114. ГОСТ Р 58242–2018. Слаботочные системы. Кабельные системы. Телекоммуникационные пространства и помещения. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2018. – 11 с.
115. ГОСТ Р 58751–2019. Слаботочные системы. Кабельные системы. Телекоммуникационные пространства и помещения. Рабочее место. – М.: Стандартинформ, 2020. – 8 с.
116. СП 59.13330.2020. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001. – М., 2020. – 69 с.

Просим уделить пару минут вашего времени и оставить отзыв об учебнике.

<https://clck.ru/3UatVP>



В. Ю. Васильев, А. С. Соловской

**Основы проектирования инженерных систем в папоCAD BIM:
электрообеспечение, системы безопасности,
структурированные кабельные системы**

*Учебное пособие из серии
«Академическая библиотека Нанософт»*

Главный редактор	Яценков В. С. dmkpress@gmail.com
Технические консультанты	Бадаев М. А., Шкляревский Н. В.
Корректор	Синяева Г. И.
Верстка	Луценко С. В.

Формат 70×100 1/16.
Гарнитура PT Serif. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 23,89. Тираж 500 экз.

Веб-сайт издательства: www.dmkpress.com

Соловской Александр Сергеевич

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрификация производства и быта» ФГБОУ ВО АлтГТУ. Автор более 90 публикаций, включая статьи в РИНЦ и ВАК, а также учебно-методические пособия. Обладатель российских патентов на изобретения, свидетельств о регистрации ПО и баз данных.

Васильев Валерий Юрьевич

Заведующий лабораторией на кафедре «Электрификация производства и быта» ФГБОУ ВО АлтГТУ. Автор более 50 публикаций в сфере проектирования систем электробезопасности, ветроэнергетики и т.д.

Основы проектирования инженерных систем в nanoCAD BIM: электроснабжение, системы безопасности, структурированные кабельные системы

Учебное пособие предназначено для студентов строительных направлений и специалистов, осваивающих BIM-технологии проектирования инженерных систем зданий. Рассмотрены нормативно-правовые основы проектирования, требования к системам электроснабжения, безопасности и структурированным кабельным системам. Особое внимание уделено практическому применению nanoCAD BIM Электро, nanoCAD BIM ОПС и nanoCAD BIM СКС при создании информационных моделей и проектной документации. Пособие включает теоретические разделы и практические задания по разработке проектов электроснабжения, пожарной защиты, видеонаблюдения, СКС и охранной сигнализации на основе архитектурно-строительных чертежей. Для самопроверки предусмотрены контрольные вопросы.



Учебники по работе
в nanoCAD
в электронном
формате

ISBN 978-5-93700-501-4



9 785937 005014 >

