

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки)

Режимы работы электрических источников питания, подстанций, сетей и систем

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Внедрение системы автоматизированного проектирования nanoCAD Электро в дисциплину «Электроснабжение потребителей и их режимы»

Обучающийся

А.С. Кононович

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., А.Н. Черненко

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

Тольятти 2022

Содержание

Введение.....	3
1 Структура и функциональные возможности программного обеспечения универсальной САПР-платформы nanoCAD	5
2 Методическое пособие по командам и инструментам, используемым в ходе работы над проектом в nanoCAD Электро	22
3 Методические указания по выполнению основных этапов электротехнического проекта в nanoCAD Электро.....	39
3.1 Задание №1. Создание проекта. Создание чертежа (плана).....	39
3.2 Задание №2. Создание топологии здания.....	45
3.3 Задание №3. Светотехнические расчеты	50
3.4 Задание №4. Размещение силового оборудования цеха	58
3.5 Задание №5. Размещение распределительных устройств	68
3.6 Задание №6. Прокладка кабельных трасс	77
3.7 Задание №7. Подключение оборудования.....	84
3.8 Задание №8. Прокладка кабелей	89
3.9 Задание №9. Выбор коммутационных аппаратов и итоговая проверка проекта	94
Заключение	101
Список используемой литературы и используемых источников.....	104

Введение

В последнее время во всем мире огромное внимание уделяется использованию различных систем автоматизированного проектирования (САПР) и уже сейчас практически ни одна важная разработка не обходится без их применения в том числе и в области электроэнергетики. Большинство крупных компаний и предприятий самых разных отраслей уже оценили преимущества таких систем и внедрили или начали внедрять их в свои производственные процессы.

Объемы рабочей документации постоянно растут и продолжать вести её в бумажном виде – крайне нерациональное решение. Здесь на помощь инженерам приходят различные САПР, которые позволяют вести всю документацию и чертежи в цифровом виде. Это в свою очередь обеспечивает удобство обмена данными между различными отделами компании. Уже благодаря этому такие системы позволяют и уменьшить сроки выполнения проектов, и в целом оптимизировать процесс проектирования для всех сотрудников компании. Другим преимуществом САПР является значительное снижение погрешностей, свойственных всем проектам выполненным традиционным способом. Цифровизация проектирования позволяет максимально снизить этот негативный фактор, что особенно актуально сейчас, когда современные тенденции в проектировании вводят крайне высокие требования к точности.

«Глобальное внедрение САПР систем во многие сферы промышленности в свою очередь оказали влияние на организацию учебного процесса в высших учебных учреждениях по специальностям, связанным с машиностроением, строительством, электроникой и безусловно электроэнергетикой. Стало однозначно ясно, что знание принципов работы САПР и практические навыки работы в этих программах необходимы каждому студенту для повышения качества подготовки его, как грамотного современного специалиста» [8].

Но быстро внедрить САПР в ход образовательного процесса оказалось не так просто. Выяснилось, что этот процесс имеет несколько серьезных препятствий, таких как нехватка компьютерных мощностей или их недостаточная мощность, отсутствие возможностей для приобретения лицензионных программ и как уже было сказано трудности с необходимостью специальной подготовки преподавательского состава.

Проблемы материального характера чаще всего удается решить тем или иным способом. Например, многие создатели современных САПР готовы предоставить «урезанные» версии своих программ, которые в полной мере подходят для обучения студентов. А решением проблемы с подготовкой преподавательского состава могло бы стать более широкое распространение методических пособий от разработчиков подобного ПО, а в идеальном случае еще и возможность приглашать их специалистов для проведения обучающих занятий в высших учебных заведениях. Но, к сожалению, компании разработчики абсолютно в этом не заинтересованы т.к. имеют собственные достаточно дорогостоящие курсы подготовки специалистов для работы на их ПО. Готовить своих работников на таких курсах готовы далеко не все промышленные предприятия и проектные организации, не говоря уж об высших учебных заведениях.

В этих условиях оптимальным решением проблемы видится создание качественных методических материалов на базе самих ВУЗов [23]. Такие материалы должны включать в себя базовые ознакомительные элементы для получения начальных навыков работы в программе, отдельное изучение сложных специфических инструментов, используемых в данных программах и пособия по выполнению отдельных этапов полноценного проекта, например такого как создание системы электроснабжения промышленного объекта для студентов специальностей, связанных с электроснабжением.

1 Структура и функциональные возможности программного обеспечения универсальной САПР-платформы nanoCAD

nanoCAD — это первая, разработанная в России, свободно распространяемая универсальная САПР-платформа для различных отраслей. Компания «Нанософт» заявляет, что «благодаря интуитивно понятному интерфейсу, непосредственной поддержке формата DWG и совместимости с другими САПР-решениями nanoCAD является лучшим выбором при переходе на альтернативные системы» [27].

nanoCAD изначально обладает полным набором инструментов, необходимых для решения проектных задач в рамках самой платформы, либо в интеграции с современными 3D-решениями, реализующими методы трехмерного и информационного моделирования. Программа поддерживает основные российские ГОСТы, связанные с оформлением чертежей. nanoCAD «заточен» под требования российских пользователей, и обладает уникальными возможностями: например, функция НОРМААУДИТ проводит анализ чертежей на предмет актуальности ссылок на нормативно-техническую документацию, а работа с растровыми изображениями позволит быстро ввести в работу старую документацию с бумажных носителей.

Платформа nanoCAD, постоянно развивается в различных перспективных направлениях проектирования и обретает все больше функций, не связанных с классическим черчением.

Так, в последних версиях nanoCAD реализованы такие функции, как:

- облака точек (результаты лазерного трехмерного сканирования);
- трехмерное параметрическое моделирование;
- средства импорта информационных моделей (технология BIM, формат IFC);
- инструменты навигации в насыщенных трехмерных сценах и многое другое.

nanoCAD является САПР-платформой с открытым API, а это значит, что любой пользователь может самостоятельно создавать модули, которые расширяют базовый функционал nanoCAD и превращают программу в высокопроизводительный инструмент, адаптированный под технологии проектирования, применяемые в конкретной организации [13]. Различные виды расчетов, импорт-экспорт данных, интеграция с системами документооборота, устройствами и прочим – всё это может быть реализовано с помощью открытого API.

nanoCAD представлен на рынке двумя версиями, базовой – nanoCAD Plus и расширенной – nanoCAD PRO. Различия между данными версиями приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение доступных версий nanoCAD

Название модуля	Демонстрационная версия	nanoCAD Plus 20.1	nanoCAD PRO 20.1
2D – инструменты черчения	+	+	+
nanoCAD СПДС	+	Опционально	+
nanoCAD Механика	+	Опционально	+
3D - моделирование и зависимости	+	Опционально	+
Работа с данными трехмерного сканирования	+	+	+
Растровое редактирование	+	Опционально	+
Корпоративное управление	+	Опционально	+
Сетевые лицензии	+	+	+
Локальные лицензии	+	+	-
Техподдержка	+	+	+
Время действия	30 дней	1 год / бессрочно	1 год / бессрочно

Из информации, представленной в таблице 1 следует, что версия Plus отличается от версии PRO, возможностью приобретения локальной лицензии и отсутствием в базовом пакете модулей:

- модуль nanoCAD СПДС;

- модуль nanoCAD Механика;
- модуль «3D – моделирование и зависимости»;
- модуль «Растровое редактирование»;
- модуль «Корпоративное управление».

nanoCAD PRO изначально включает все вышеперечисленные дополнительные модули, расширяющие функционал платформы профессиональными инструментами для решения различных отраслевых задач. А вот для nanoCAD Plus они могут приобретаться отдельно.

Подробно рассмотрим, какой функционал предлагает каждый из этих модулей.

Первый модуль - nanoCAD СПДС позволяет быстро и точно оформлять проектно-конструкторскую документацию по общетехническим требованиям нормативных документов, применяемых в строительной отрасли. Планы, фасады, разрезы, сечения, виды, узлы и другие чертежи выполняются максимально быстро с помощью удобных и простых в применении инструментов, создающих динамические «умные» чертежи. Помимо готовых элементов программа располагает инструментами для создания пользовательских библиотек динамических объектов. Эти инструменты, предоставляют широчайшие возможности при оформлении любой строительной документации. Уникальные инструменты для работы с архитектурными BIM-моделями позволяют значительно повысить скорость и качество оформления проектно-конструкторской документации. Взаимодействие осуществляется путем преобразования IFC-объектов [11] в библиотечные объекты nanoCAD СПДС. Это позволяет буквально двумя кликами мыши разместить на чертеже готовые поэтажные планы объекта с распознанными помещениями, при этом штатные средства nanoCAD СПДС помогут подготовить все необходимые отчеты.

Следующий рассматриваемый модуль - nanoCAD Механика используется для нужд таких проектировщиков, работающих в таких отраслях, как авиастроение, автомобилестроение, судостроение,

приборостроение, нефтегазовая промышленность и некоторых других. Он полностью соответствует требованиям ЕСКД и основных зарубежных стандартов. Такие инструменты, как интеллектуальные параметрические объекты и инструменты автоматизированного проектирования среднего уровня позволяют сделать процесс создания и оформления чертежей максимально удобным. В комбинации с любой системой 3D-моделирования nanoCAD Механика может служить отличным инструментом для оформления чертежей, созданных на основе проекций, полученных с 3D моделей сторонних систем. Также возможно использование системы в качестве самостоятельного продукта, полностью охватывающего задачи 2D-проектирования и выпуска документации. Серьезным преимуществом по мнению специалистов «Нанософт» является то, что «конструкторско-технологическая база содержит обширную коллекцию параметрических и объектно-зависимых элементов, в том числе трехмерных. При изменении параметров одной детали все связанные с ней объектно-зависимые детали изменяются автоматически, причем в соответствии с их значениями в базе» [1]. С помощью nanoCAD Механика можно выполнять такие сложные задачи как проектирование зубчатых зацеплений в соответствии с требованиями ГОСТ 21354-87 [3] и ГОСТ 16532-70 [4]. Учет твердости, запаса прочности, пределов выносливости, способов получения заготовки, упрочняющей обработки и других важных параметров (результаты расчетов выводятся в формате RTF). Расчёт пружин, проверка болтовых соединений на прочность, а также расчёт ресурсов подшипников в зависимости от прикладываемых нагрузок. В связке с модулем «3D-моделирование и зависимости» продукт позволяет проектировать параметрические трехмерные сборки, а также экспортировать или импортировать модели в наиболее популярные в мире форматы.

Модуль «3D-моделирование и зависимости» сочетает в себе 2 подхода в единой среде моделирования. Параметрическое моделирование служит для создания новых модификаций, исполнений отдельных деталей и изделий в

целом на основе ранее созданной геометрии посредством изменения числовых значений. А вот прямое моделирование предоставляет широкие возможности при выполнении оптимизаций конструкторских моделей. Одно из главных параметров любой программы связанной с 3D моделированием – это удобство навигации при работе с 3D-графикой. В nanoCAD существует множество инструментов, предоставляющих широкие возможности комфортной работы с 3D-объектами в любой сфере проектирования.

Следующий модуль представленный в nanoCAD – это «Растровое проектирование». Он включает в себя профессиональные инструменты для работы с растровыми изображениями, например, такие, как:

- фильтрация монохромных изображений (данная функция заметно повышает качество растровых изображений, при этом снижая объем конечных файлов);

- геометрическая коррекция (эта функция выполняет разнообразное изменение геометрических параметров растрового объекта для его оптимизации; такой инструмент позволяет привести монохромное изображение к необходимому формату листа, масштабировать, изменять разрешение, обрезать, устранять перекосы, зеркально отображать относительно вертикальной или горизонтальной оси, поворачивать на произвольный угол и корректировать искажения);

- калибровка растровых изображений (данный инструмент позволяет проектировщику устранить разнообразные искажений монохромного изображения; такая операция часто бывает необходима при исправлении погрешностей геодезических планов и карт в растровом формате. С помощью калибровки можно также исправить ошибки, возникшие при сканировании, а также искажения, появившиеся вследствие деформации исходных графических материалов);

- бинаризация и разделение цветов (функция позволяет преобразовать цветное изображение в набор монохромных растровых слоев, полученные монохромные изображения в дальнейшем могут быть преобразованы в

векторные с помощью средств векторизации или трассировки; векторизация раstra, разделенного на слои, обычно значительно более эффективна, чем векторизация раstra, полученного с помощью черно-белого сканирования цветных оригиналов);

Последний модуль – это «Корпоративное управление». Он позволяет проводить централизованное и динамическое управление настройками nanoCAD по стандарту предприятия на разработку, ведение и оформление электронной проектной документации (ЭПД). Все управление стандартами предприятия, регламентирующими разработку ЭПД, концентрируется в одной точке – на рабочем месте САПР-менеджера, который может не только формировать комплекты настроек nanoCAD, распределяя их по группам пользователей, но и оперативно вносить изменения. Данный модуль освобождает каждого проектировщика от необходимости самостоятельно отслеживать изменения стандартов разработки ЭПД под различные проекты. Достаточно только выбрать нужную группу при запуске – и nanoCAD начнет работать по правилам, определенным САПР-менеджером. Доступна возможность распространения настроек не только в локальной сети, но и через интернет, а при отсутствии подключения применяются локально сохраненные настройки.

Кроме вышеперечисленных модулей выпускаются специализированные программные комплексы, которые приобретаются отдельно и предназначены для решения конкретных отраслевых задач:

- nanoCAD «Конструкторский BIM»;
- nanoCAD «Инженерный BIM»;
- nanoCAD «ОПС»;
- nanoCAD «СКС»;
- nanoCAD «Электро»;
- nanoCAD «ВК»;
- nanoCAD «Отопление»;
- nanoCAD «Геоника»;

- nanoCAD «СПДС Металлоконструкции»;
- nanoCAD «СПДС Стройплощадка»;
- nanoCAD «Конструкции – КЖ»;
- nanoCAD «Конструкции – Фундаменты»;
- NormaCS;
- NS Project.

Первый из них – nanoCAD «Конструкторский BIM», предназначен для проектирования металлических и железобетонных конструкций зданий/сооружений на базе концепции информационного моделирования (Building Information Modeling). Согласно концепции программы, проектировщики создают трехмерную модель, основанную на объектах, обладающих поведением в зависимости от их класса, и на информации, зависящей от расчетов и состояния модели. При этом вся документация (чертежи, спецификации, отчеты) автоматизировано формируется из модели, базируется на формате *.dwg и выполнены в строгом соответствии отечественным стандартам проектирования. nanoCAD Конструкторский BIM дает возможность значительно повысить уровень качества проектов. Благодаря возможности наглядного представления материалов, а следовательно, и более глубокой проработке проектных решений, по сравнению с классическими методами проектирования, программа позволяет автоматизировать процесс согласования с заказчиками и смежными специалистами. Кроме того, такое программное обеспечение позволяет сделать взаимосвязь между проектными и строительными организациями более простой и конструктивной. Разработчики nanoCAD «Конструкторский BIM» говоря, о своем продукте, выделяют такие особенности и достоинства как:

- возможность моделирования вместо черчения;
- наличие библиотеки типовых решений;
- возможность наполнения объектов информацией;
- автоматизированное создание спецификации из центральной модели;

- автоматизированная подготовка проектной документации из центральной модели;

- работа в среде *.dwg;

- прямая поддержка среды CADLib от CSoft Development;

- развитие под требования российского рынка.

Еще один программный комплекс, также базирующийся на концепции информационного моделирования – это nanoCAD «Инженерный BIM». Такое программное обеспечение предоставляет инженерам-проектировщикам большой набор инструментов для быстрого и качественного проектирования инженерных объектов и сооружений, таких как:

- сети электроснабжения до 1000 В;

- внутреннее и наружное электроосвещение;

- пожарная и охранная сигнализация;

- видеонаблюдение и оповещение;

- система контроля и управления доступом;

- компьютерные сети;

- система горячего и холодного водоснабжения и канализации;

- система водяного пожаротушения с использованием пожарных кранов;

- система отопления.

Кроме того, в nanoCAD «Инженерный BIM» представлена возможность проводить различные расчеты и с учетом полученных результатов проводить выбор подходящего оборудования, формировать 3D модели проектируемых объектов и получать автоматически подготовленную и оформленную в соответствии с российскими требованиями выходную документацию по выполняемому проекту. В дополнение к этому nanoCAD «Инженерный BIM», как утверждают разработчики, «в полной мере реализует основной принцип OpenBIM-проектирования: построение единой информационной модели здания набором специализированных инструментов, который состоит из наилучших в своей области решений и оптимально решает поставленные проектные задачи. Благодаря поддержке экспорта в обменные файлы

стандарта IFC информационные модели инженерных систем, выполненные в nanoCAD «Инженерный BIM», без каких-либо затруднений вливаются в общую информационную модель проектируемого объекта, реализуемую на любой BIM-платформе» [25].

Следующим специализированным программным средством в линейке nanoCAD является nanoCAD «ОПС». Эта программа позволяет облегчить выполнение задач, связанных с проектированием различных охранных систем, таких как охранные и пожарные сигнализации, систем оповещения, контроля и управления доступом (СКУД), систем видеонаблюдения зданий и сооружений различного назначения. В nanoCAD «ОПС» формируется интеллектуальная информационная модель проектируемой системы, которая максимально приближена к условиям монтажа, так как модель ограничена параметрами и характеристиками используемого оборудования, и параметрами проекта в целом.

Четвертым специализированным программным средством доступным для приобретения является nanoCAD «СКС». Данный продукт предназначен для использования специалистами, проектирующими структурированные кабельные системы, телефонию, а также кабеленесущих систем в зданиях и сооружениях различного назначения. В nanoCAD «СКС» формируется интеллектуальная информационная модель проектируемой системы, которая максимально приближена к условиям монтажа, так как модель ограничена параметрами и характеристиками используемого оборудования, и параметрами проекта в целом. В nanoCAD «СКС» решаются следующие задачи:

- проектирование горизонтальной подсистемы здания;
- проектирование магистральной подсистемы здания;
- проектирование подсистемы рабочего места;
- проектирование телекоммуникационной подсистемы;

- формирование чертежей для рабочей или исполнительной документации с возможностью автоматической расстановки рабочих мест и декоративных коробов в помещениях;
- создание системы кабельных каналов, автоматическая трассировка кабелей горизонтальной и магистральной подсистем здания;
- автоматическое составление отчетных документов (спецификаций, кабельных журналов), а также оформление документации по ГОСТ Р 21.1101-2013 [5].

panoCAD «Электро» – это еще один специализированный продукт, который является наиболее интересным из всех представленных в линейке продуктов от компании «Нанософт» для тех, кто обучается или работает в сфере электроэнергетики. А именно занимается проектированием различного силового электрооборудования, внутреннего и наружного освещения на объектах как гражданского, так и промышленного назначения. Благодаря возможностям данной программы инженер-проектировщик может быть освобожден от такой трудоемкой, рутинной работы, как маркировка оборудования, ручное проведение необходимых расчетов, учет количества необходимого оборудования, материалов, изделий и последующее внесение их в спецификацию, составление кабельного журнала, построение принципиальных схем электрической сети. При этом процесс автоматизации сводит к минимуму риск появления ошибок в проектной документации, благодаря отсутствию «человеческого фактора». Таким образом по заверениям разработчиков: «panoCAD «Электро» позволяет существенно сократить сроки проектирования и при этом повысить качество проектной документации. panoCAD Электро в полной мере реализует основной принцип OpenBIM проектирования: построение единой информационной модели здания набором специализированных инструментов, который состоит из наилучших в своей области решений и оптимально решает поставленные проектные задачи. Также поддерживает экспорт в обменные файлы стандарта IFC, что позволяет интегрировать информационные модели электрических

систем, выполненные в nanoCAD Электро, в общую информационную модель проектируемого объекта» [18].

Следующий программный комплекс - nanoCAD «ВК» предназначен для проектирования внутренних систем горячего и холодного водопровода и канализации, а также водяного пожаротушения с использованием пожарных кранов. По заявлениям разработчиков «в программе объединены расчетная и графическая части раздела проектирования «Внутренний водопровод и канализация». В базу данных внесены нормативные гидравлические характеристики санитарных приборов, пожарных кранов, потребителей воды. Производится расчет требуемого давления и расходов воды для каждой системы, подбираются диаметры трубопроводов, типоразмеры арматуры и счетчиков. Из созданной 3D-модели систем водопровода и канализации пользователь получает всю необходимую документацию, причем трехмерная модель систем, аксонометрические схемы, спецификация оборудования и спецификация систем водопровода и канализации генерируются автоматически. Реализована двусторонняя связь с Revit®» [15]. Как и в большинстве продуктов от компании «Нанософт» имеется возможность интегрировать созданные в «ВК» информационные модели инженерных систем в общую информационную модель проектируемого объекта.

Еще один, представленный в списке программный комплекс – это nanoCAD «Отопление». Он предназначен для проектирования систем отопления зданий и сооружений. Программа позволяет выполнять гидравлический и тепловой расчет системы водяного отопления, подбирать диаметры трубопроводов, типоразмеры арматуры и проводить автоматическую балансировку системы. Все базы данных открыты для пополнения. Из созданной 3D-модели систем отопления пользователь получает всю необходимую документацию, причем аксонометрические схемы, спецификация оборудования, отчеты и ведомости генерируются автоматически. Аналогично предыдущему продукту (nanoCAD «ВК») реализована двусторонняя связь с Revit® [22] и возможность интеграции

созданной информационной модели в структуру проектируемого объекта, реализуемого на любой BIM-платформе.

Следующий инструмент доступный для приобретения — это nanoCAD «Геоника» он позволяет проектировщику автоматизировать выполнение проектных работ в сфере инженерно-геологических изысканий, при создании генплана и наружных сетей. Программа освобождает специалистов от части нагрузки, автоматизируя выпуск чертежей, в соответствии с актуальными российскими стандартами. Программа состоит из следующих модулей:

- модуль «Топоплан» (это базовый модуль программы, который помогает специалистам автоматизировано наполнять базу точками съемки проекта, создавать топографические планы, 3D – модели рельефа поверхности земли и проводить её анализ);

- модуль «Генплан» (этот модуль необходим для создания различных проектов для строительства промышленных и гражданских объектов);

- модуль «Сети» (модуль позволяет проектировать внешние внутриплощадочные инженерные коммуникации и в автоматическом режиме получать продольный профиль);

- модуль «Геомодель» (предназначение этого модуля связано исключительно с процессом автоматизации подготовки отчетных документов, являющимися результатами геологических исследований);

- модуль «Сечения» (этот модуль позволяет формировать поперечные профили по заранее сформированной цифровой 3D модели рельефа поверхности земли и осевой линии трассы; данная функция необходима для проектирования очертаний дорог и водоотводных устройств, учитывая объемы земляных работ и количество необходимых);

- модуль «Трассы» (используется при выполнении проектных работ, связанных с линейно-протяженными объектами и автоматизированной подготовки необходимой выходной документации по ним).

Следующим специализированным программным средством в линейке nanoCAD является nanoCAD «СПДС Металлоконструкции». Это программа

главной задачей которой является быстрое и точное оформление проектно-конструкторской документации железобетонных и металлических конструкций, строго соответствующей требованиям СПДС. В этом надежно помогает технология разработки «умных» чертежей и гибкие инструменты разметки. База элементов дополнена параметрическими объектами площадок, лестниц, стремянок, ограждений, а также деталями креплений и арматурных изделий. Эти параметрические объекты понадобятся при оформлении чертежей планов, разрезов и узлов металлических и железобетонных конструкций. Интеллектуальные объекты в nanoCAD «СПДС Металлоконструкции» слаженно взаимодействуют друг с другом и легко редактируются. Добавленные в чертеж элементы автоматически попадают в Менеджер проекта, который позволяет организовать структуру проекта для проектируемых конструкций. Для любой сборочной единицы могут быть автоматически сформированы ведомости и спецификации.

Следующий программный комплекс - nanoCAD «СПДС Стройплощадка». Основная задача этой программы – быстро и точно оформлять проектно-конструкторскую документацию, касающуюся организации строительства и производства строительных работ, соответствующих требованиям СПДС. В этом пользователю, также как и в предыдущей программе (nanoCAD «СПДС Металлоконструкции»), помогает технология разработки «умных» чертежей и гибкие инструменты разметки. В программе доступна обширная и постоянно пополняемая база данных строительной техники. Для каждого вида техники в интерактивном режиме задаются свои параметры выбора, а в специальном диалоговом окне можно задать условия для простановки видов, размеров, дополнительных вылетов, обозначений, графиков и зон. Программа приводит технические характеристики выбранной техники. Для каждой работы назначаются данные по объемам, срокам, расценкам, технике, персоналу и материалам, а сами работы упорядочиваются в иерархическую структуру. Структуру проекта можно перенести в форматы Microsoft Project [10] и сметные программы.

Средствами Менеджера проекта генерируются необходимые документы: ведомости, календарные планы, экспликации и т.д.

Еще один, представленный в списке программный комплекс – это nanoCAD «Конструкции – КЖ». Это специализированный инструмент, выполненный на базе nanoCAD предназначенный для конструкторов, работающих с чертежами марок КЖ и КЖИ. nanoCAD «Конструкции – КЖ» включает в себя:

- универсальные инструменты схематичного и детального армирования монолитных железобетонных конструкций;
- управление составом проекта с использованием Диспетчера марок;
- единый набор арматурных элементов для модулей КЖ и Фундаменты;
- автоконтроль норм проектирования по СНиП и СП;
- расширенные возможности работы с элементами металлопроката;
- автоматическая генерация ведомостей и спецификаций на ЖБ-конструкции;
- автоматическое проектирование и специфицирование сварных сеток;
- сборка и маркировка арматурных изделий, регистрация их чертежей;
- использование стандартных и создание пользовательских закладных изделий;
- автоматическое специфицирование арматурных и закладных изделий;
- инструменты генерации чертежей арматурных деталей: хомутов, шпилек, спиралей и т.д.;
- формирование ведомости деталей в автоматическом режиме с автоматической вставкой и обновлением эскиза детали;
- подбор и проектирование составных перемычек;
- автоматизированная раскладка плит перекрытий на участках перекрытия с возможностью редактирования участка.

nanoCAD «Конструкции-Фундаменты» представляет собой «специализированное графическое приложение на платформе nanoCAD, предназначенное для расчета, подготовки схем расположения и чертежей

марок КЖ и КЖИ столбчатых и ленточных фундаментов на свайном и естественном основании, включая расчет основания по деформациям для фундаментов колонн промышленных и гражданских зданий, расчет свайного основания на прочность по несущей способности сваи и расчет монолитных ленточных фундаментов. Содержит функционал nanoCAD для выполнения задач базового черчения с полной поддержкой формата *.dwg» [30]. Основной особенностью программы является разумная минимизация исходных данных при максимальном объеме получаемых. Используется полуавтоматический диалоговый режим, позволяющий легко добиваться желаемых результатов. Сервисный аппарат программы помогает находить оптимальные решения и получать полный комплект чертежей и спецификаций.

Программный комплекс «NormaCS 4» выполняет роль помощника проектировщика при работе с нормативной документацией, позволяя автоматизировать поиск документации по различным параметрам, добавлять цитаты из них в свой проект, проставлять ссылки на нормы и стандарты в выходных документах и инженерных приложениях, а самое главное осуществлять автоматический нормоконтроль. Разработчики заявляют, что «NormaCS гарантирует аутентичность нормативно-технических документов, хранящихся в базе данных программы. Полнота и актуальность базы данных, продуманный интерфейс, удобный механизм отображения информации, интеграция с nanoCAD и офисными приложениями компании Microsoft позволяют решать практически любые задачи, связанные с применением нормативно-технических документов» [29].

Программа NS Project – система для управления проектной организацией, информационной поддержки коллективной работы над проектами и создания электронного архива проектной документации в multiCAD [19] среде. NS Project полностью автоматизирует все процессы выпуска проектной документации. К основным функциональным возможностям программы можно отнести:

- создание проектов в стандартизованном виде в зависимости от стадии проекта;
- формирование плана работ по проекту;
- контроль за ходом реализации и формирование отчетности по проекту;
- единое защищенное электронное хранилище проектной документации;
- предоставление прав доступа в соответствии с ролями и рабочими группами пользователей;
- возможность параллельного проектирования, оперативный доступ ко всем происходящим изменениям, контроль версионности, возможность создания связей в документации, создание подписок на документы;
- интерфейс, встроенный в nanoCAD;
- интерфейс для работы в multiCAD-среде;
- возможность повторного использования документации из других проектов;
- быстрый поиск данных и документов;
- гибкая система администрирования и настройки;
- простые и понятные интерфейсы.

Выводы по 1 разделу

Программное обеспечение nanoCAD является отличной альтернативой иностранному программному обеспечению. Уже сейчас nanoCAD — это прекрасно проработанный САПР-комплекс со всеми необходимыми функциями, полезный самому широкому кругу пользователей и готовый развиваться в любом новом направлении. За 10 лет компании «Нанософт» удалось создать современную российскую систему автоматизированного проектирования мирового уровня, с огромным арсеналом возможностей и множеством направлений развития.

Широчайший набор дополнительных продуктов позволяет создать на базе nanoCAD удобный, технологичный и настроенный под российские

стандарты инструмент проектирования для работы в любой отрасли, начиная от строительства и машиностроения, заканчивая электроэнергетикой и геологией.

Это является огромным преимуществом данного продукта в том числе и для высших учебных заведений России, так как предоставляет возможность, внедрением в образовательный процесс одного продукта, обеспечить инструментом для изучения возможностей САПР студентов самых разных инженерных специальностей. В том числе и в области электроэнергетики, позволяя создавать, например, проекты электроснабжения цехов промышленных предприятий или различных гражданских зданий средствами nanoCAD Электро.

Еще одним важнейшим преимуществом nanoCAD, особенно актуальным на данный момент, является то, что это полностью отечественная разработка. Это в свою очередь означает то, что стоимость продуктов компании «Нанософт» абсолютно не зависит от активно меняющегося курса валют. Кроме того, отечественный разработчик – это гарантия того, что продукт будет продолжать реализовываться и поддерживаться независимо от любых внешних ограничений, в отличие от аналогичного иностранного ПО, большинство разработчиков которого заявило о том, что прекращает поддержку своей продукции на территории Российской Федерации.

2 Методическое пособие по командам и инструментам, используемым в ходе работы над проектом в nanoCAD Электро

Несмотря на то, что разработчики позиционируют свое ПО как максимально дружелюбное к пользователю, благодаря традиционному интерфейсу и знакомым методам работы, аналогичным другим популярным САПР. Но эти утверждения актуальны для тех, кто имеет хотя бы начальный опыт работы в подобных программах. Но учитывая, что данное методическое пособие предназначено для студентов, предполагается, что для большинства из них nanoCAD Электро будет первым опытом работы в программах такого рода.

Поэтому перед началом работы в nanoCAD необходимо ознакомиться с основными его инструментами и функциями, а также понять, как и в какой последовательности выполняются ключевые этапы создания проекта.

Начать лучше с основного окна программы (рисунок 1) и представленных на нем инструментах.

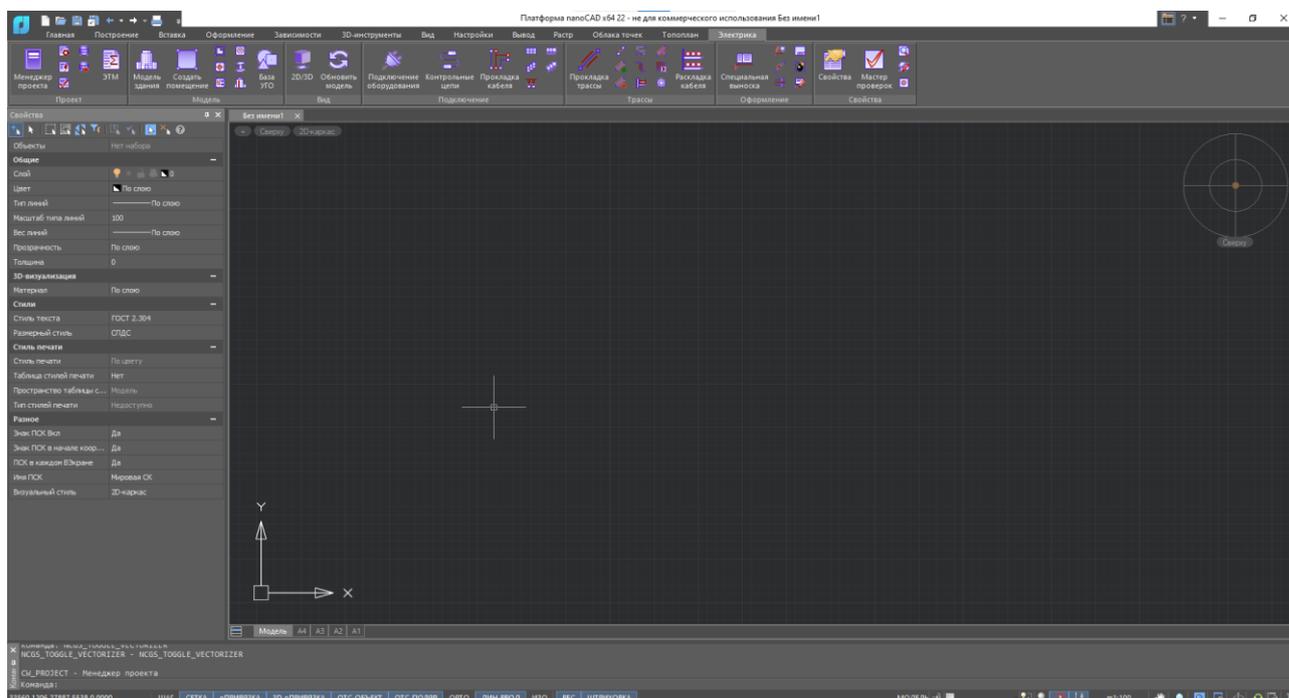


Рисунок 1 – Основная рабочая область программы nanoCAD Электро

Основные инструменты, используемые в ходе работы над проектом системы электроснабжения представлены на вкладке «Электрика». Инструменты на данной вкладке разделены на несколько блоков: «Проект», «Модель», «Вид», «Подключение», «Трассы», «Оформление», «Свойства». Рассмотрим подробнее каждый из них.

Блок «Проект» содержит инструменты (таблица 2) необходимые для создания и управления различными элементами проекта, выполнения всех необходимых настроек от выбора методики расчета, до оформления выходных проектных документов, а также инструменты, предназначенные для работы с базами всего оборудования, используемого в проекте.

Таблица 2 – Инструменты, представленные в блоке «Проект»

Название инструмента	Иконка	Описание функции, выполняемой инструментом
Менеджер проекта		При нажатии на иконку данного инструмента открывается окно «Менеджер проекта». В этом окне можно проводить такие действия с проектом, как: создание, сохранение, открытие и удаление. Здесь же происходит управление всеми чертежами и документами, содержащимися в проекте. В окне «Менеджер проекта» можно автоматически генерировать необходимую выходную документацию, менять её параметры, выполнять предварительный просмотр, а также конвертировать в различные форматы
Настройки		Эта команда открывает одноимённое окно «Настройки». В котором можно проводить настройку множества элементов программы, таких как различные инструменты, методики расчёта, правила автоматической маркировки оборудования и оформления проектных документов под нормы и требования конкретного предприятия
Технологическое задание		«При нажатии на иконку данного инструмента открывается окно «Технологическое задание». В нем задаётся список технологического оборудования проекта, как вручную, так и путём экспорта из существующего xml-файла» [28]
База данных оборудования		«Эта команда открывает окно «База данных оборудования». В нем предоставляется возможность просматривать и редактировать базу оборудования проекта» [28]

Продолжение таблицы №2

Импорт/Экспорт оборудования		«Эта команда открывает одноимённое окно «Импорт/экспорт оборудования». В этом окне можно произвести импорт или экспорт оборудования между базой данных проекта и внешними базами данных» [14]
Электротехническая модель		«Эта команда открывает окно «Электротехническая модель». В нем представлен список оборудования проекта, структурная схема электрической сети, проводятся электротехнические расчёты, производится выбор уставок коммутационных аппаратов и проводятся проверки» [28]

Блок «Модель» включает в себя инструменты (таблица 3) необходимые для работы с моделями зданий, помещений, этажей и объектами, расположенными там. Кроме того, здесь есть инструменты для создания зон освещения, для которых в последствии будут проводится расчеты. Последним, но одним из самых важных инструментов блока является база условных графических объектов, содержащая различные элементы электрической сети, готовые для размещения на плане проекта.

Таблица 3 – Инструменты, представленные в блоке «Модель»

Название инструмента	Иконка	Описание функции, выполняемой инструментом
Модель здания/объекта		«Данная команда вызывает окно, в котором отображается модель здания, проводится работа с помещениями и выполняется редактирование их свойств» [14]
Создать помещение		«Этот инструмент позволяет создать на плане область помещения путем указания вершин, создания замкнутого контура или выбрав уже существующий на плане замкнутый контур» [28]
Создать этаж		«Эта команда создаёт на плане область этажа путем указания вершин, создания замкнутого контура или выбором существующего на плане замкнутого контура» [28]
Автоматически определить помещение		Данная команда позволяет автоматически создать помещение и определить его контур путем указания внутренней точки на его существующей архитектурной основе
Задать порядок следования объектов в помещении		«Эта команда позволяет задать произвольный порядок следования объектов в помещении для автоматической маркировки оборудования» [14]

Продолжение таблицы №3

Создать зону расчёта освещения		«Этот инструмент позволяет создать зону расчёта освещённости по двум, трем точкам, ручным созданием замкнутого контура или выбрав существующий замкнутый контур» [14]
Создать объект затенения		«Данная команда позволяет создать объект затенения на основе геометрического примитива» [14]
Мастер межэтажных соединений		«Эта команда открывает окно, в котором отображается модель системы стояков в здании» [28]
База УГО		При нажатии на иконку данного инструмента открывается окно «Условные графические обозначения». В нем представлены УГО различных элементов сети для быстрой установки на план

Блок «Вид» представлен всего двумя инструментами (таблица 4), но оба выполняют очень важные функции. Первый инструмент позволяет переходить от двухмерного изображения модели проекта к трехмерному и обратно. Второй инструмент позволяет обновить все параметры, свойства и любую другую информацию по проекту.

Таблица 4 - Инструменты, представленные в блоке «Вид»

Название инструмента	Иконка	Описание функции, выполняемой инструментом
2D/3D		При нажатии на иконку данной команды происходит переключение режима отображения модели с двухмерного на трёхмерный и обратно
Обновление модели		«Эта команда запускает процесс обновления всей информации по проекту: маркировок, выносок, всплывающих подсказок и т.д.» [14]

Блок «Подключение» содержит инструменты (таблица 5), предназначенные для решения различных задач, но при этом объединенных общей целью – подключение различного оборудования к электрической сети. В целом данный блок обеспечивает такие возможности, как подключение оборудования к существующим линиям, соединение оборудования между другими элементами сети, прокладку кабелей и проводов, создание распределительных устройств, объединение светильников в группы для более удобного подключения к сети.

Таблица 5 - Инструменты, представленные в блоке «Подключение»

Название инструмента	Иконка	Описание функции, выполняемой инструментом
Мастер подключения оборудования		«Эта команда открывает окно «Мастер подключения оборудования». В данном окне создаются силовые соединения между элементами сети. В нём можно подключать электроприёмники и электрооборудование к отходящим линиям распределительного устройства, светильники к выключателям и т.д.» [28]
Мастер создания контрольных соединений		«При нажатии на иконку данного инструмента открывается окно «Мастер контрольных соединений». В нем создаются контрольные соединения между элементами сети» [14]
Прокладка кабелей/проводов		«Эта команда открывает одноименное окно. В котором представлена возможность прокладывать кабели и провода в трассах» [28]
Создать комплексное РУ		«Эта команда позволяет объединить несколько электротехнических шкафов (панелей), установленных на план, в единое распределительное устройство (щит)» [14]
Разбить комплексное РУ		«Эта команда разбивает ранее созданное комплексное распределительное устройство (щит) на отдельные электротехнические шкафы (панели)» [28]
Создать комплексный светильник		«Эта команда позволяет создавать ряды светильников» [14]
Разбить комплексный светильник		«Эта команда позволяет разбить ряд светильников на отдельные светильники» [28]
Подключение объектов шлейфом		«Этот инструмент позволяет подключить оборудование шлейфом» [14]

Блок «Трассы» включает в себя инструменты (таблица 6), предназначенные для работы с кабельными трассами. Они позволяют прокладывать новые трассы, соединять с ними различные объекты, размещенные на плане проекта, добавлять (или удалять) новые каналы в существующие трассы, а также настраивать различные параметры кабельных трасс, такие как создание криволинейных элементов кабельных трасс, установка перепадов по высоте, выбор сечений, подбор и установка необходимых соединительных элементов и многое другое.

Таблица 6 - Инструменты, представленные в блоке «Трассы»

Название инструмента	Иконка	Описание функции, выполняемой инструментом
Проложить трассу с каналом		«Данный инструмент позволяет прокладывать трассу с кабеленесущей системой. В процессе прокладки трассы появляется дополнительное окно, предоставляющее возможность установки всех необходимых параметров прокладки трасс с кабеленесущей системой» [28]
Соединить трассой объекты или объект с трассой перпендикуляром		«Эта команда соединяет выделенные объекты прямолинейным участком трассы и позволяет прокладывать трассу между объектом и трассой перпендикулярно к выбранной трассе» [14]
Проложить канал в существующих трассах		«Этот инструмент позволяет прокладывать кабеленесущие системы в существующих трассах, вертикальных участках перепадов высот и элементах. В процессе прокладки появляется дополнительное окно, предоставляющее возможность установки всех необходимых параметров для прокладки кабеленесущих систем в трассах» [28]
Удалить канал из трасс		«Данная команда позволяет удалить ранее проложенные кабеленесущие системы из горизонтальных и вертикальных участков трасс» [28]
Прокладка криволинейной трассы		«Эта команда создаёт на основе выделенной дуги или сплайна криволинейный участок кабельной трассы» [14]
Установить перепад высот		Данный инструмент позволяет устанавливать элементы перепада высот на план. В процессе установки появляется дополнительное окно, предоставляющее возможность установки всех необходимых параметров для установки перепадов высот для кабеленесущих систем
Мастер сечений		«Данная команда открывает одноимённое окно. В котором отображаются все сечения кабельных трасс, готовые к размещению на плане или уже размещённые» [28]
Установка соединительных элементов		«Этот инструмент позволяет устанавливать соединительные элементы для кабельных трасс» [14]
Подбор соединительных элементов		«Данный инструмент позволяет автоматически подбирать из базы данных оборудования соединительные элементы для лотков, коробов и труб» [14]
Установка коробок		«Эта команда открывает одноименное окно. В котором можно автоматически устанавливать разветвительные коробки на плане, а также задавать их тип из базы данных оборудования» [28]

Продолжение таблицы №6

Мастер раскладки кабеля		Эта команда открывает одноимённое окно для выделенной трассы. В нем производится автоматизированная раскладка кабелей в трассе
-------------------------	---	--

Блок «Оформление» содержит инструменты (таблица 7), предназначенные для создания и настройки выносок для различных объектов, создания на чертеже текстовых элементов и для создания и настройки рамки чертежа.

Таблица 7 - Инструменты, представленные в блоке «Оформление»

Название инструмента	Иконка	Описание функции, выполняемой инструментом
Специальная выноска		Эта команда позволяет установить на плане специальную выноску для выделенного элемента
Выноска числа светильников		Этот инструмент позволяет установить выноску светильников, установленных в помещении
Текстовый элемент		Данная команда позволяет вставить текстовый в «разрыв» трассы, при этом трасса разрывается только визуально
Выноска сечения		Данный инструмент позволяет установить на трассу метку сечения кабельной трассы
Установить рамку чертежа		Этот инструмент устанавливает на план рамку для оформления чертежа
Взорвать план		Эта команда позволяет разбить объекты Приложения, находящиеся на чертеже. Файл с разбитыми объектами сохраняется в папке, содержащей проект

Блок «Свойства» последний представленный в строке инструментов блок. Он содержит в себе инструменты (таблица 8) выполняющие достаточно разные функции, направленные по большей части на удобное отображение определенных параметров проекта. Например, отображение на плане или изменение свойств групп объектов, объединенных по каким-либо признакам, проведение различных проверок, позволяющих проверить правильность выполнения многих элементов проекта, установка точек присоединения и настройка различных параметров условных графических обозначений.

Таблица 8 - Инструменты, представленные в блоке «Свойства»

Название инструмента	Иконка	Описание функции, выполняемой инструментом
Свойства		При нажатии на иконку данного инструмента открывается окно групповых свойств, в котором можно редактировать свойства сразу группы объектов.
Мастер просмотра объектов		Этот инструмент позволяет просматривать на плане объекты на заданной высоте, запитанные от определённого фидера и т.д.
Мастер проверок		Данный инструмент открывает одноимённое окно, в котором представлена возможность провести широкий спектр проверок правильности построения электрической сети и выбора оборудования.
Установить точку присоединения		Эта команда позволяет устанавливать точку присоединения при создании условных графических обозначений.
Свойства УГО		При нажатии на иконку данного инструмента открывается окно настройки параметров создаваемого или созданного условного графического обозначения.

Теперь рассмотрим некоторые важные инструменты более подробно.

Начнем с функции «Создать помещение». Это крайне важная функция, используемая на первоначальном этапе проектирования. Архитектурный план помещения сам по себе не предоставляет программному комплексу информацию о расположении и размерах помещений. Поэтому, например, для проведения светотехнических расчетов необходимо конкретно указать границы каждого помещения, а также его технические характеристики. Это можно сделать тремя основными способами:

- указание границ помещений вручную с помощью инструмента «Создать помещение» (таблица 3);
- автоматическое определение границ помещений с помощью инструмента «Автоматически определить помещение» (таблица 3) (для автоматического определения границ помещения на плане объекта должны иметь замкнутые границы);

- импорт схемы помещений из готового архитектурного проекта. (доступен импорт из IFC файла, из nanoCAD СПДС, из RBIM, а также из Revit; данные инструменты представлены в окне «Модель здания»).

После определения границ помещения появляется окно, позволяющее определить свойства помещения. Данное окно состоит из двух разделов: общие свойства (рисунок 2) и светотехнические свойства (рисунок 3).

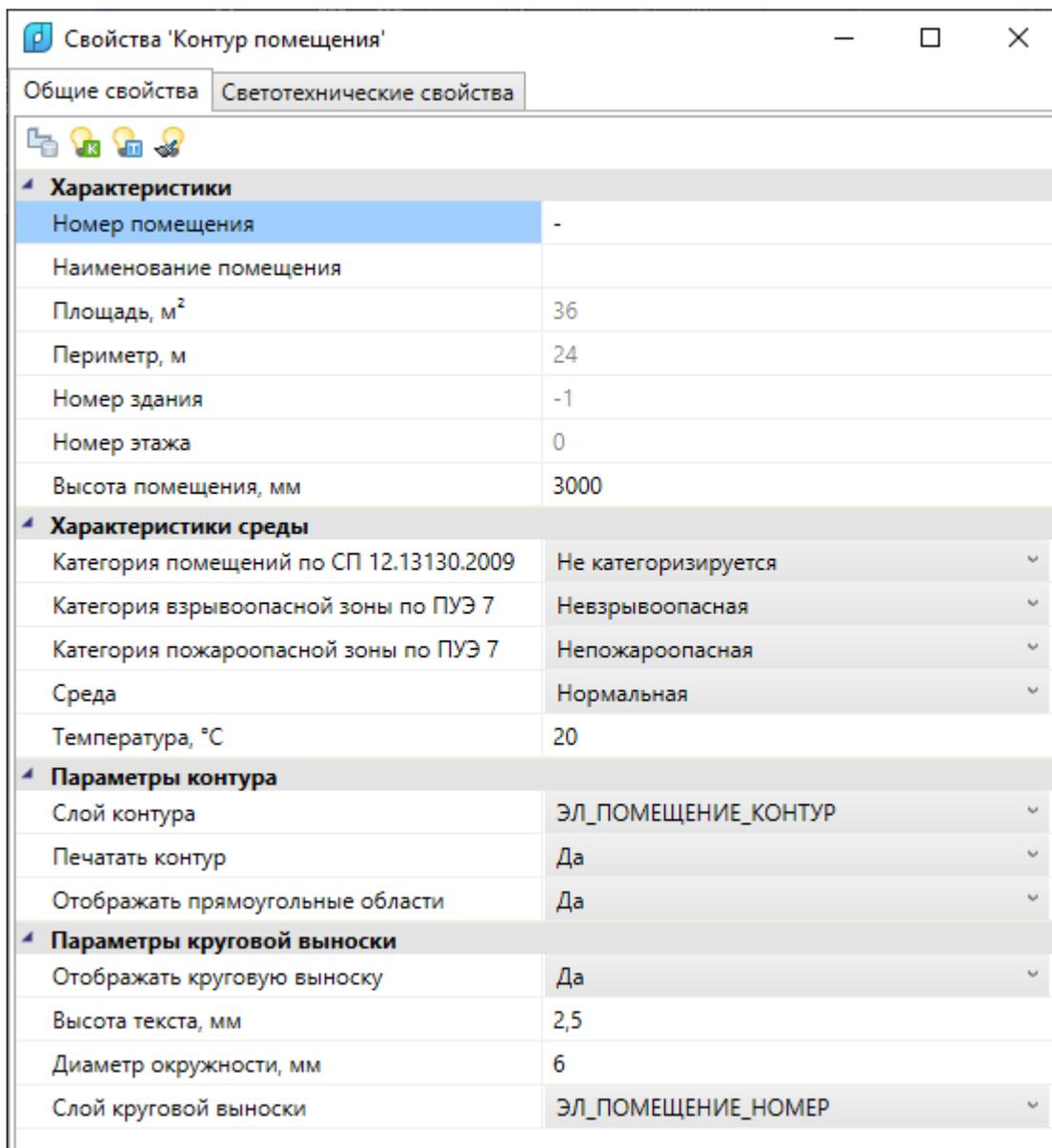


Рисунок 2 – Общие свойства помещения

Свойства 'Контур помещения'	
Общие свойства Светотехнические свойства	
Светотехнические характеристики	
Разряд зрительных работ	-
Нормируемая освещенность, лк	100
Высота рабочей поверхности, мм	800
Минимальная яркость световых указателей, кд/м ²	10
Светотехнические коэффициенты	
Коэффициент отражения потолка рпот, о.е.	0,7
Коэффициент отражения стен рст, о.е.	0,5
Коэффициент отражения пола рпол, о.е.	0,3
Коэффициент запаса Кз, о.е.	1,3
Расчет освещенности. Метод Ки	
Высота установки светильников, мм	3000
Расчет по	по светильнику
Светильник	...
Шаг сетки расстановки светильников, мм	0
Вычисленное количество светильников, шт.	0
Установленное количество светильников, шт.	0
Нормируемая освещенность, лк	100
Вычисленная освещенность, лк	0
Удельная установленная мощность, Вт/м ²	0
Расчет освещенности: Точечный метод	
Максимальное количество точек на плане	1000
Учитывать отраженный свет	Да
Светильники	
Нормируемая освещенность, лк	100
Максимальная освещенность Emax, лк	0
Минимальная освещенность Emin, лк	0
Средняя освещенность Eср, лк	0
Неравномерность освещенности Eср/Emin, о.е.	0
Чертить изолинии по контуру	Да

Рисунок 3 – Светотехнические свойства помещения

В целом их названия достаточно четко определяют назначение каждого из разделов. Перейдем к подробному разбору параметров, представленных в разделе общих свойств.

Подраздел «Характеристики» представлен такими параметрами как номер помещения, наименование помещения, площадь (м²), периметр (м), номер здания, номер этажа, высота помещения (мм).

Номер помещения можно указать вручную, либо воспользоваться автоматической нумерацией помещений.

Наименование помещения указывается для отражения его функционального предназначения в выходной документации проекта.

Площадь и периметр помещения рассчитываются программой автоматически в соответствии с определенными границами помещения.

Параметр «Номер здания» указывает на возможность объединения в одном проекте нескольких зданий, а возможно и целого квартала, тут все будет упираться в вычислительные возможности компьютера.

Номер этажа необходимо указывать при проектировании многоэтажных сооружений, данный параметр отвечает исключительно за отображение номера в документации и при работе с другими инструментами NanoCAD. Реальный порядок этажей и их последовательность указывается отдельно.

Важнейшим параметром является высота помещения так как вертикальные размеры помещения программа определить не может, то крайне важно правильно указать его вручную.

Следующий подраздел – это характеристики среды, он включает в себя категорию помещений по СП 12.13130.2009, категорию взрывоопасной зоны по ПУЭ 7, категорию пожароопасной зоны по ПУЭ 7, общую характеристику среды и температуру в помещении. Эти параметры требуются для выходной документации проекта, а также для правильного выбора электротехнического оборудования.

СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [20] устанавливает свод правил для определения класса зданий и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности. Правильное определение этого класса влияет на составление корректных правил противопожарной

безопасности с учетом наличия горючих материалов и веществ в данном помещении или здании. Эти мероприятия направлены на предотвращение возможного возникновения пожара и обеспечение защиты жизни и здоровья людей, а также материальных ценностей в случае возникновения пожара. Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности приведены в таблице 9.

Таблица 9 - Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
«А» - повышенная взрывопожароопасность	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, 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 кПа
«Б» - взрывопожароопасность	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, 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 кПа
«В1-В4» - пожароопасность	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
«Г» - умеренная пожароопасность	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
«Д» - пониженная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Следует учитывать, что для большинства административных, подсобных и других помещений (кроме складов ГСМ), где не происходят какие-либо производственные процессы будет актуальна категория «Д», для большинства производственных помещений, связанных с металлообработкой, машиностроением и так далее. наиболее вероятно будет подходить категория «Г», а оставшиеся же категории «А», «Б», «В» используются на достаточно специфичных предприятиях и требуют более глубокого и тщательного анализа производственного процесса.

Категории взрывоопасных зон по ПУЭ 7 приведены в главе 7.3. «Электроустановки во взрывоопасных зонах» [16]. Определение данных категорий необходимо для корректного выбора электрооборудования и кабельной продукции с учетом находящихся в помещении взрывоопасных зон и взрывоопасных смесей. Перечень данных категорий и их характеристики перечислены в таблице 10.

Таблица 10 - Категории взрывоопасных зон по ПУЭ 7

Класс зоны	Характеристика
В-I	Зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ (легковоспламеняющаяся жидкость) в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы
В-Ia	Зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей
В-Iб	Зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей, при этом взрывоопасные смеси отличаются высоким концентрационным пределом воспламенения и резким запахом
В-Iг	Зоны у наружных установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ, а также пространства у проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений со взрывоопасными зонами классов В-I, В-Ia и В-II
В-II	Зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы.

Продолжение таблицы №10

В-Ша	Зоны, расположенные в помещениях, в которых выделение горючей пыли или волокон, способных образовать с воздухом взрывоопасные смеси не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей
------	--

Категории пожароопасных зон по ПУЭ 7 приведены в главе 7.4. «Электроустановки в пожароопасных зонах». Определение данных категорий необходимо для корректного выбора электрооборудования и кабельной продукции с учетом находящихся в помещении пожароопасных зон и горючих веществ. Перечень данных категорий и их характеристики перечислены в таблице 11.

Таблица 11 - Категории пожароопасных зон по ПУЭ 7

Класс зоны	Характеристика
П-I	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C
П-II	Зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м ³ к объему воздуха
П-Ша	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества
П-Ш	Расположенные вне помещения зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C или твердые горючие вещества

Общая характеристика среды представлена следующими вариантами:

- нормальная,
- влажная,
- сырая,
- особо сырая,
- пыльная,
- жаркая,
- химически активная.

Для большинства производственных помещений характерна нормальная среда. Некоторые помещения в силу особенностей производственного процесса могут быть пыльными или жаркими. Остальные представленные варианты крайне редки и характерны для специфичных предприятий.

Температура в помещении соответственно характеризует среднегодовую температуру в данном помещении.

Перейдем к разделу светотехнических свойств. Первый подраздел, представленный в нем – «Светотехнические характеристики» включает в себя такие параметры как: разряд зрительных работ, нормируемая освещенность (лк), высота рабочей поверхности (мм) и минимальная яркость световых указателей (кд/м²).

Разряд зрительных работ определяется по СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [21]. Большинство производственных помещений цехов относятся к III или IV разряду зрительных работ, кроме подсобных и складских помещений. Наиболее универсальным подразрядом зрительных работ является подразряд «в».

Нормируемая освещенность производственных помещений также определяется по СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение».

Параметр «Высота рабочей поверхности» задает высоту, на которой необходимо получить требуемый уровень освещенности. В подсобных и складских помещениях требуемый уровень освещенности устанавливается на уровне пола, то есть высота рабочей поверхности будет равна нулю. А в производственных помещениях она определяется по высоте оборудования или рабочих поверхностей, например 0,8 м.

Параметр «Минимальная яркость световых указателей» задает требования для аварийного освещения указателей (например, путей для эвакуации). В данном проекте данный параметр изменять не требуется.

Следующий подраздел – «Светотехнические коэффициенты» представлен коэффициентами отражения потолка, стен и пола, а также коэффициентом запаса.

В разделе «Расчет освещённости. Метод Ки» для заполнения доступны следующие параметры:

- «Высота установки светильников» (данный параметр позволяет уточнить высоту установки светильников; она может быть равна высоте помещения, если светильники расположены на потолке, либо быть меньше, если светильники будут установлены на подвесах;

- «Выбор по светильнику/серии светильников» (данный параметр позволяет проводить расчет либо для конкретной модели светильника, либо для целой серии. Рекомендуется выбирать второй вариант, так как в таком случае можно выбрать наиболее подходящую для конкретных условий модель);

- «Светильник/серия светильника» (здесь можно выбрать определенную модель светильника, либо его серию);

- «Шаг сетки расстановки светильников, мм» (данный параметр позволяет настроить расстояния между светильниками, если на потолке уже определены конкретные места для их установки).

Выводы по 2 разделу

В данном разделе представлено теоретическое ознакомление с основными инструментами и командами, используемыми в ходе создания проекта. Данное руководство предоставляет знания необходимые для начала работ с комплексом nanoCAD Электро, а также предоставляет подробную информацию о методах выбора различных параметров при использовании особенно сложных инструментов программы.

Краткая информация о каждом инструменте, представленном в nanoCAD Электро, дает возможность студентам познакомиться с

функционалом и возможностями программы еще до начала работы в ней. Это позволит быстрее освоиться в достаточно сложном интерфейсе программного обеспечения и затратить меньше времени на этап ознакомления с новым продуктом.

Даны подробные рекомендации по выбору различных параметров при настройке общих и светотехнических свойств помещений, например таких как, категорирование помещений по взрывопожарной и пожарной опасности, определение характеристик среды, разряда зрительных работ, нормируемой освещенности, а также выбор моделей или серий светильников для расчета освещения в проекте.

Программный комплекс не предоставляет справочную информацию, которая необходима для правильного выбора данных параметров. Но благодаря представленным в данном разделе сведениям студентам не придется заниматься поиском дополнительных источников информации т.к. все необходимые данные уже приведены в данном руководстве, либо представлены ссылки на конкретные нормативные документы, регулирующие выбор определяемых параметров.

3 Методические указания по выполнению основных этапов электротехнического проекта в nanoCAD Электро

Ознакомившись с инструментами, представленными в NanoCAD Электро, перейдем к освоению методов проектирования в программном комплексе nanoCAD Электро на примере создания проекта электроснабжения цеха промышленного предприятия. Данный проект будет разделен на девять этапов, каждый из которых представлен в виде отдельного практического задания с подробными инструкциями по их выполнению. В ходе выполнения данных заданий студентам будет представлена возможность освоить методы работы над электротехническим проектом и получить первоначальные навыки работы в NanoCAD Электро.

Первым этапом выполнения абсолютно любого проекта является его создание. Поэтому целью первого практического задания будет освоение этого этапа работы над проектом.

3.1 Задание №1. Создание проекта. Создание чертежа (плана)

Задача: освоить процесс создания нового проекта и чертежа в программе NanoCAD Электро.

Сразу после запуска программы всегда открывается вкладка «Главная» представляющая пользователю стандартные инструменты для выполнения любого чертежа. Но использовать специализированное для нужд электроэнергетики программное обеспечение как обычный инструмент для черчения будет нерационально, хотя в некоторых ситуациях это и может оказаться необходимым. Но все же в большинстве случаев можно сразу перейти на вкладку «Электрика», где представлены все основные инструменты для работы над электротехническим проектом.

Сразу после открытия данной вкладки большинство команд и инструментов, представленных на ней, не будут работать. Это связано с тем,

что для их работы требуется специализированные файлы и объекты, набор которых и называется «Проект». Именно его необходимо создать в ходе выполнения данного задания, для этого воспользуемся инструментом, специально предназначенным для работы с проектом – «Менеджер проекта».

После этого откроется одноименное окно (рисунок 4), рабочее пространство которого при первом запуске окажется пустым, так как проект пока еще не создан.

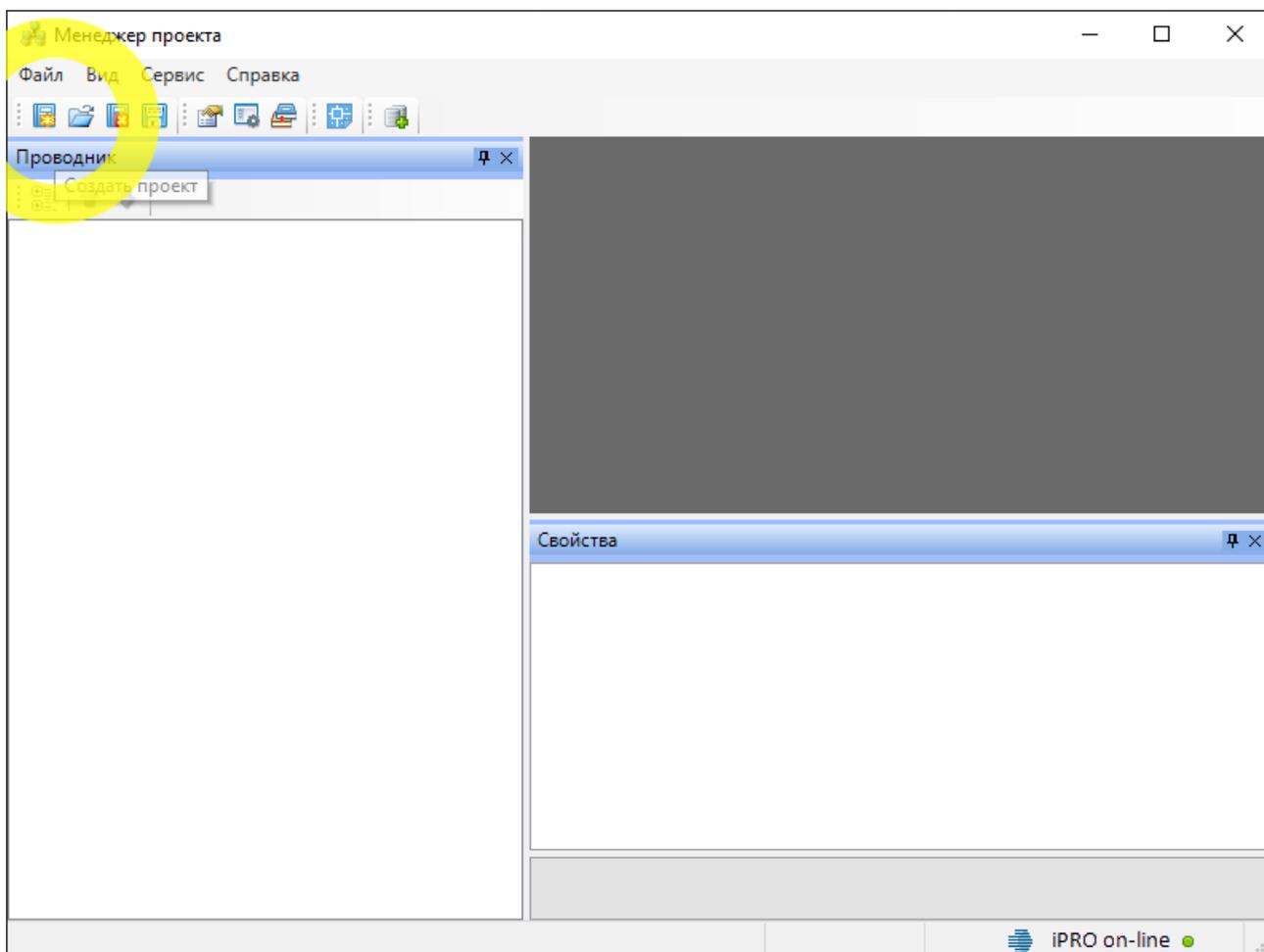


Рисунок 4 – Интерфейс окна «Менеджер проекта» и команда «Создать проект»

Создание проекта осуществляется нажатием на иконку «Создать проект», расположенную на панели инструментов, или через меню «Файл». После этого откроется окно – «Создание нового проекта» (рисунок 5).

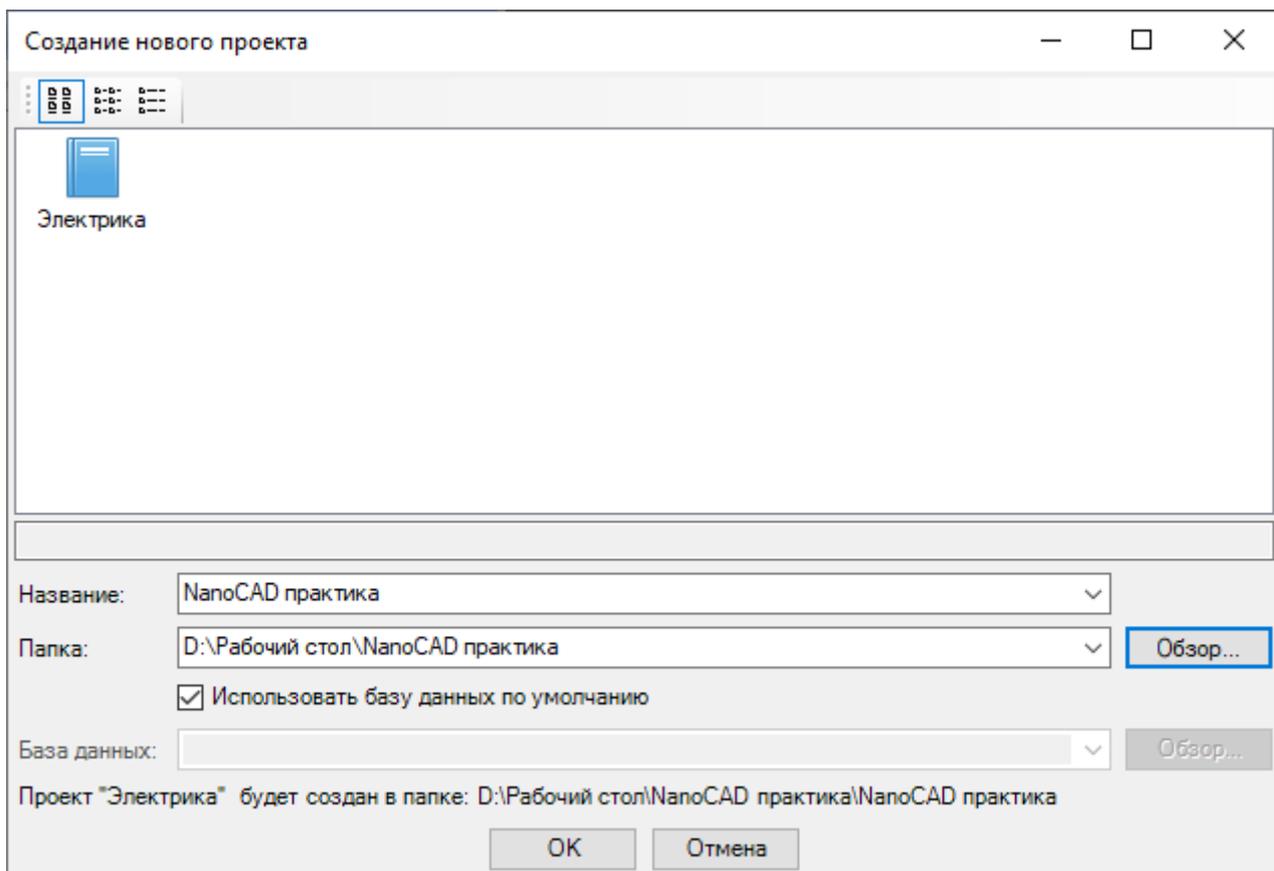


Рисунок 5 – Интерфейс окна «Создание нового проекта»

В первом поле данного окна задается соответственно название будущего проекта. Во втором поле выбирается папка для хранения проекта. Параметр «Использовать базу данных по умолчанию» оставляем без изменений так как альтернативный вариант предназначен для пользователей уже имеющих собственную базу данных оборудования от конкретных заказчиков или производителей.

После нажатия клавиши «ОК» происходит процесс создания проекта, после окончания которого рабочая область менеджера проекта примет вид, представленный на рисунке 6.

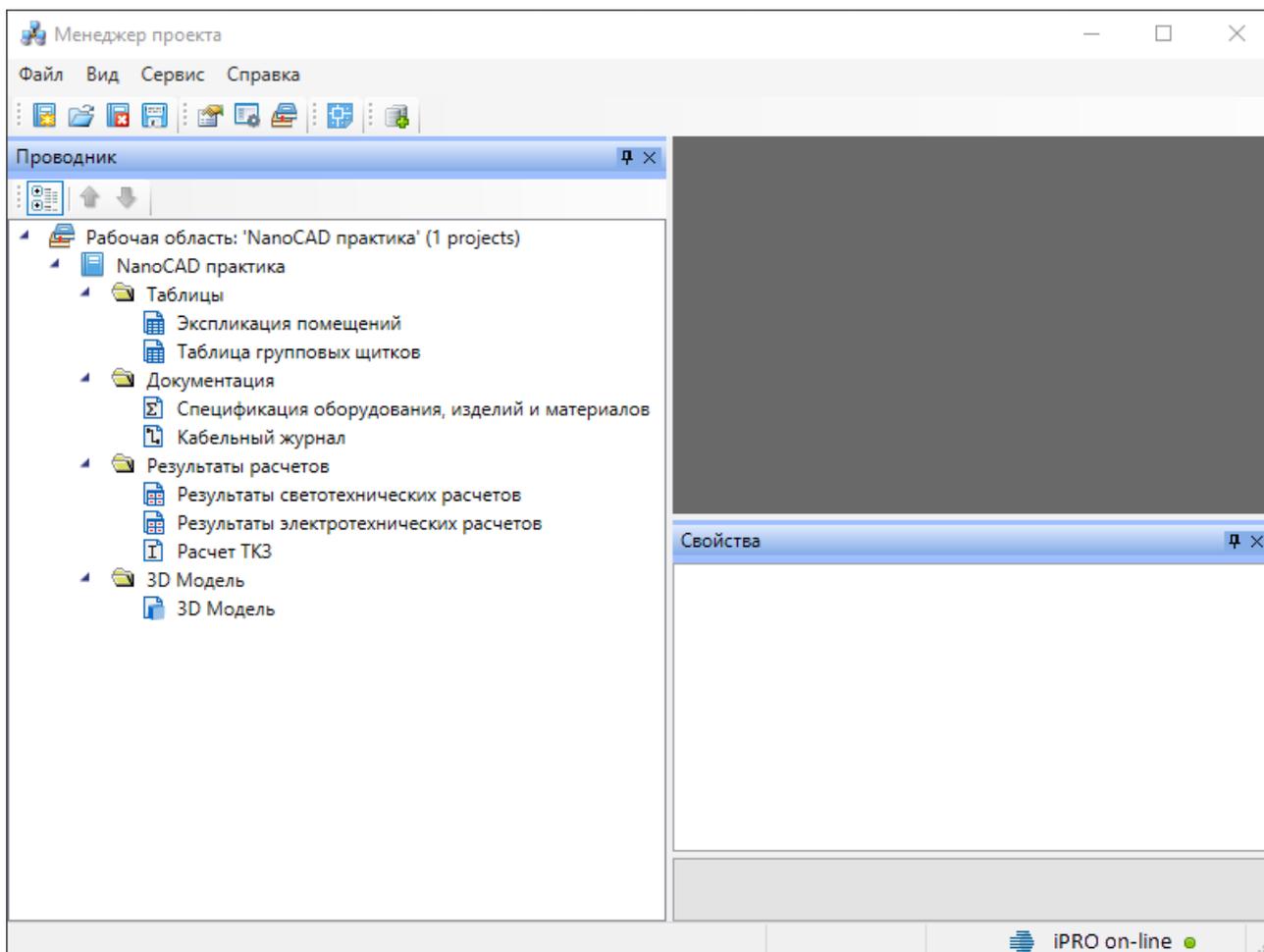


Рисунок 6 – Интерфейс окна «Менеджер проекта» после создания нового проекта

В новом проекте уже представлены таблицы, выходная документация и результаты расчетов текущего проекта, но они, естественно, пока еще пустые и будут форматироваться в ходе работы над проектом. Состав этих документов можно изменять, но для выполнения данного проекта будет достаточно стандартного набора.

Проект создан, но для начала основной работы над ним этого недостаточно. Необходимо также создать сам чертеж (план). Для его создания необходимо нажать правую кнопку мыши на строке с названием проекта (рисунок 7) после чего появится дополнительное меню, в котором выбирается команда «Создать новый план».

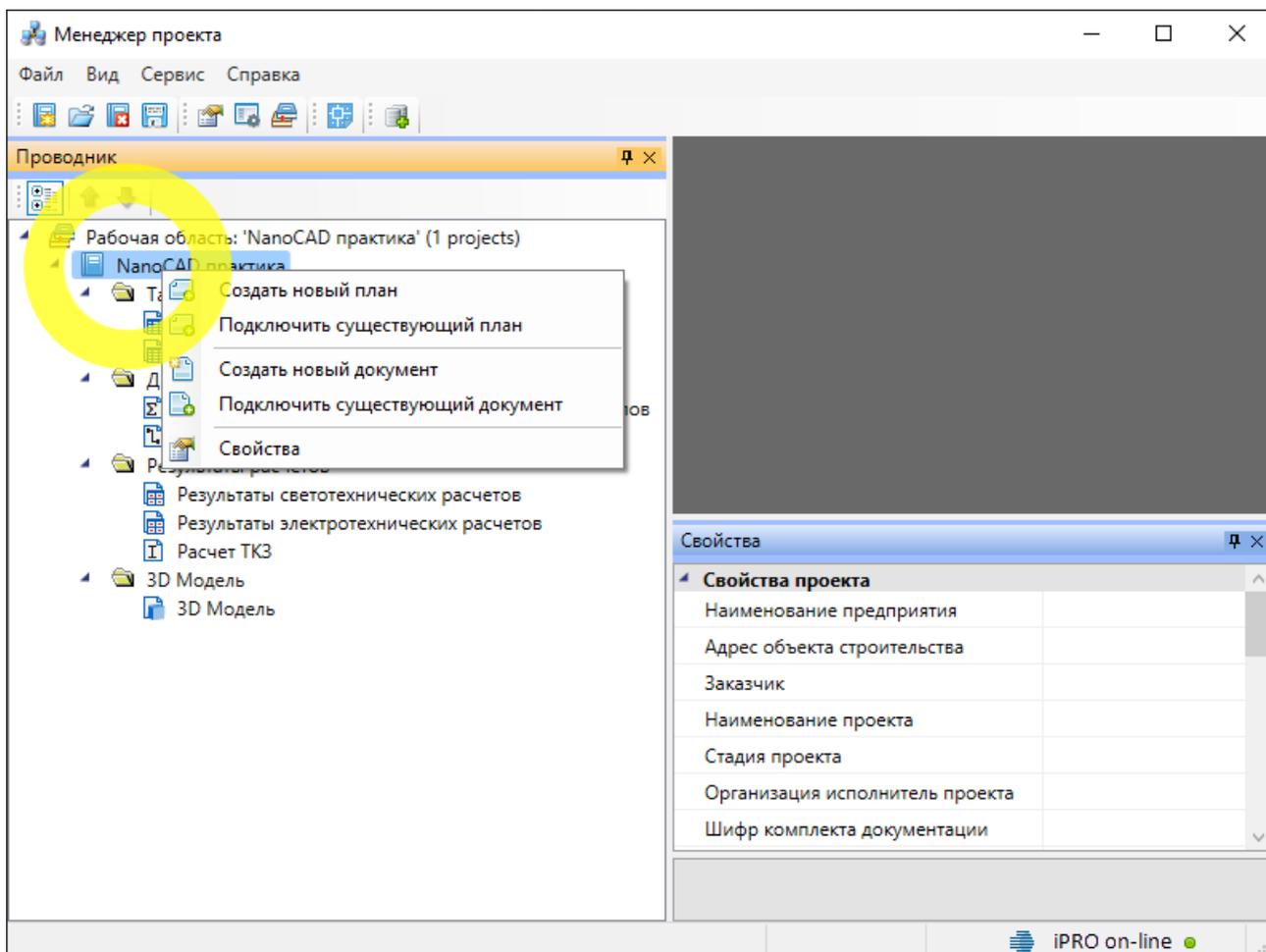


Рисунок 7 – Создание нового чертежа (плана)

После этого откроется окно «Создать новый план». В первой строке которого задается название чертежа (плана). Это, например, может быть номер этажа (для многоэтажного здания) или название цеха для проекта внутризаводского электроснабжения. Поле «Шаблон» остается без изменений так как для его использования требуется готовые варианты. Масштаб документа без сильной необходимости также менять не рекомендуется так как это может повлиять на измерения и размер отображаемых элементов оформления.

После нажатия кнопки «Создать» происходит процесс создания чертежа (плана), после завершения которого новый чертеж появляется в менеджере проекта (рисунок 8).

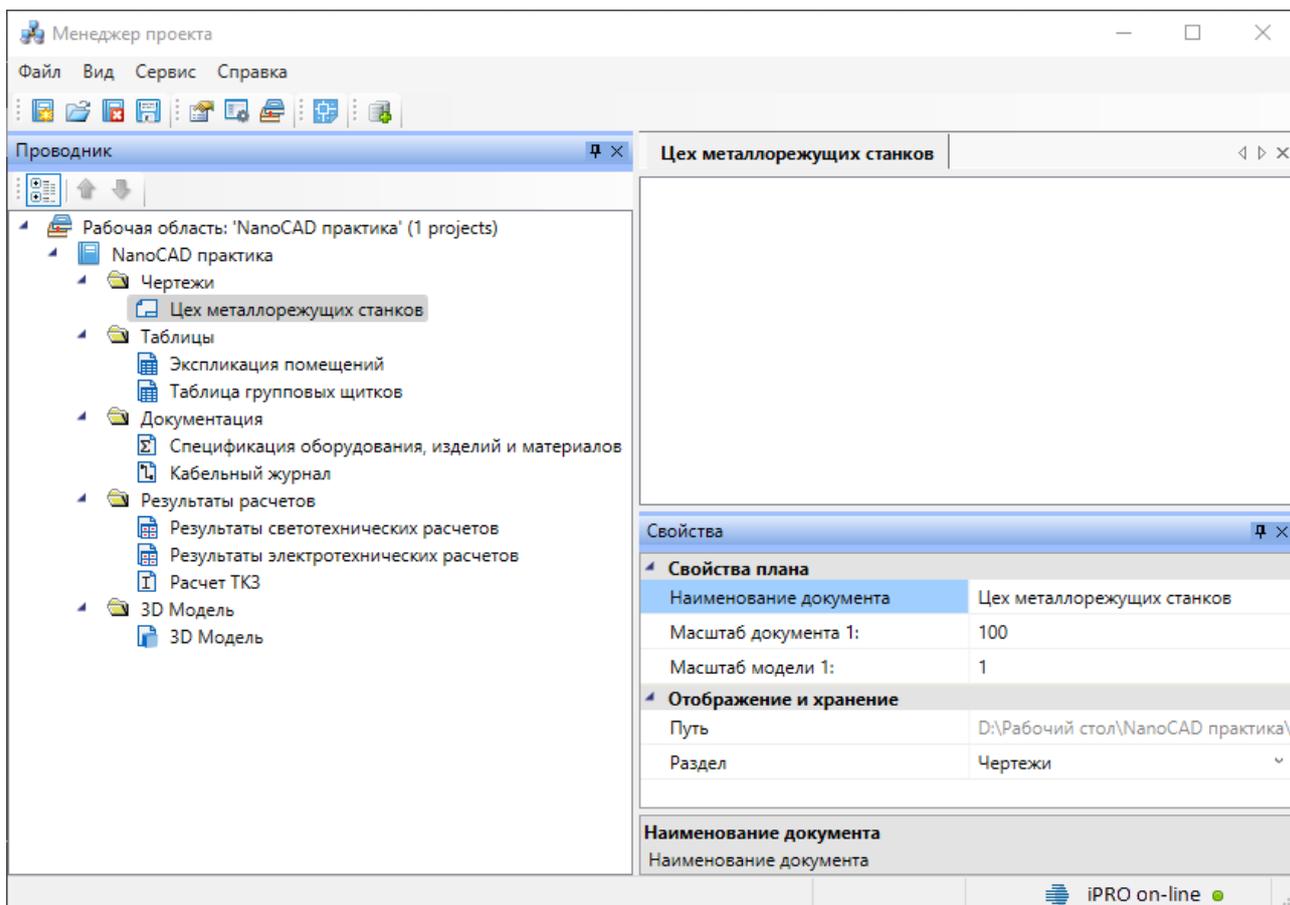


Рисунок 8 – Интерфейс окна «Менеджер проекта» после создания нового чертежа (плана)

Закончив данный этап можно переходить к дальнейшей работе над проектом, что будет представлено в следующих практических заданиях. Но, прежде чем завершить текущее рассмотрим еще два крайне важных момента – это сохранение проекта и его открытие в дальнейшем.

Для сохранения всех данных проекта удобнее всего использовать команду менеджера проекта «Сохранить все», расположенную на панели инструментов менеджера проекта или через меню «Файл». При этом все данные будут сохранены в выбранную при создании проекта папку, причем эта папка является полностью самодостаточной и её можно смело копировать на любой сменный носитель и открывать данный проект на другом рабочем месте.

Для открытия проекта при новом запуске программы необходимо перейти на вкладку «Электрика», открыть «Менеджер проекта» и выбрать команду «Открыть проект». Затем через стандартный «проводник» Windows находим папку, в который хранится проект, и в этой папке выбираем файл с названием проекта в формате «CSW» (рисунок 9). После открытия проекта, уже через «Менеджер проекта» двойным кликом мыши открывается существующий чертеж.

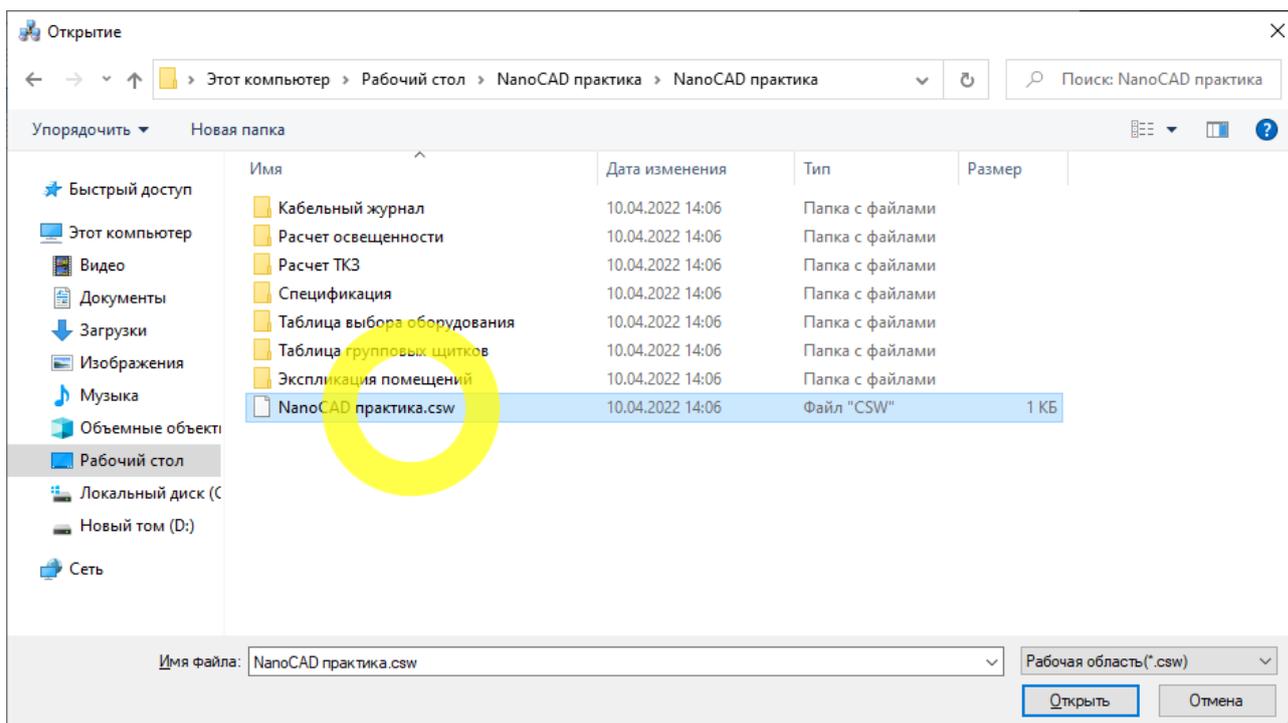


Рисунок 9 – Открытие проекта при новом запуске программы

3.2 Задание №2. Создание топологии здания

Задача: освоить процесс создания плана здания в программном комплексе NanoCAD.

Для дальнейшей работы над проектом необходим план здания. Зачастую такой план проектировщику предоставляется заказчиком или сторонней организацией занимающейся непосредственно строительством объекта. Но

для выполнения данного задания необходимо самостоятельно создать примерный план объекта в соответствии с вариантом выдаваемым преподавателем. Для этого в менеджере проекта, необходимо выбрать существующий план и перейти на вкладку «Построение».

В минимальный набор инструментов, необходимых для построения простейшей модели помещения входят: «Отрезок», «Прямоугольник по 2-м точкам» и «Разбивка» (разделение сложного объекта на составляющие его объекты).

Для наиболее простого выполнения данного этапа рекомендуется в начале создать основные границы объекта с помощью инструмента «Прямоугольник по 2-м точкам». Затем с помощью этого же инструмента создать необходимые отдельные помещения со сплошными границами. После этого при помощи инструмента «Разбивка» разделить все построения на базовые отрезки. Далее, изменяя существующие отрезки и создавая новые, создать входы и выходы из помещений. В качестве примера выполнения данного этапа представлен план помещений цеха металлорежущих станков (рисунок 10).

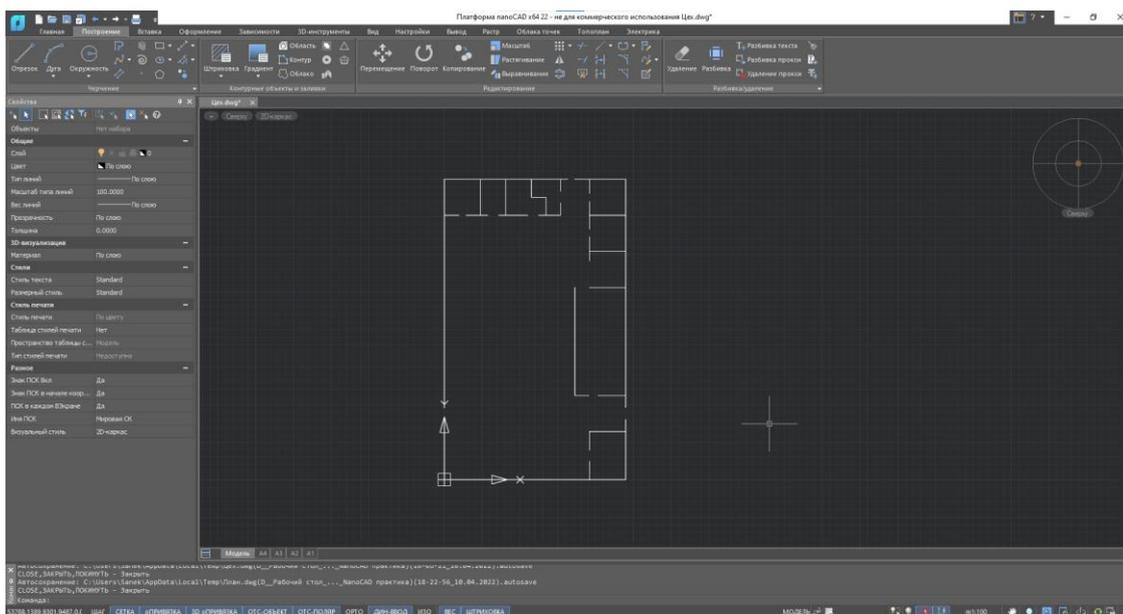


Рисунок 10 – План помещений цеха металлорежущих станков, выполненный в NanoCAD

После того, как план объекта будет готов, необходимо определить границы существующих помещений. Это нужно для правильного выполнения дальнейших расчетов и подготовки выходной документации, так как на данный момент для NanoCAD созданный план помещения — это просто набор линий. Поэтому, вернувшись на вкладку «Электрика», воспользуемся режимом ручного определения границ помещений с помощью команды «Создать помещение».

Теперь более подробно рассмотрим режим ручного определения границ помещений. При нажатии на иконку данного инструмента программа переходит в режим ручного указания границ. Существует несколько режимов для создания таких границ:

- режим по двум точкам;
- режим по трем точкам;
- режим полилинии;
- режим выбора контура.

Выбор режима построения границ осуществляется через окно команд.

Наиболее удобным для стандартных прямоугольных помещений является режим по двум точкам использующийся по умолчанию. Для более сложных помещений рекомендуется использовать режим полилинии. Особое внимание стоит уделить правильному указанию точек привязки при построении, так как указание границ помещений автоматически вносит в базу их размеры, поэтому крайне важно точно указывать границы.

После определения границ помещения появляется окно, позволяющее определить его свойства (рисунок 11).

Свойства 'Контур помещения'

Общие свойства | Светотехнические свойства

Характеристики

Номер помещения	-
Наименование помещения	
Площадь, м ²	36
Периметр, м	24
Номер здания	-1
Номер этажа	0
Высота помещения, мм	3000

Характеристики среды

Категория помещений по СП 12.13130.2009	Не категоризируется	▼
Категория взрывоопасной зоны по ПУЭ 7	Невзрывоопасная	▼
Категория пожароопасной зоны по ПУЭ 7	Непожароопасная	▼
Среда	Нормальная	▼
Температура, °С	20	

Параметры контура

Слой контура	ЭЛ_ПОМЕЩЕНИЕ_КОНТУР	▼
Печатать контур	Да	▼
Отображать прямоугольные области	Да	▼

Параметры круговой выноски

Отображать круговую выноску	Да	▼
Высота текста, мм	2,5	
Диаметр окружности, мм	6	
Слой круговой выноски	ЭЛ_ПОМЕЩЕНИЕ_НОМЕР	▼

Номер здания

Заккрыть

Рисунок 11 – Окно настройки свойств помещения

В данном окне требуется заполнить следующие параметры: наименование помещения, высота помещения и все параметры из подраздела характеристики среды. Для упрощения проект будет выполняться в одноэтажном виде, но с возможно разной высотой помещений. Например, в данном варианте высота основного зала цеха 8 м, а вспомогательных помещений 3,6 м.

Наименование помещений и их высота берется из данных варианта, а характеристики среды определяются самостоятельно с учетом назначения помещения. Во втором разделе этого окна «Светотехнические свойства» требуется заполнить параметры из первых двух подразделов «Светотехнические характеристики» и «Светотехнические коэффициенты». Эти параметры также определяются самостоятельно с учетом назначения помещения и типа проводимых в нем работ. Некоторые рекомендации по выбору данных параметров даны в теоретическом разделе данного руководства. Аналогичным образом определяются границы всех помещений на плане и задаются их общие и светотехнические свойства.

Также для правильного понимания программой топологии здания необходимо создать хотя бы один этаж, это можно сделать с помощью функции «Создать этаж». При создании этажа точные границы не важны поэтому достаточно того, что весь план войдет в выделяемую область. После этого программа предложит задать параметры здания и этажа, рекомендуется заполнить следующие параметры: «Наименование здания» и «Номер этажа».

Теперь автоматически зададим номера для всех помещений, при необходимости назначения конкретных номеров это можно сделать вручную через окно свойств каждого помещения, но в данном случае такой необходимости нет, поэтому воспользуемся функцией автоматического назначения. Это можно сделать с помощью инструмента «Модель здания», используя функцию «Автоматическая нумерация помещений во всем проекте».

Таким образом в результате выполнения данного этапа будет получен план здания с определенными границами помещений и заданными параметрами их свойств, что позволит перейти к выполнению светотехнических расчетов.

3.3 Задание №3. Светотехнические расчеты

Задача: провести расчет освещенности для всех помещений здания в nanoCAD Электро.

Для проведения светотехнических расчетов программа предоставляет возможность воспользоваться методом коэффициента использования, либо точечным методом. При этом точечный метод подразумевает, что светильники уже установлены и требуется проверить достаточность освещения и при необходимости её изменить. Поэтому в данном задании для первоначального размещения светильников будет использован метод коэффициента использования, а затем проведен пересчет по точечному методу для проверки и получения более подробных результатов.

Расчет освещения удобно проводить из окна «Менеджер здания» последовательно выбирая помещения из списка. Начинать рекомендуется с простых прямоугольных помещений. Для выполнения расчета по методу коэффициента использования необходимо воспользоваться командой «Расчет освещенности (метод Ки)». После этого появится окно, в котором можно настроить параметры проведения расчета (рисунок 12).

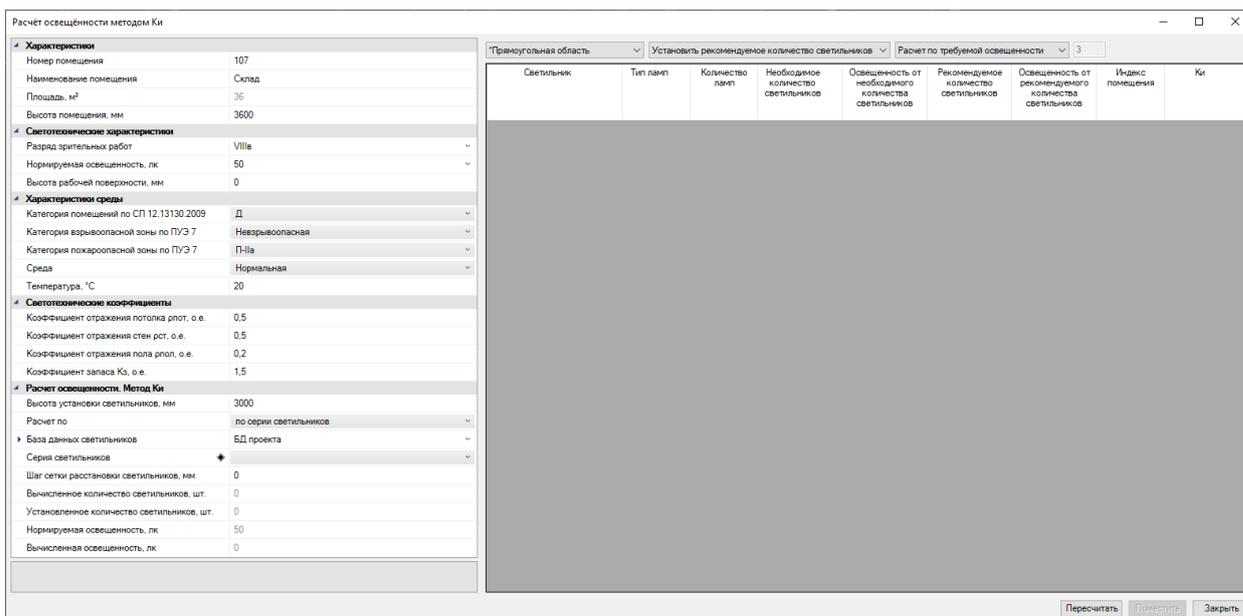


Рисунок 12 – Окно выбора параметров для расчета освещения по методу Ки

В левой части данного окна можно еще раз проверить или изменить светотехнические свойства помещения. А также внести необходимые параметры в подразделе «Расчет освещенности. Метод Ки». Требуется указать высоту размещения светильников, выбрать расчет по серии светильников и определить необходимую серию, а также переключиться на базу данных «Демо». Более подробные указания по данному разделу можно получить в теоретическом разделе данного пособия.

В данном проекте все светильники будут устанавливаться на потолке так как большинство помещений высотой 3,6 м и не требует установки подвесов, а основное помещение высотой 8 м оборудовано краном-балкой, что не позволит установить подвесные светильники. В качестве серии светильников выбрана РСР05 для производственных помещений и серия ЛПО46 для бытовых и подсобных помещений.

В правой части окна можно указать еще три параметра:

- область расчета освещения;
- устанавливать требуемое или рекомендуемое количество светильников;

- расчет по требуемой освещенности или по необходимому количеству светильников.

В данном проекте эти значения останутся без изменений.

После выбора всех параметров нажатием кнопки «Пересчитать» запускается расчет, по окончании которого программа предложит подходящие варианты светильников (рисунок 13).

Рис. 13. Интерфейс программы для расчета освещенности методом Ки. В таблице представлены различные варианты светильников (ЛПО46-1х18-701 Norma и ЛПО46-2х36-701 Norma) с указанием их характеристик: тип лампы, количество ламп, необходимое количество светильников, освещенность от необходимого количества светильников, рекомендуемое количество светильников, освещенность от рекомендуемого количества светильников, индекс помещения и Ки.

Светильник	Тип ламп	Количество ламп	Необходимое количество светильников	Освещенность от необходимого количества светильников	Рекомендуемое количество светильников	Освещенность от рекомендуемого количества светильников	Индекс помещения	Ки
ЛПО46-1х18-701 Norma	ЛП	1	8	54,25	9	61,03	0,83	28,17
ЛПО46-1х36-701 Norma	ЛП	1	3	50,86	4	67,81	0,83	28,17
ЛПО46-1х58-701 Norma	ЛП	1	2	52,16	2	52,16	0,83	28,17
ЛПО46-1х18-711 Norma	ЛП	1	8	54,25	9	61,03	0,83	28,17
ЛПО46-1х36-711 Norma	ЛП	1	3	50,86	4	67,81	0,83	28,17
ЛПО46-1х58-711 Norma	ЛП	1	2	52,16	2	52,16	0,83	28,17
ЛПО46-1х18-702 Norma	ЛП	1	8	54,25	9	61,03	0,83	28,17
ЛПО46-1х36-702 Norma	ЛП	1	3	50,86	4	67,81	0,83	28,17
ЛПО46-1х58-702 Norma	ЛП	1	2	52,16	2	52,16	0,83	28,17
ЛПО46-1х18-712 Norma	ЛП	1	8	54,25	9	61,03	0,83	28,17
ЛПО46-1х36-712 Norma	ЛП	1	3	50,86	4	67,81	0,83	28,17
ЛПО46-1х58-712 Norma	ЛП	1	2	52,16	2	52,16	0,83	28,17
ЛПО46-2х18-701 Norma	ЛП	2	4	54,25	4	54,25	0,83	28,17
ЛПО46-2х36-701 Norma	ЛП	2	2	67,81	2	67,81	0,83	28,17
ЛПО46-2х18-711 Norma	ЛП	2	4	54,25	4	54,25	0,83	28,17
ЛПО46-2х36-711 Norma	ЛП	2	2	67,81	2	67,81	0,83	28,17
ЛПО46-2х18-702 Norma	ЛП	2	4	54,25	4	54,25	0,83	28,17
ЛПО46-2х36-702 Norma	ЛП	2	2	67,81	2	67,81	0,83	28,17
ЛПО46-2х18-712 Norma	ЛП	2	4	54,25	4	54,25	0,83	28,17
ЛПО46-2х36-712 Norma	ЛП	2	2	67,81	2	67,81	0,83	28,17
ЛПО46-2х36-703 Norma	ЛП	2	2	67,81	2	67,81	0,83	28,17
ЛПО46-2х36-713 Norma	ЛП	2	2	67,81	2	67,81	0,83	28,17
ЛПО46-2х36-704 Norma	ЛП	2	2	67,81	2	67,81	0,83	28,17
ЛПО46-2х36-714 Norma	ЛП	2	2	67,81	2	67,81	0,83	28,17
ЛПО46-4х18-701 Norma	ЛП	4	2	54,25	2	54,25	0,83	28,17
ЛПО46-4х36-701 Norma	ЛП	4	1	67,81	1	67,81	0,83	28,17
ЛПО46-4х18-711 Norma	ЛП	4	2	54,25	2	54,25	0,83	28,17
ЛПО46-4х36-711 Norma	ЛП	4	1	67,81	1	67,81	0,83	28,17
ЛПО46-4х18-702 Norma	ЛП	4	2	54,25	2	54,25	0,83	28,17
ЛПО46-4х36-702 Norma	ЛП	4	1	67,81	1	67,81	0,83	28,17
ЛПО46-4х18-712 Norma	ЛП	4	2	54,25	2	54,25	0,83	28,17
ЛПО46-4х36-712 Norma	ЛП	4	1	67,81	1	67,81	0,83	28,17

Рисунок 13 – Выбор светильника при расчете освещения по методу Ки

Выбрав наиболее подходящий вариант нажимаем кнопку «Поместить». После этого программа предложит выбрать УГО (условное графическое обозначение) для данного светильника. После выбора светильники будут размещены на плане помещения (рисунок 14).

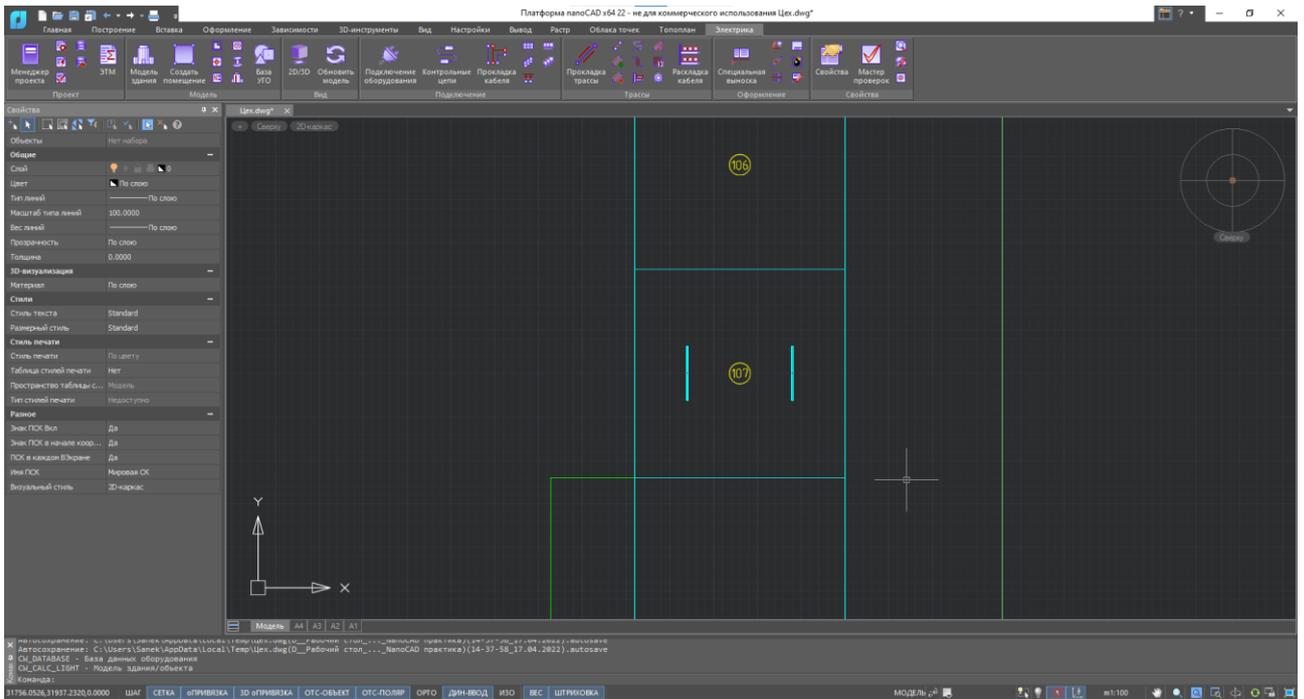


Рисунок 14 – Светильники на плане помещения

Теперь проведем проверку расчета освещенности по точечному методу воспользовавшись командой «Расчет освещенности (точечный метод)». После проведения программой расчета появится окно с его результатами (рисунок 15).

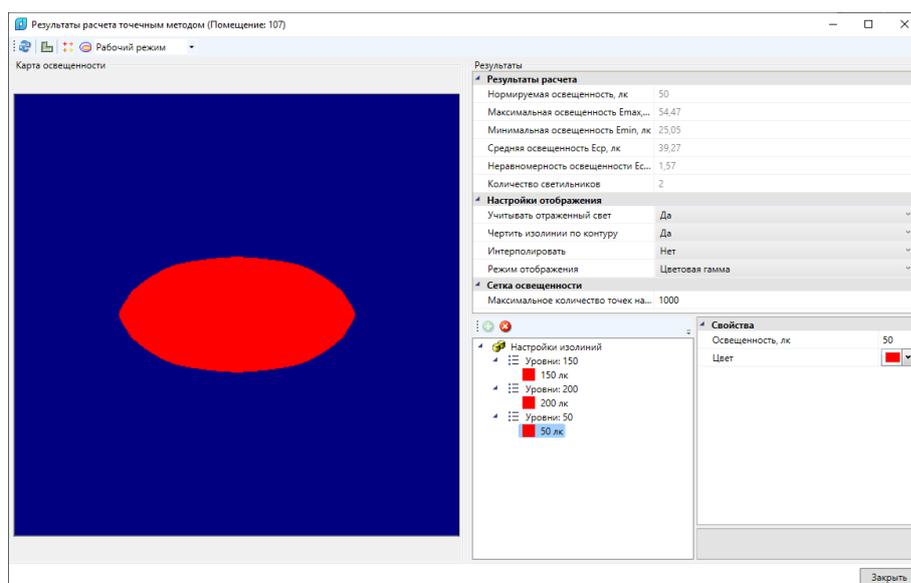


Рисунок 15 – Результаты расчета освещения точечным методом

В этом окне сразу же можно оценить числовые результаты расчета, а также провести необходимые настройки для наглядного графического отображения зон освещенности. Для создания удобного варианта отображения зон освещенности рекомендуется создать подходящие шаблоны для разных норм освещенности. Например, для требуемого уровня освещенности 50 лк подойдет следующий вариант:

- 70 лк, фиолетовый цвет, значительное превышение от требуемого уровня;
- 60 лк, синий цвет, превышение требуемого уровня;
- 50 лк, красный цвет, уровень требуемого освещения;
- 40 лк, оранжевый цвет, уровень освещенности ниже требуемого;
- 30 лк, желтый цвет, уровень освещенности значительно ниже требуемого;
- 25 лк, белый цвет, зона с крайне низким освещением.

На основе данного шаблона следует создать аналогичные для других уровней освещенности. Для настройки изолиний необходимо выбрать существующий шаблон, например, с линией 50 лк или создать новый. После этого добавить необходимое количество изолиний с помощью команды «Добавить», а затем настроить их уровень освещенности и цвет.

После того как необходимые настройки выполнены необходимо воспользоваться командами «Начертить сетку освещенности на плане» и «Начертить линии освещенности на плане» расположенными на панели инструментов данного окна. После этого данное окно можно закрыть и оценить появившиеся на плане помещения зоны освещенности. Если результат устраивает, то аналогичным образом проводится расчет для всех остальных помещений.

Отдельного внимания требует расчет освещенности в помещениях не прямоугольной формы, например, помещение 103 и 104 (рисунок 16).

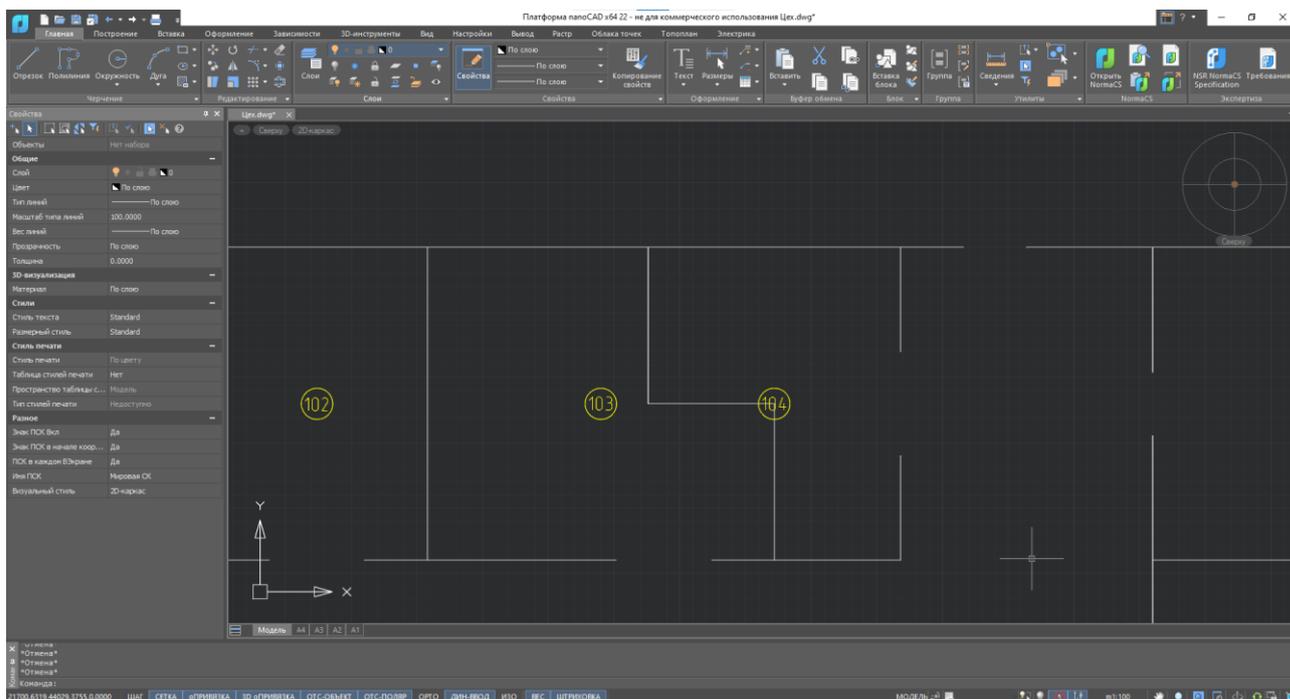


Рисунок 16 – Помещения со сложной геометрией

Учитывая, что методом коэффициента использования корректный расчет можно проводить только для помещений правильной прямоугольной формы [7] нужно условно разделить эти помещения на несколько частей необходимой формы. Для того, чтобы это сделать необходимо выбрать нужное помещение на плане, нажав на его контур или номер помещения. Затем в меню, вызываемом правой кнопкой мыши, выбрать функцию «Разбить помещение». В появившемся окне необходимо удалить существующую некорректную прямоугольную область, выходящую за реальные границы помещения. И создать несколько новых областей, правильно отражающих границы помещения (рисунок 17).

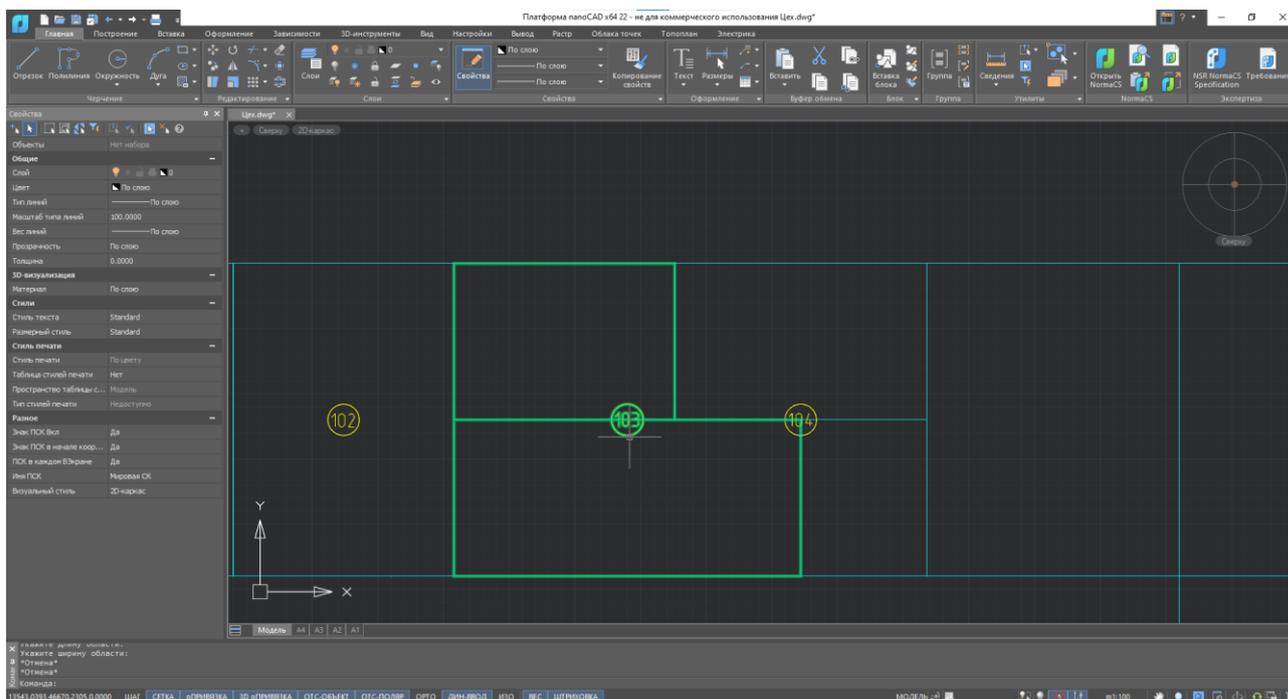


Рисунок 17 - Правильный контур геометрически сложного помещения

Только после выполнения данных действий можно переходить к расчету освещения в таких помещениях.

После расчета и проверки освещения во всех помещениях план станет слишком загроможден вспомогательными линиями (рисунок 18), отключить их можно на вкладке «Главная» в разделе «Слои» нажатием на «лампочку». Рекомендуется отключить слои с изолиниями и сеткой освещения, получив следующий результат (рисунок 19). При необходимости в этом же окне можно опять включить их отображение.

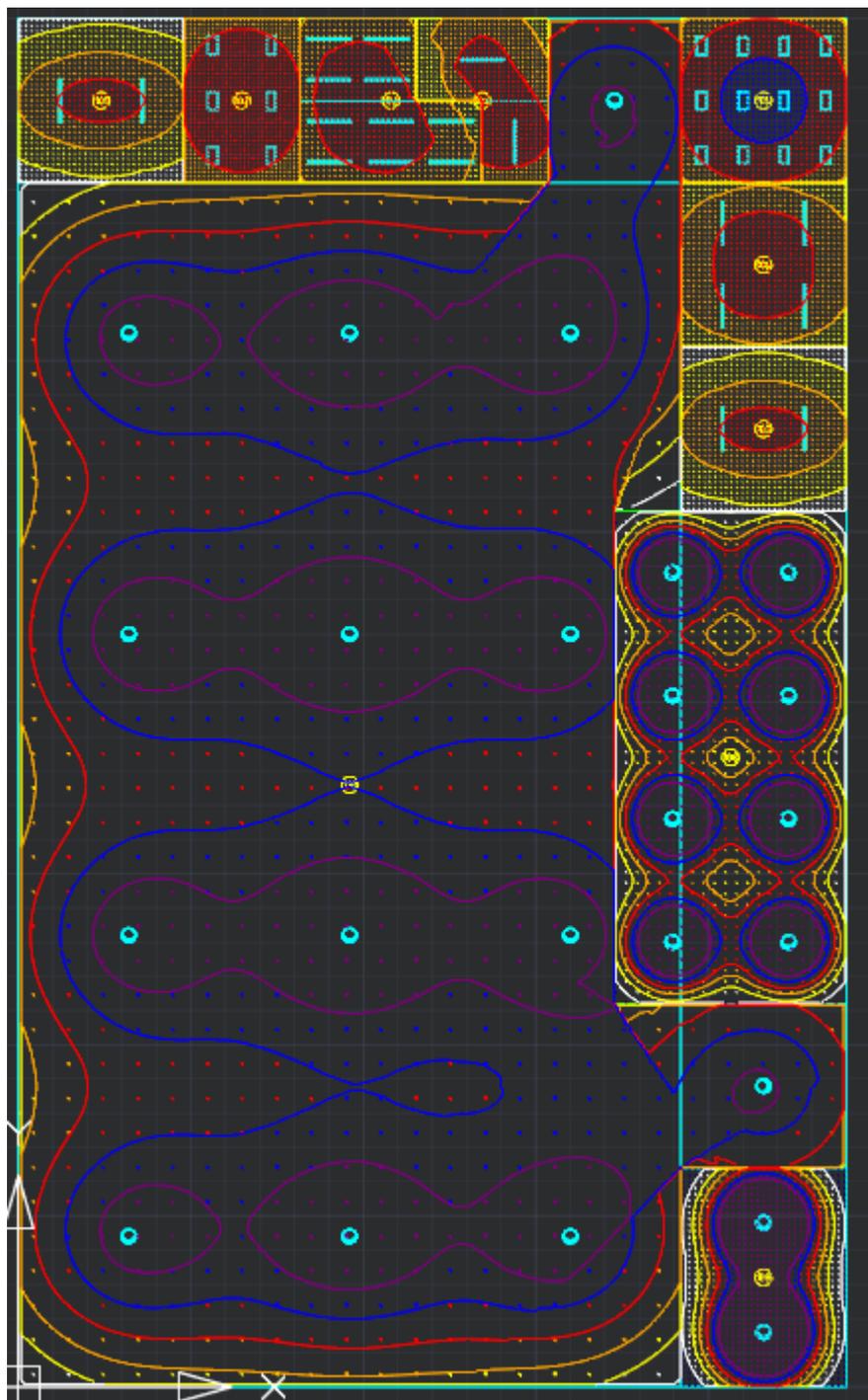


Рисунок 18 – План здания, перенасыщенный вспомогательными линиями

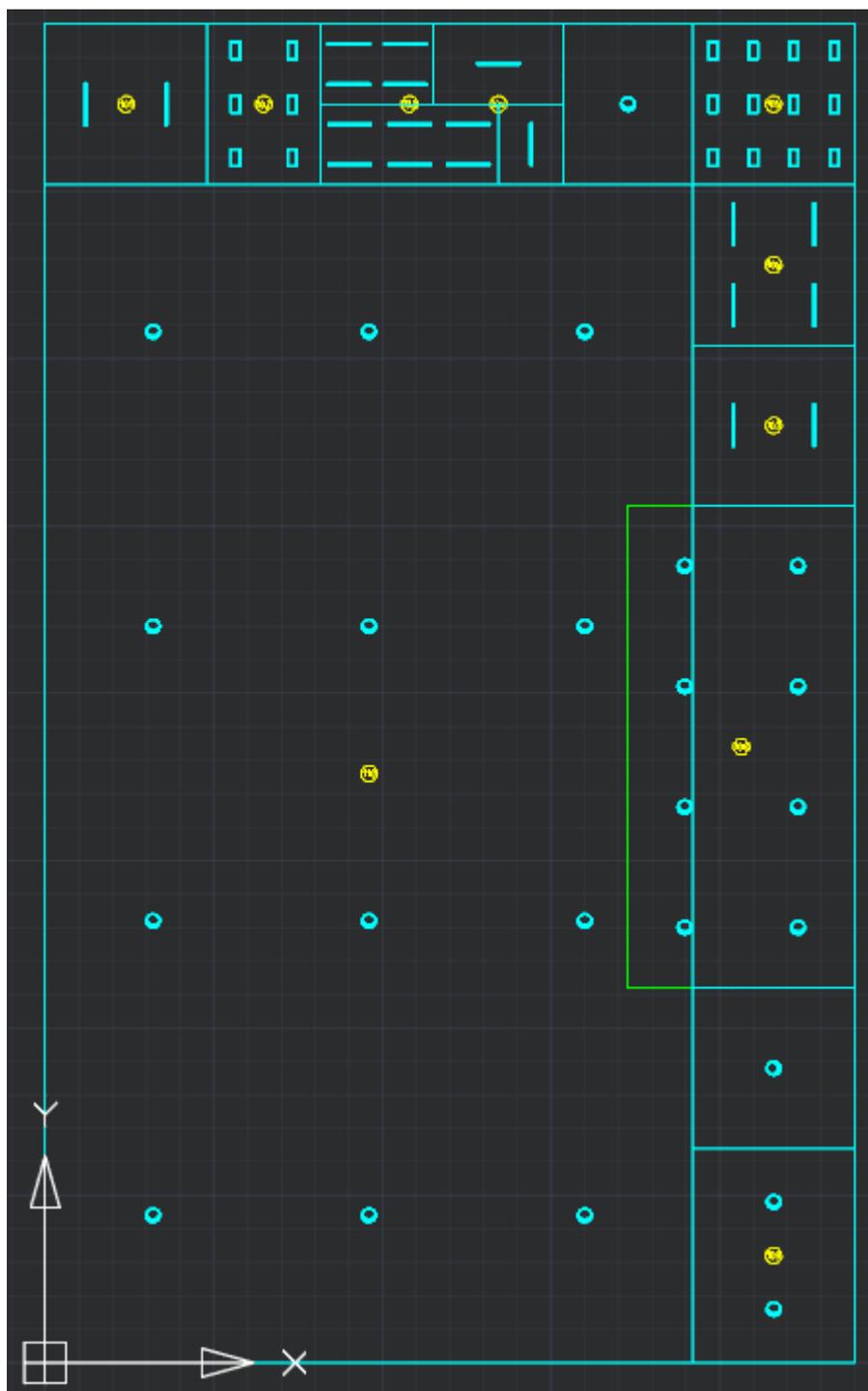


Рисунок 19 – План проекта с частично отключенными вспомогательными линиями

3.4 Задание №4. Размещение силового оборудования цеха

Задача: разместить электрооборудование и задать его параметры в соответствии с вариантом задания.

Перед выполнением данного необходимо выбрать метод расчета нагрузок [1], [2]. В ходе выполнения данного задания будет использован метод описанный в РТМ 36.18.32.4-92 «Указания по расчету электрических нагрузок» [17]. Для того, чтобы указать это, необходимо воспользоваться функцией «Настройки», выбрать раздел «Проект» и в пункте «Расчет нагрузок» изменить выбранный параметр на «РТМ 36.18.32.4-92/НТП-96» [12].

На плане размещаемое оборудование по умолчанию будет расположено на одном слое со светильниками и другим электрооборудованием, а это не всегда удобно. Для того, чтобы разместить двигатели на отдельном слое необходимо опять перейти в окно настроек проекта и в нем выбрать пункт «Слои». В правой части окна необходимо найти пункт «Двигатели» и задать для него отдельное имя слоя. Таким образом его отображением можно будет управлять отдельно.

Аналогично можно отдельно обозначить слой для светильников, но так как светильники уже размещены на другом слое и их необходимо перенести. Для этого выбираем один любой светильник и используем команду «Выбрать похожие объекты» после выделения всех остальных светильников необходимо изменить их слой.

После этого можно приступать к добавлению оборудования в проект. Для этого необходимо воспользоваться функцией «База УГО». В появившемся окне (рисунок 20) выбирается пункт «Двигатель (Электрика)», а в правой части окна наиболее подходящее графическое обозначение. Рекомендуется выбирать прямоугольный вариант обозначения так как он подстраивается под реальные размеры оборудования.

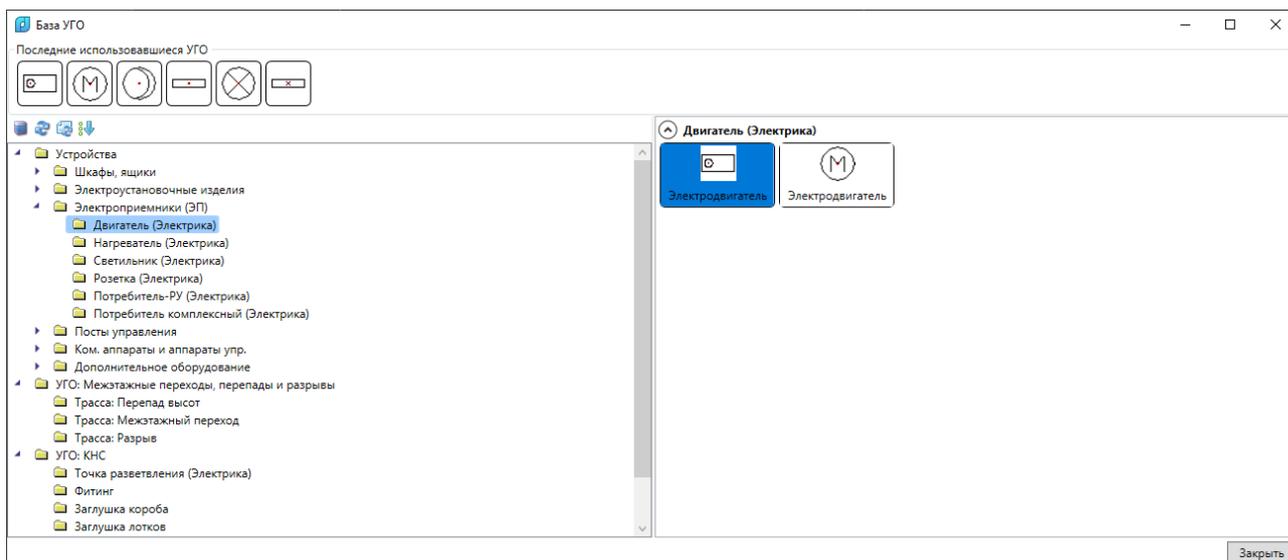


Рисунок 20 – Окно выбора УГО

После выбора УГО программа предложит разместить оборудование на плане объекта после чего откроется окно технического задания, в котором можно определить его технические параметры. Для этого необходимо добавить первый вариант двигателя в проект (рисунок 21).

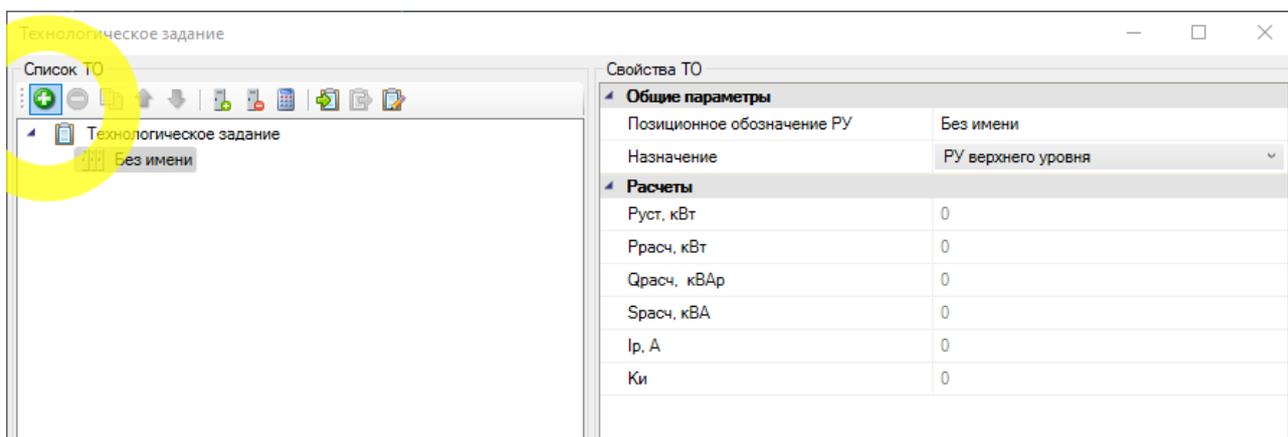


Рисунок 21 – Добавление нового электрооборудования в проект

После этого, выбрав добавленное электрооборудование, программа предоставляет возможность определять его технические параметры (рисунок 22).

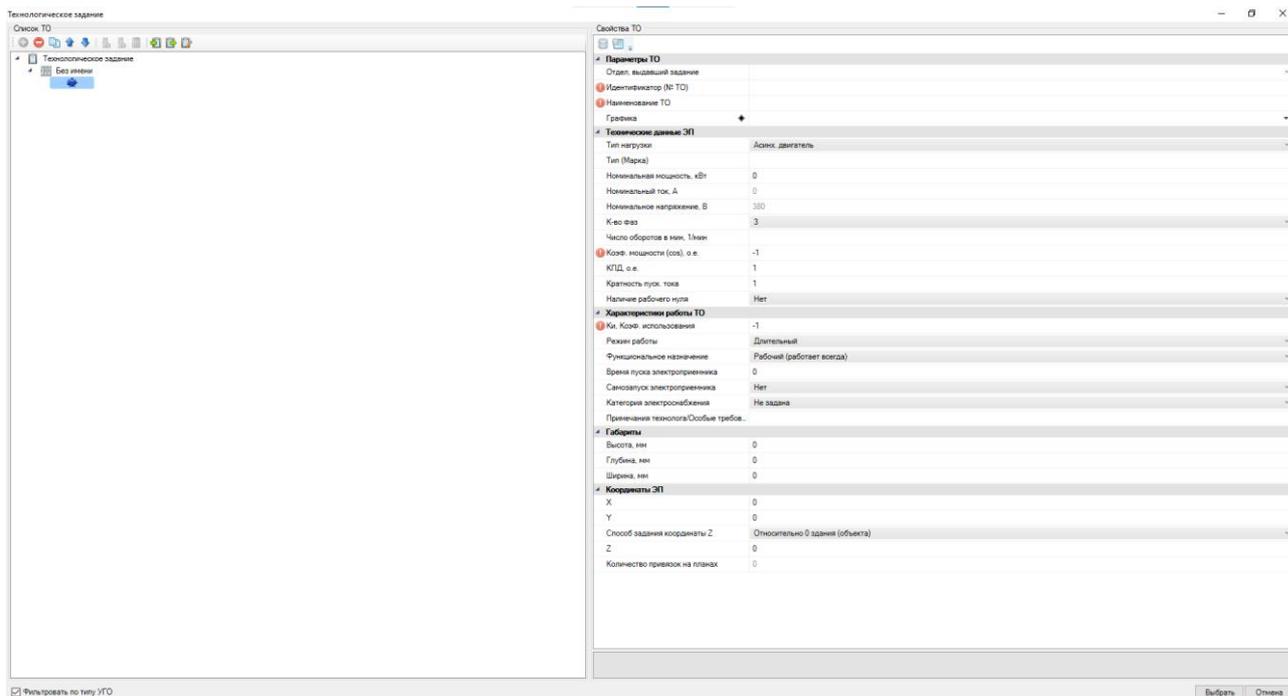


Рисунок 22 – Определение параметров оборудования

В ходе выполнения данного задания требуется заполнить следующие параметры:

- идентификатор (№ ТО) (это номер оборудования на плане, выбирается в соответствии с вариантом);
- наименование ТО (это наименование оборудования, например, «универсальный заточный станок», выбирается в соответствии с вариантом);
- тип нагрузки (в данном задании рассматривается только работа с асинхронными двигателями, поэтому выбирается соответствующий тип нагрузки);
- номинальная мощность, кВт (выбирается в соответствии с вариантом задания);
- количество фаз (выбирается в соответствии с вариантом задания);
- КПД, о.е. (при наличии данных указывается точное значение для конкретного оборудования, в случаях отсутствия данных допускается принять равным 0,8);

- режим работы (выбирается в соответствии с вариантом задания);
- категория электроснабжения (выбирается в соответствии с вариантом задания, если вариант предполагает разные категории электроснабжения, то определение категории для конкретного оборудования производится самостоятельно с учетом назначения данного оборудования);
- габариты (габариты оборудования необходимо указать для корректного отображения на плане объекта. Габариты выбираются примерно по оборудованию подобного типа).

Также необходимо определить коэффициент мощности ($\cos \varphi$) и коэффициент использования (K_i). Это можно сделать вручную, заполнив соответствующие пункты, а также воспользовавшись функцией «Задать K_i из базы». В появившемся окне выбирается наиболее подходящая под тип производства категория, и тогда после нажатия кнопки «Выбрать» соответствующие коэффициенты отобразятся в общем списке.

Пример заполнения характеристик для универсального заточного станка приведен на рисунке 23.

Параметры ТО	
Отдел, выдавший задание	
Идентификатор (№ ТО)	3
Наименование ТО	Универсальный заточный станок
Графика	◆
Технические данные ЭП	
Тип нагрузки	Асинх. двигатель
Тип (Марка)	
Номинальная мощность, кВт	25
Номинальный ток, А	94,96
Номинальное напряжение, В	380
К-во фаз	3
Число оборотов в мин, 1/мин	
Кэф. мощности (cos), о.е.	0,5
КПД, о.е.	0,8
Кратность пуск. тока	1
Наличие рабочего нуля	Нет
Характеристики работы ТО	
Ки, Кэф. использования	0,16
Режим работы	Длительный
Функциональное назначение	Рабочий (работает всегда)
Время пуска электроприемника	0
Самозапуск электроприемника	Нет
Категория электроснабжения	II
Примечания технолога/Особые требов...	
Габариты	
Высота, мм	1600
Глубина, мм	1500
Ширина, мм	1700
Координаты ЭП	
X	0
Y	0
Способ задания координаты Z	Относительно 0 здания (объекта)
Z	0
Количество привязок на планах	1

Рисунок 23 – Заполнение характеристик оборудования на примере универсального заточного станка

После заполнения всех требуемых пунктов необходимо нажать кнопку «Выбрать». После этого программа откроет окно «Свойства конструктива» в котором представлены характеристики объекта как конструкционного элемента. Единственный важный параметр в данном окне — это «Высота

установки, мм». Но в данном проекте все оборудование устанавливается на полу и соответственно имеет высоту установки равную 0. В других же случаях можно дополнительно задать требуемую высоту установки после чего закрыть это окно.

Теперь оборудование размещено на плане с учетом его реальных размеров. При этом, как упоминалось ранее, контур двигателей может накладываться на контур светильников, что можно наблюдать на этом примере. Поэтому рекомендуется отключить отображение общего слоя электроприемников и слоя освещения.

Теперь выбирать места для размещения двигателей будет гораздо удобнее (рисунок 24).

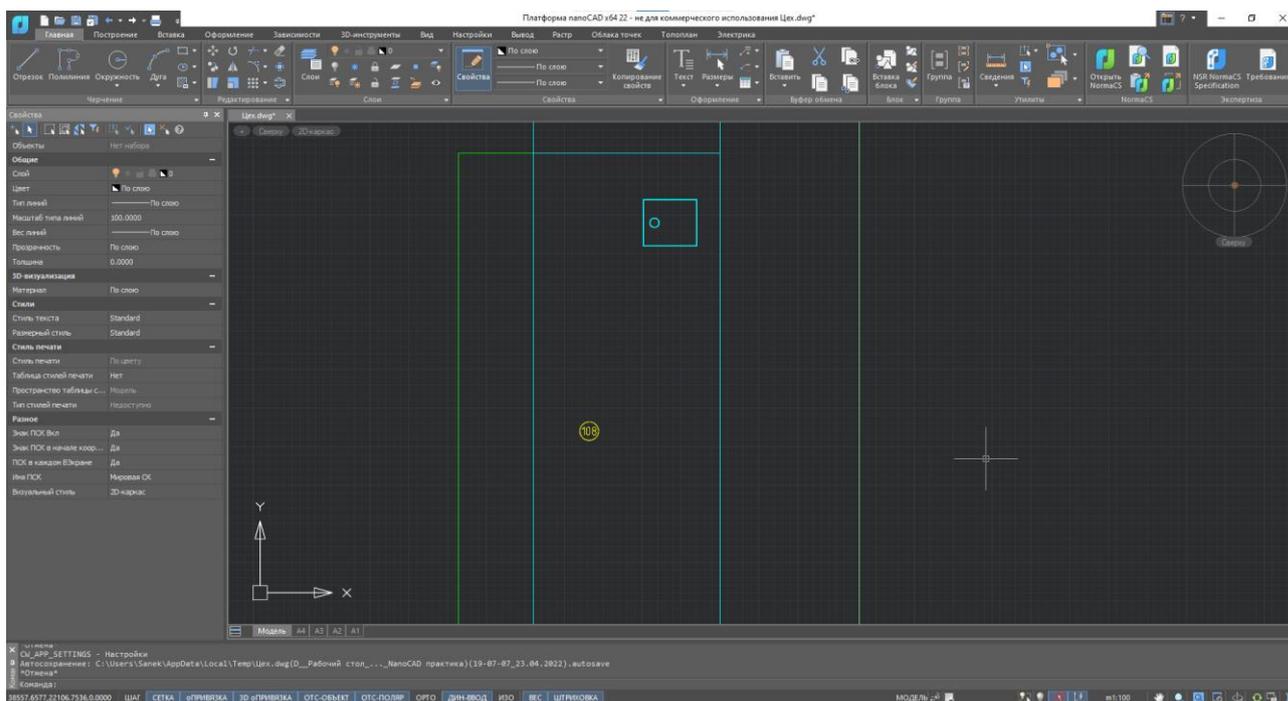


Рисунок 24 – Отображение двигателей на плане объекта без совмещения с контуром другого оборудования

Контур оборудования можно переместить. Удобнее всего пользоваться для этого функцией «Перемещение» на вкладке «Главная». А вот для поворота объектов рекомендуется воспользоваться меню вызываемом правой кнопкой мыши после выделения объекта и командой «Повернуть».

Важно упомянуть, что в качестве упрощения также допускается считать двигатели подвижных установок (таких как кран-балки) статичными устройствами.

Настроив расположение первого размещенного оборудования, можно переходить к размещению остальных. Рассмотрим процесс размещения оборудования полностью аналогичного уже созданному. Например, несколько одинаковых станков. Для начала необходимо также перейти в меню выбора УГО и выбрать наиболее подходящий вариант. Затем определить примерное расположения оборудования на плане, после чего снова откроется окно определения параметров оборудования. В нем необходимо выбирать уже созданный аналогичный электроприемник и воспользоваться функцией «Копировать электроприемник». После этого обязательно меняется «Идентификатор ГО» и нажимается кнопка «Выбрать».

Для того чтобы добавить оборудование с новыми параметрами, необходимо воспользоваться функцией выбора УГО. После этого также появится окно со списком уже существующих электроприемников. И теперь уже есть два варианта действий, либо аналогично предыдущему пункту создать копию существующего электроприемника и изменить там необходимые пункты. Либо как при создании первого электроприемника воспользоваться функцией «Добавить электроприемник» и заново задать все необходимые характеристики оборудования. Рекомендуется пользоваться вторым вариантом так как это снизит вероятность забыть изменить некоторые параметры, что в ходе дальнейшей работы над проектом приведёт к неправильному расчету нагрузок.

Кроме того, есть возможность сначала создать все вариации электроприемников в окне технического задания, а уже потом при размещении элементов УГО выбирать уже созданные, но пока не привязанные к плану здания, электроприемники.

После окончания размещения оборудования окно технического задания примет вид аналогичный представленному на рисунке 25, а сам план помещения аналогично рисунку 26. На данном этапе уже можно получить данные для самостоятельного выбора силового трансформатора [6], [24] воспользовавшись функцией «Расчет электрической нагрузки». После расчета программа откроет таблицу с подробной информацией, которую можно сразу закрыть так как все необходимые данные удобно представлены в окне справа при выборе распределительного устройства (рисунок 27).

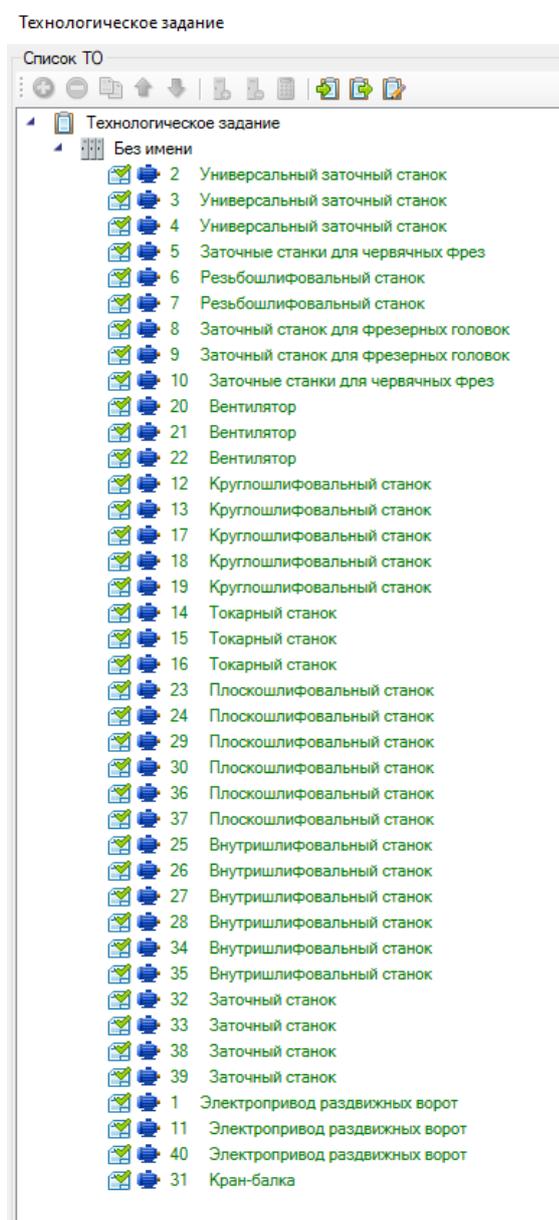


Рисунок 25 – Заполненное техническое задание проекта

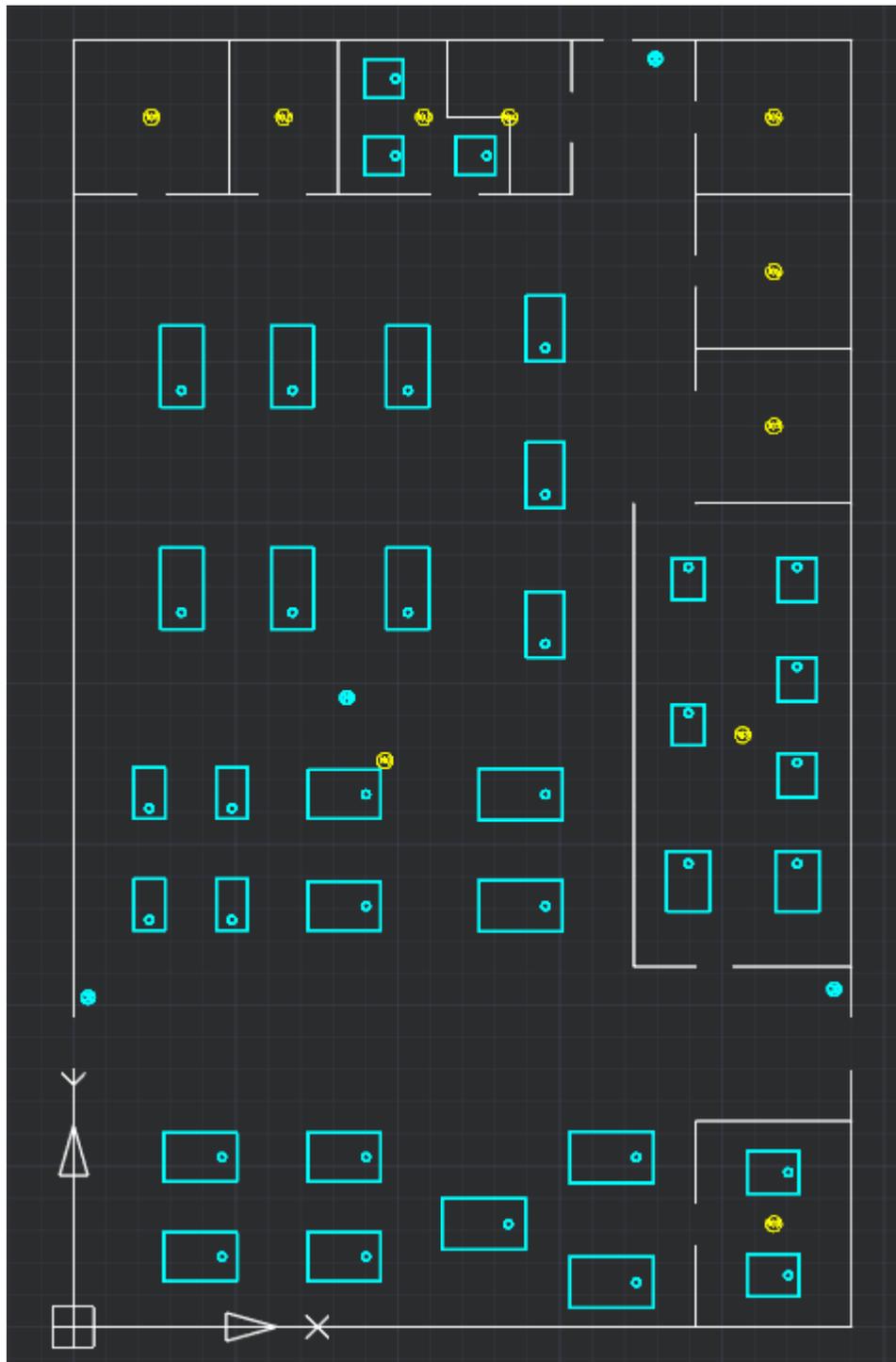


Рисунок 26 – План объекта с размещенным оборудованием

Свойства ТО	
Общие параметры	
Позиционное обозначение РУ	Без имени
Назначение	РУ верхнего уровня сети(подключенное к трансформатору)
Расчеты	
Руст, кВт	569,9
Ррасч, кВт	121,91
Qрасч, кВАр	143,24
Sрасч, кВА	188,1
Iр, А	285,78
Ки	1

Рисунок 27 – Итоги расчета электрических нагрузок

3.5 Задание №5. Размещение распределительных устройств

Задача: определить необходимое количество распределительных устройств, выбрать наиболее подходящие места и разместить РУ на плане объекта.

Количество и место размещения РУ выбирается индивидуально для каждого проекта. В данном случае будут приведены общие рекомендации и пример для конкретного цеха.

В любом случае потребуется разместить вводное РУ, которое будет запитываться от одного или двух силовых трансформаторов. Наиболее подходящим местом для него будет специально отведённое под это помещение, например, щитовая [26]. В случае же если такое помещение отсутствует, то можно использовать любое свободное.

Стоит отметить, что в ходе данного проекта рассматривается только электрификация конкретного цеха, без размещения на плане проекта силовых трансформаторов и кабелей от них, при этом они будут учтены в расчетах, как источники питания цеха.

Для размещения РУ необходимо открыть базу УГО, перейти в раздел «Шкаф» и выбрать в нем «Щит распределительный». После размещения РУ на плане объекта откроется окно с базой данных проекта для выбора конкретного варианта щита. При этом никаких вариантов предложено не будет так как база данного проекта пока не имеет ни одного

распределительного щита. Необходимо переключиться на базу данных «Демо».

После этого необходимо выбрать наиболее подходящий вариант. Учитывая, что на данном этапе неизвестно какие коммутационные аппараты потребуются, то выбор особого значения не имеет так как в дальнейшем вероятнее всего все автоматы будут заменены. Наиболее рационально на данном этапе выбирать вариант с трехфазным вводным фидером и наибольшим числом отходящих линий, например такой, как на рисунке 28.

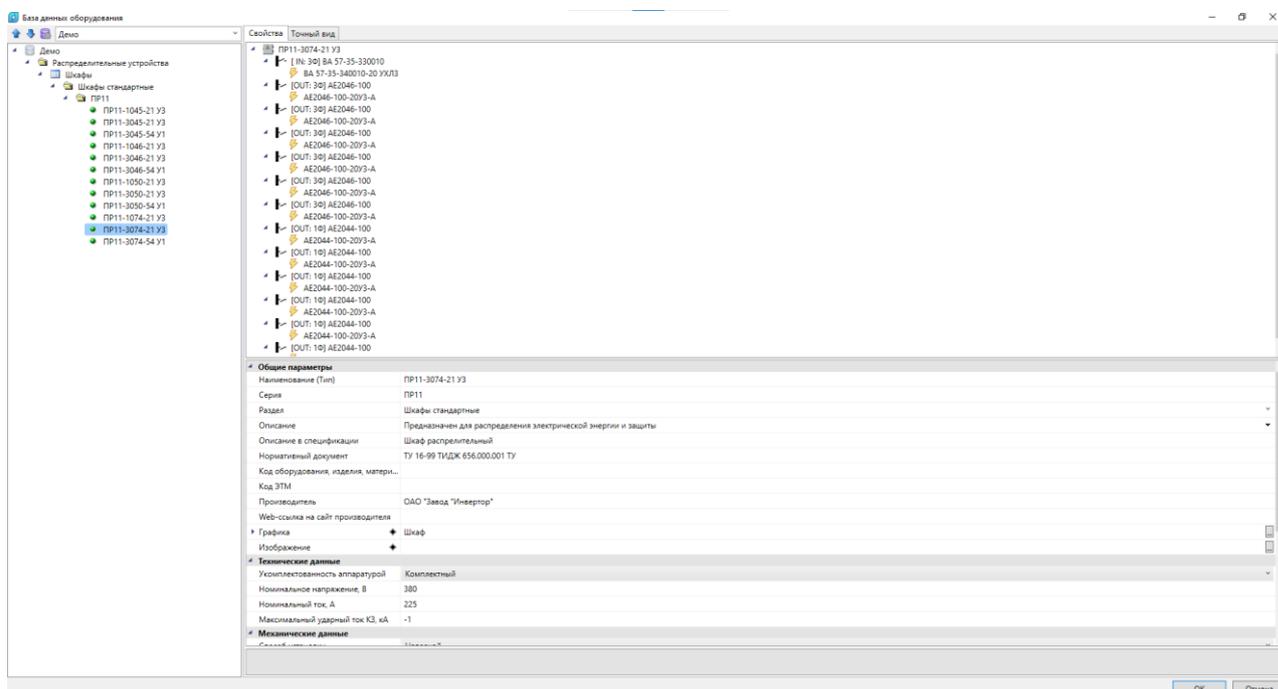


Рисунок 28 – Выбор распределительного щита

После нажатия кнопки «ОК» появится следующее окно (рисунок 29), в котором необходимо настроить свойства созданного РУ.

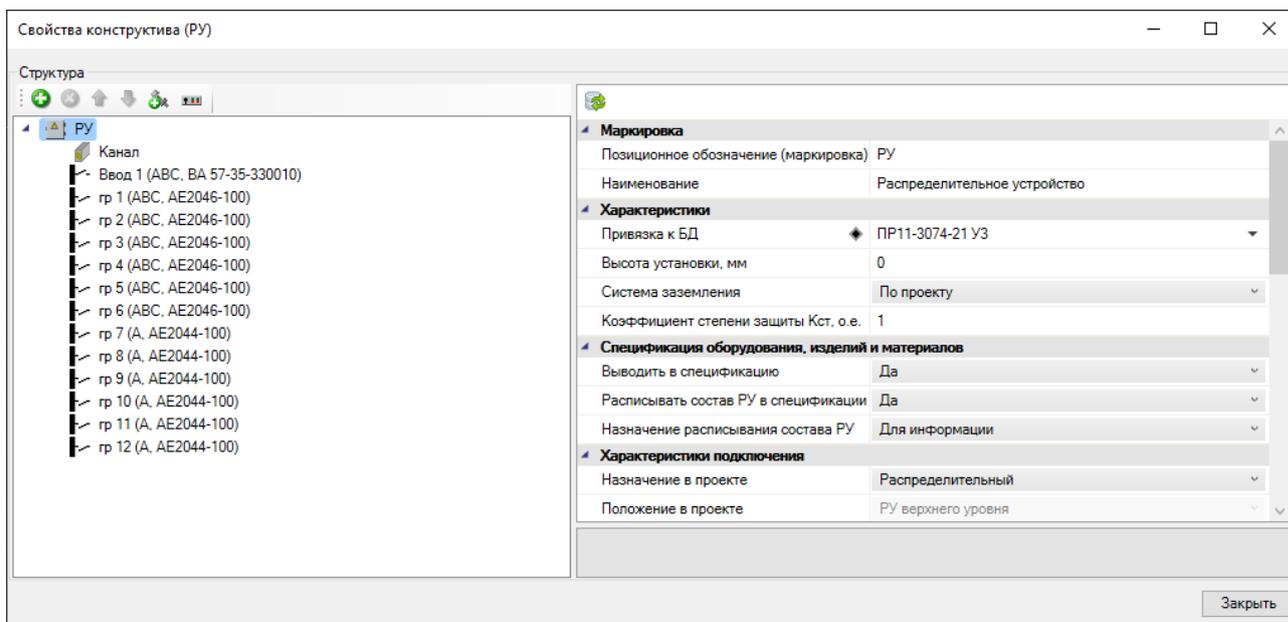


Рисунок 29 – Свойства распределительного устройства

Здесь необходимо обратить внимание на следующие пункты:

- позиционное обозначение (маркировка) (рекомендуется данное РУ обозначить как «Ввод» или аналогично, чтобы легко отличать от остальных распределительных устройств);
- высота установки (определяет на какой высоте будет установлено РУ, выбирается на свое усмотрение с учетом необходимости обеспечения удобства обслуживания);
- назначение в проекте (данное РУ выполняет исключительно распределительные функции, поэтому данный пункт остается без изменений);
- положение в проекте (как видно, программа автоматически считает первое созданное распределительное устройство «РУ верхнего уровня» т.е. то которое будет запитано от внешнего источника);
- трансформатор (этот параметр позволяет выбрать тип силового трансформатора, выбранный по результатам самостоятельного расчета; в открывшемся окне меняется база данных на вариант «Демо» и выбирается требуемый тип трансформатора);

- кабели (данный пункт позволяет выбрать кабели, которым РУ соединяется с трансформатором).

Для выбора кабеля в появившемся окне выбирается команда «Добавить новый элемент». После этого необходимо выбрать конкретный вариант кабеля. Затем аналогично предыдущему пункту изменить базу данных на «Демо» и выбирать подходящий вариант 4-х или 5-ти жильного кабеля, ориентируясь на требуемое значение длительно-допустимого тока.

После этого задается длина кабеля в соответствии с вариантом. Количество параллельных кабелей больше одного задается в том случае, если длительно допустимый ток одного кабеля меньше расчетного тока. Например, выбранный кабель ВВГнг-LS 4х50 имеет ограничения по длительно-допустимому току равное 177 А, при этом значение расчетного тока, полученное по результатам расчетов равно 285,78 А. В таком случае прокладка 2-х параллельных кабелей позволит решить данную проблему так как нагрузка будет разделена между ними поровну.

Также необходимо учесть, что большинство производственных цехов имеет, как минимум, вторую категорию электроснабжения. А значит должна иметь резервный источник питания и соответственно кабель от него. Поэтому необходимо добавить еще один аналогичный кабель, который будет идти от второго силового трансформатора или другого резервного источника (рисунок 30).

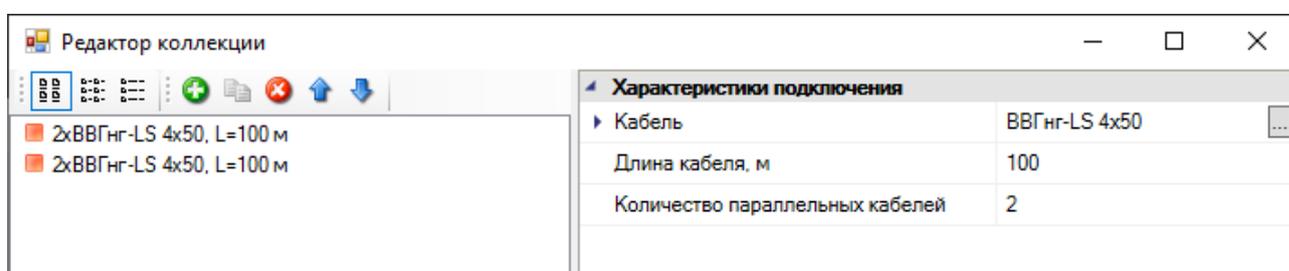


Рисунок 30 – Второй кабель от резервного источника питания

На этом настройка общих свойств вводного РУ завершена, но уже возникает необходимость изменения его схемы питания.

На данный момент это распределительное устройство запитывается только по одной линии. Для того, чтобы это изменить и реализовать питание от двух источников с секционированием необходимо выбрать существующий ввод и воспользоваться функцией «Добавить копию». После этого программа автоматически добавит второй вводной фидер. Теперь необходимо реализовать секционирование для этого воспользуемся функцией «Добавить новый элемент». Выбрав появившееся в конце списка новое присоединение, следует изменить его параметр «Тип фидера» на «Секционный». Затем пользуясь командами «Переместить элемент вверх» и «Переместить элемент вниз» необходимо реализовать схему с распределением всех фидеров между двумя секциями, каждая из которых питается от своего ввода (рисунок 31). Причем стоит обратить внимание, что в данном случае фидера №7-12 однофазные и вряд ли понадобятся на вводном РУ, поэтому их сразу можно удалить, воспользовавшись функцией «Удалить элемент».

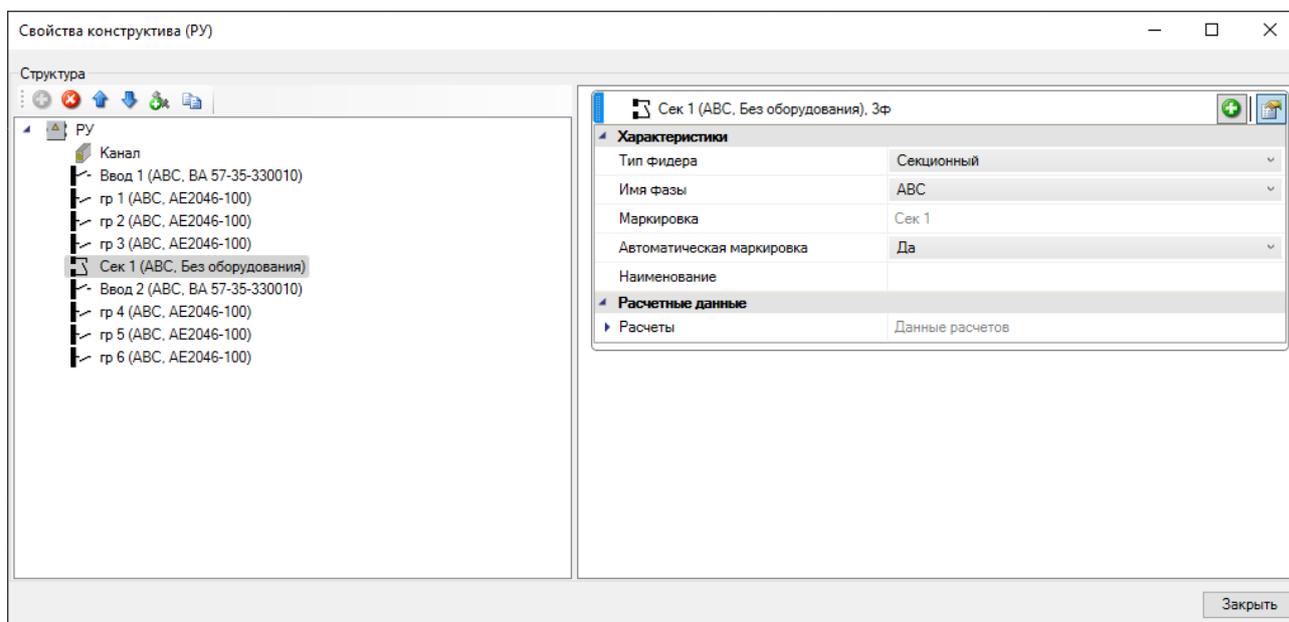


Рисунок 31 – Схема вводного РУ

На данном этапе работа с вводным РУ завершена. Перейдем к размещению других распределительных устройств. Теоретически весь цех может быть запитан только от одного РУ, но в таком случае от него пришлось бы проводить кабели до каждого отдельного электроприемника [9]. Это крайне нерационально, поэтому необходимо продумать наиболее удобную схему электроснабжения для конкретного расположения электрооборудования. В данном проекте будут предусмотрены отдельные РУ для вентиляционной, заточного отделения, резьбошлифовального отделения, а электроприемники станочного отделения будут распределены между шестью распределительными устройствами.

Создание последующих РУ в целом аналогично созданию первого. За исключением некоторых моментов, которые будут разобраны на примере создания РУ для вентиляционной.

Для этого сначала размещаем УГО распределительного устройства на плане помещения. После этого необходимо выбрать вариант распределительного щита, можно воспользоваться вариантом, выбранном для вводного РУ, либо выбрать другой из базы «Демо». Но при этом необходимо следить за количеством фаз на вводных и отходящих линиях.

После выбора типа РУ программа предложит выполнить настройку его свойств:

- позиционное обозначение (маркировка) (если РУ будет несколько, как в данном проекте удобно задать для них порядковые обозначения, например, РУ-1);

- высота установки;

- назначение в проекте (так как данное РУ уже предназначено для питания определенных электроприемников, то логично будет задать «Питающий» тип, при этом согласившись на предложение программы изменить тип всех фидеров этого РУ);

- положение в проекте (программа снова определит устройство, как РУ верхнего уровня так как оно пока еще ни к чему не подключено, процесс

подключения рассматривается позже, следовательно, пока не стоит обращать внимание на данный пункт).

Теперь необходимо изменить схему РУ на наиболее подходящую для конкретного случая. В данном проекте РУ-1 будет отвечать за питание трех трехфазных двигателей вентиляторных установок, а также за питание однофазного привода раздвижных ворот. Поэтому структура РУ-1 будет следующей: вводной фидер, три трехфазных и один однофазный отходящий фидер (рисунок 32). Остальные фидера можно удалить, они не понадобятся. Аналогичным образом создаются и остальные РУ. Пример расположения распределительного устройства в данном цехе представлен на рисунке 33.

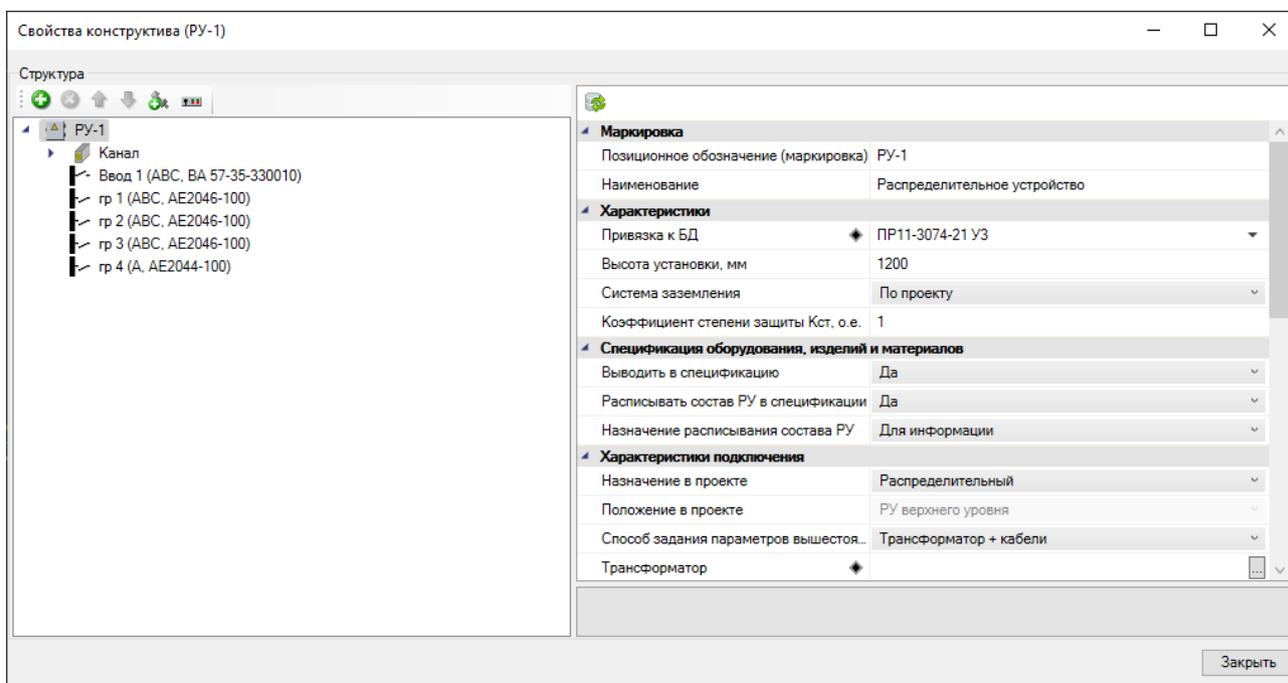


Рисунок 32 – Структура РУ-1

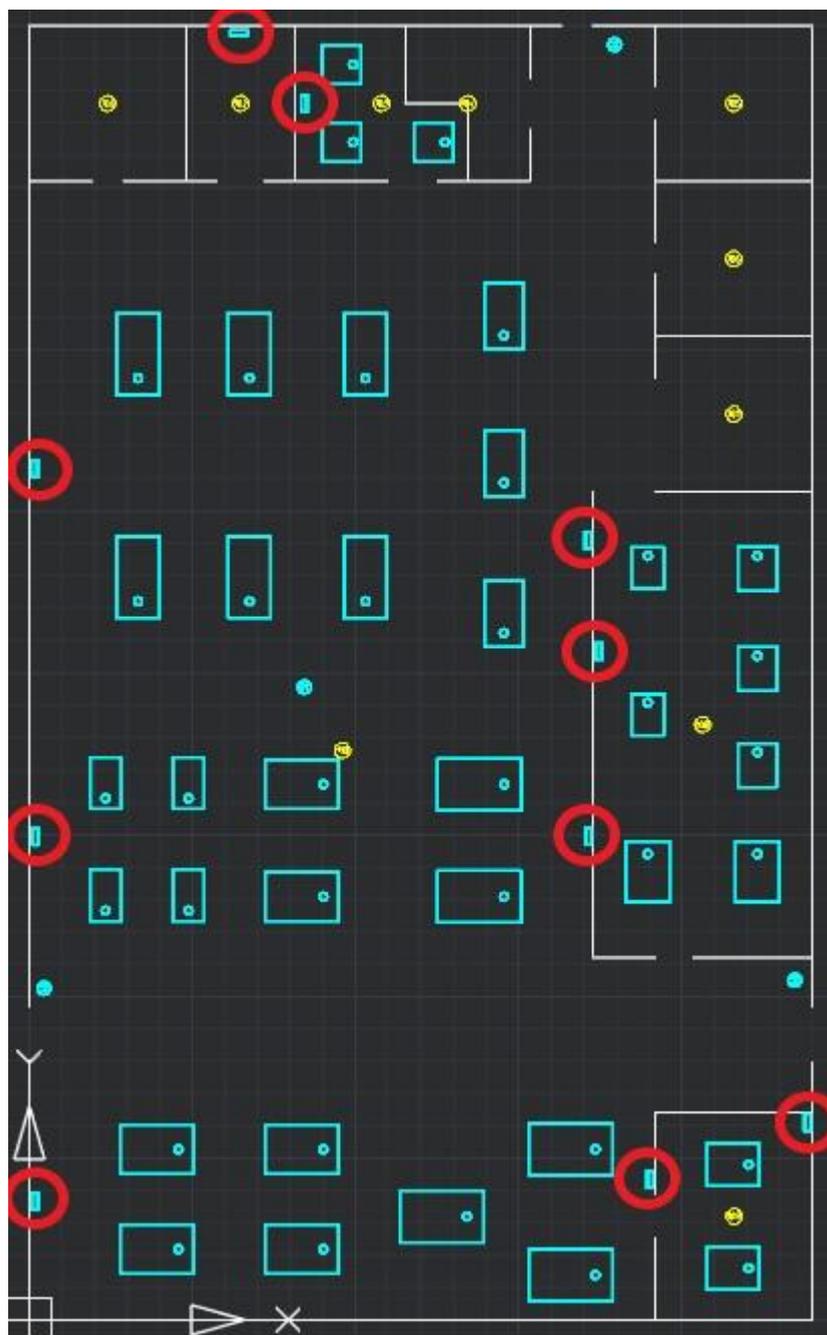


Рисунок 33 – Расположение РУ на плане цеха

После установки всех распределительных устройств, необходимо вернуться к организации освещения. Схемы питания освещения помещений могут быть различны и выбирается индивидуально. Для данного проекта предлагается следующий вариант: установка щита освещения в помещении «Щитовая», подключение его к вводу РУ, от щита освещения отдельно запитываются все производственные помещения через автоматы, которыми и

будет выполняться включение и отключение светильников, а непроизводственные помещения будут запитаны по одной линии через один автомат и управляться будут отдельно установленными выключателями в этих помещениях.

Для реализации такой схемы сначала необходимо установить щит освещения. Затем в свойствах РУ выбирается его наименование (например, «Щит освещения»), высота установки и назначение в проекте (в данном случае «Рабочее освещение»). Определяется необходимое количество отходящих однофазных линий и удаляются остальные, таким образом получается готовое РУ для системы освещения (рисунок 34).

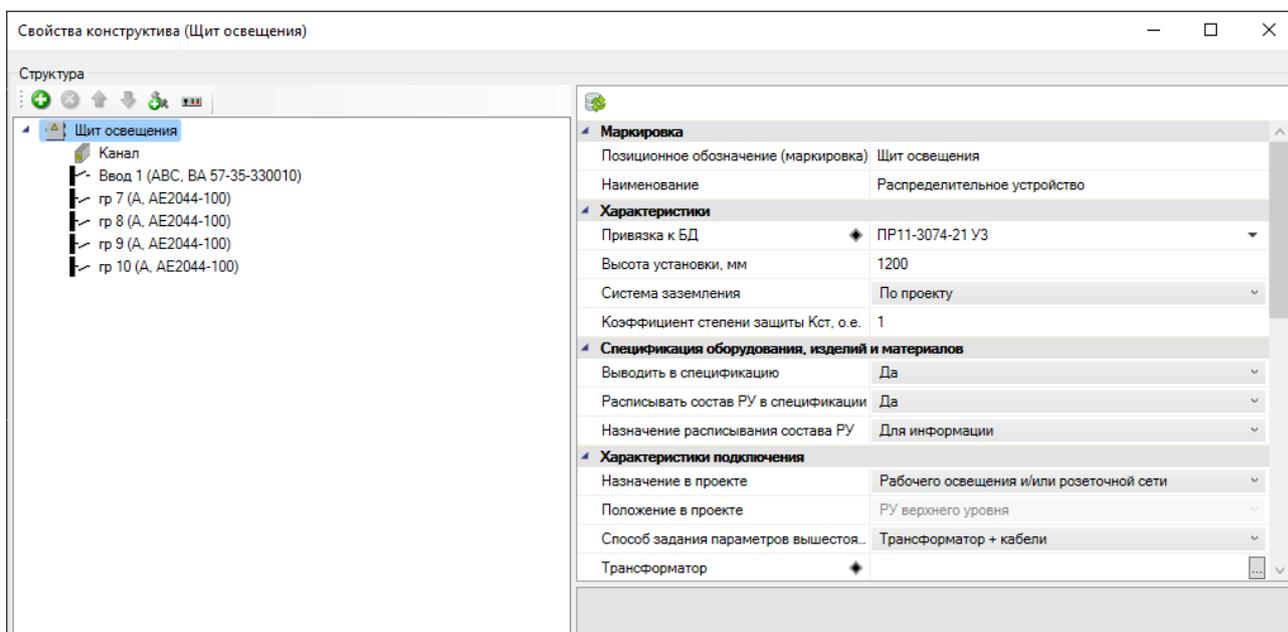


Рисунок 34 – Щит освещения

Теперь необходимо установить выключатели в непроизводственных помещениях. Для этого в базе УГО выбирается однополюсный выключатель скрытой установки. Затем определяется расположение выключателя, например, на стене рядом со входом в помещение.

В окне выбора конкретной модели выключателя необходимо переключиться на базу данных «Демо» и выбрать наиболее подходящий

вариант. А в окне настройки свойств конструктива достаточно задать высоту размещения.

Аналогичным образом проводится установка выключателей во всех остальных непроизводственных помещениях (рисунок 35).

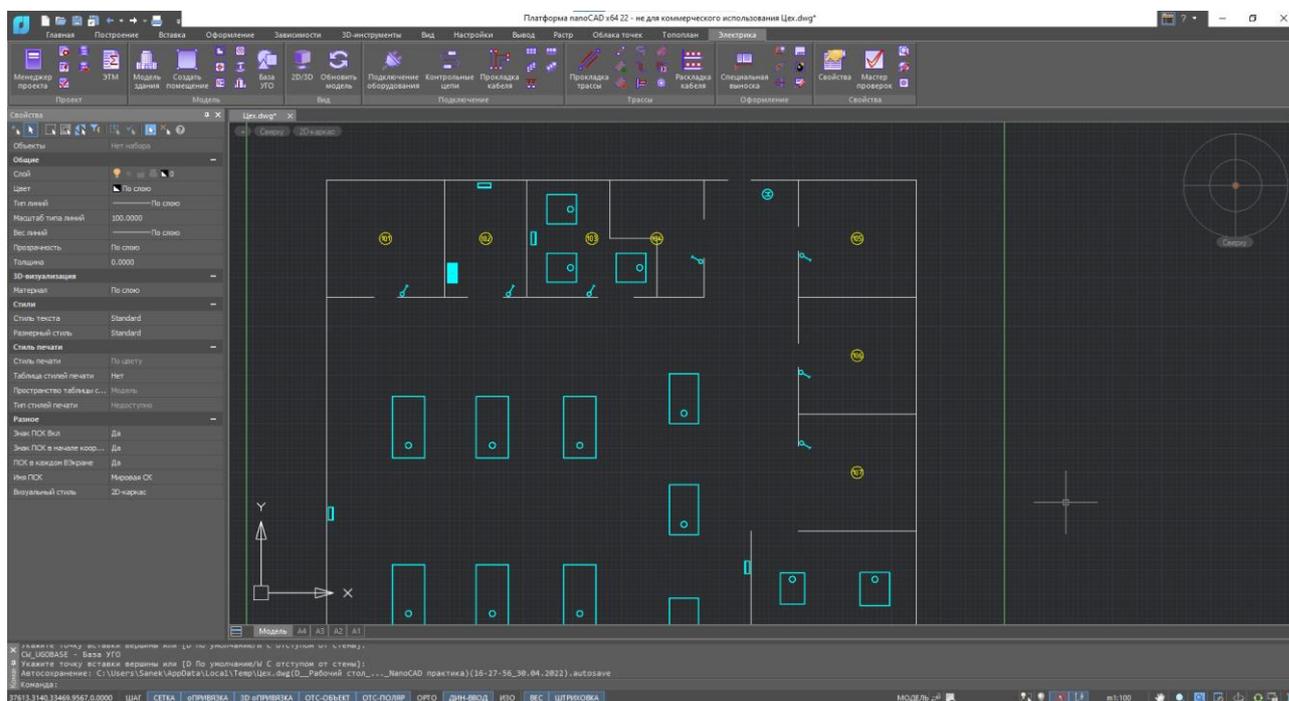


Рисунок 35 – Расположение всех выключателей

3.6 Задание №6. Прокладка кабельных трасс

Задача: определить места прокладки кабельных трасс и соединить все электрооборудование с источниками питания.

Для подключения оборудования к РУ и прокладки кабелей до них сначала необходимо соединить все оборудование кабельными трассами. Для этого следует воспользоваться инструментом «Прокладка трассы». В появившемся окне «Настройки трассы» выбирается конструкция, на которой выполняется прокладка, высота прокладки, автоматическая установка фитинга (соединительных элементов), поверхность крепления, а также имя слоя (рекомендуется выбрать слой «ЭЛ ТРАССЫ») (рисунок 36).

Настройки трассы		v	h	db
▲ Параметры установки КНС				
▶ КНС	◆ DKC-02.TC.0011 (200)			...
Высота прокладки, мм	3600			▼
Частота установки узлов крепления,...	3			▼
УГО перепада высот	Перепад высот			...
▲ Параметры прокладки				
Прокладывать по стенам	Нет			▼
Устанавливать фитинг	Да			▼
Поверхность крепления	Потолок			▼
▲ Слой				
Имя слоя	ЭЛ_ТРАССЫ			▼
Цвет	 Transparent			▼
Выводить на печать	Да			▼
Толщина линий	0,30			▼
Имя слоя				

Рисунок 36 – Настройки трассы

В данном проекте прокладка кабелей в помещениях высотой 3,6 м будет проводиться по потолку на высоте 3,6 м, в основном помещении высотой 8 м по стенам на высоте 3,6 м, от РУ до двигателей по полу, а до светильников соответственно по потолку на высоте данного помещения.

Рассмотрим процесс прокладки участка трассы от вводного РУ до РУ-1 и РУ-6 более подробно.

Для прокладки по потолку щитовой выбирается двусторонний подвес к потолку, так как этот участок трассы будет наиболее загружен кабелями в последующем.

Сначала прокладывается трасса от вводного РУ до выхода из щитовой. Затем с этим участком соединяется РУ-1, для этого можно воспользоваться инструментом для перпендикулярного соединения трасс друг с другом или с объектами. Используя данный инструмент, сначала выбирается РУ-1, а затем существующий участок трассы. В результате первое распределительное устройство соединено с вводным РУ (рисунок 37).

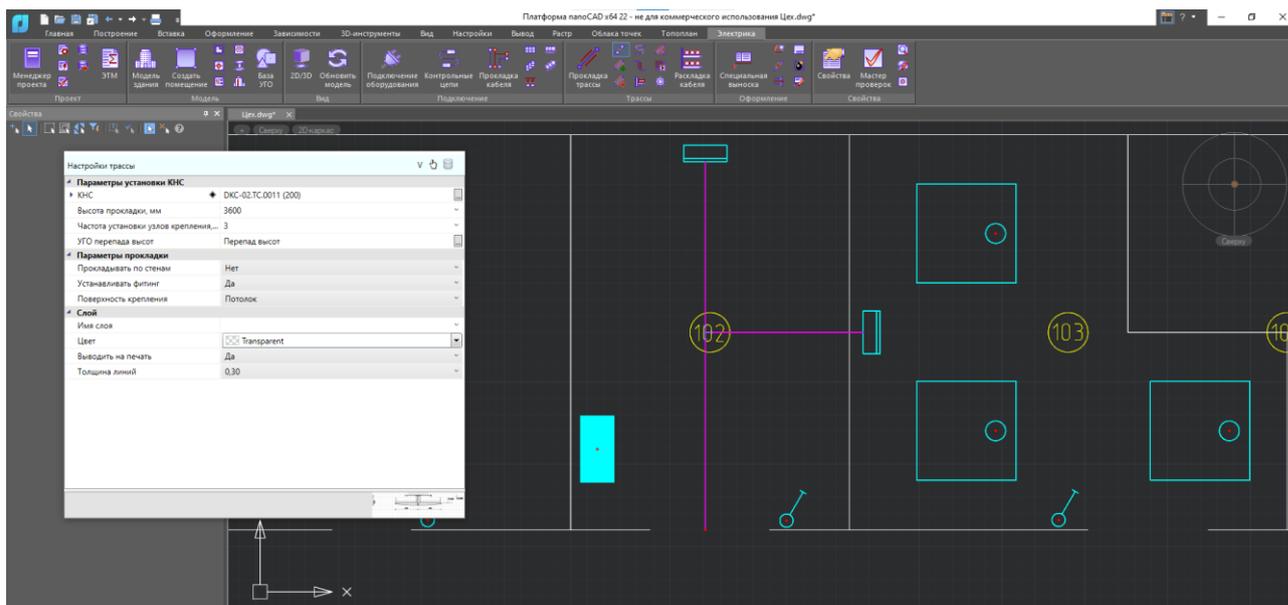


Рисунок 37 – Соединение РУ-1 с вводным РУ

Теперь необходимо аналогичным образом соединить с вводом РУ-6. Для этого опять используем стандартный инструмент «Прокладка трассы», кроме того, изменим поверхность крепления на «Стена» и выберем более подходящую КНС (рисунок 38).

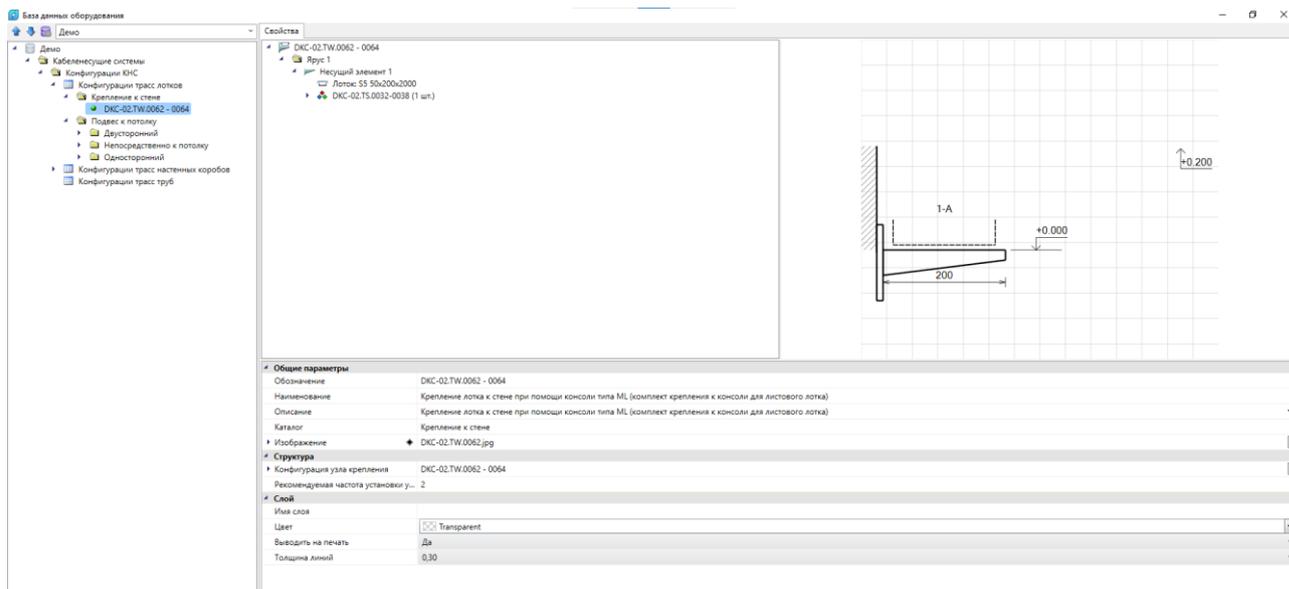


Рисунок 38 – КНС с креплением к стене

После этого трасса последовательно проводится по стене до РУ-6 (рисунок 39), не забывая обязательно довести линию до точки привязки оборудования.

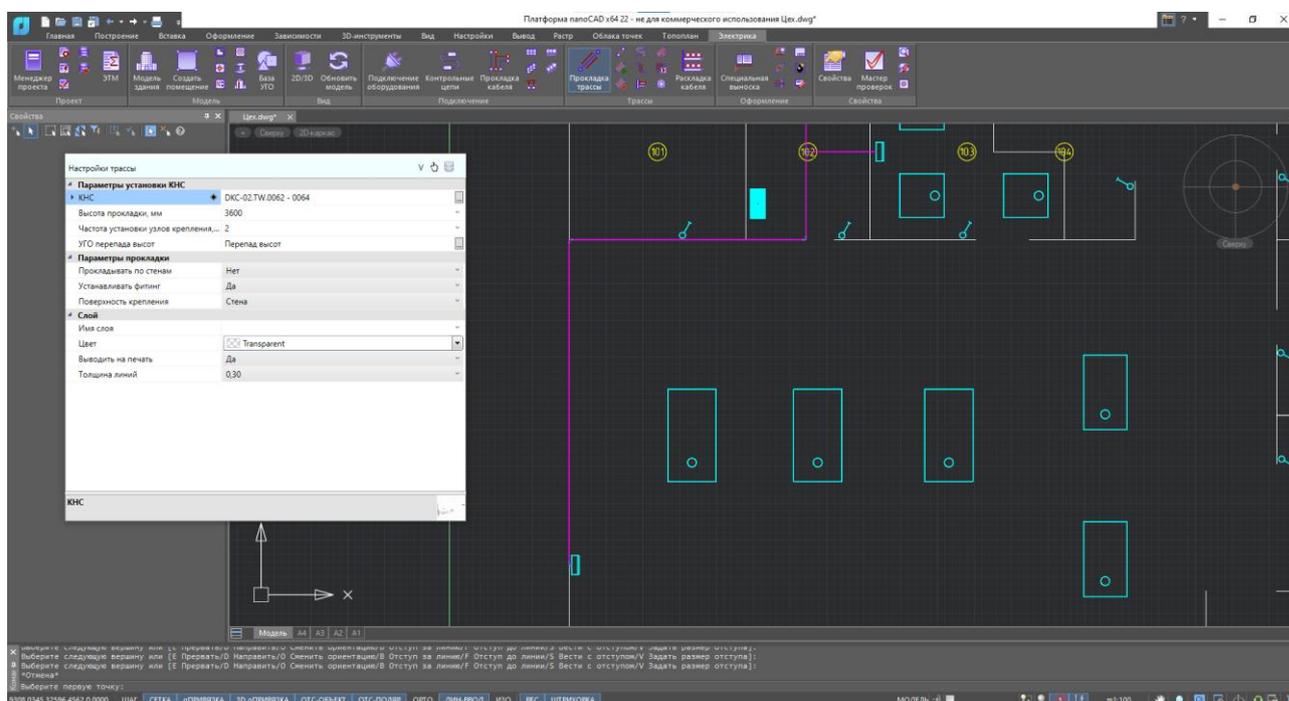


Рисунок 39 - Соединение РУ-6 с вводным РУ

Аналогичным образом соединяются с вводным РУ остальные распределительные устройства, в том числе щит освещения, при этом не забывая о необходимости смены поверхность крепления и КНС в зависимости от места прокладки (рисунок 40).

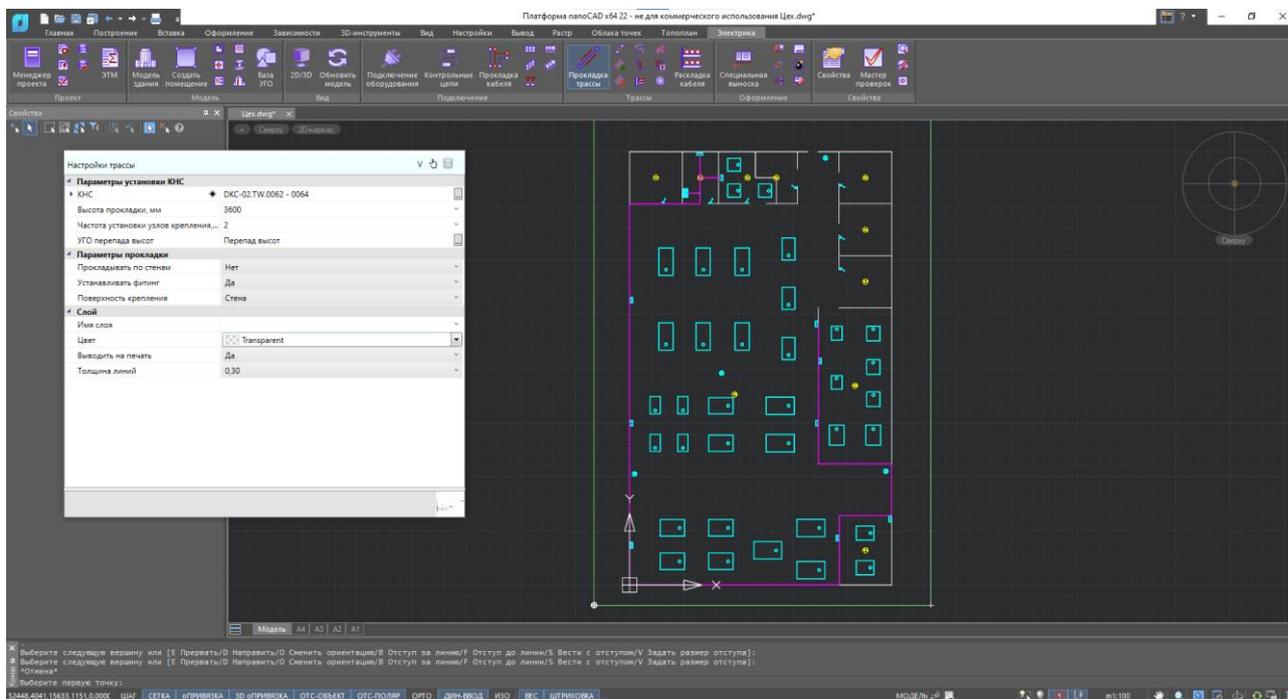


Рисунок 40 – Соединение всех распределительных устройств с вводным РУ кабельными трассами

Перейдем к соединению трассами каждого электроприемника с соответствующим РУ. Если в помещениях высотой 3,6 м для этого можно использовать прокладку по потолку, то в центральном помещении высотой 8 м этот вариант неприемлем поэтому используем прокладку по полу, установив высоту прокладки 0. Учитывая, что база данных «Демо» не имеет КНС для прокладки по полу, в качестве допущения воспользуемся КНС с установкой к стене (рисунок 41).

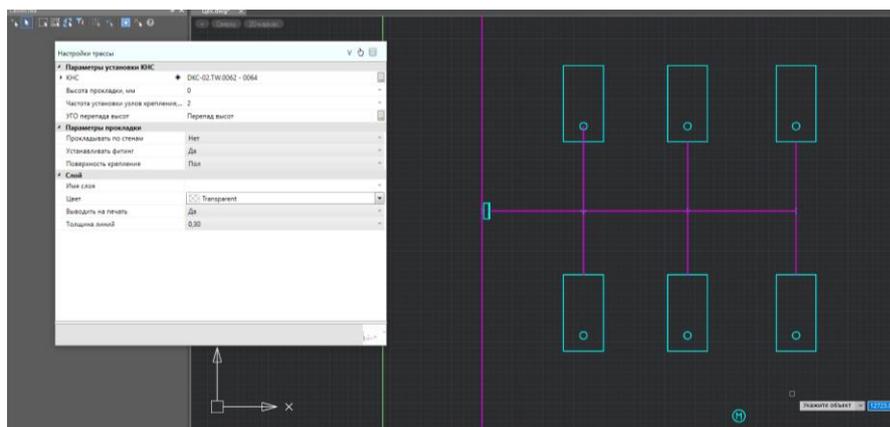


Рисунок 41 – Соединение электроприемников с РУ-6

Аналогичным образом создаются соединения для всех остальных электроприемников (рисунок 42).

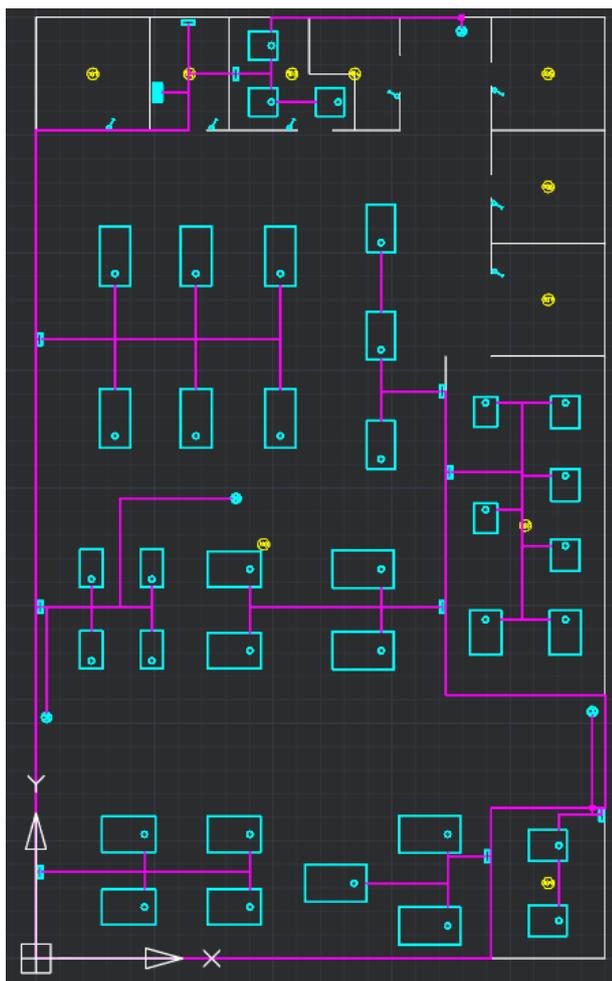


Рисунок 42 – Соединение всех электроприемников с соответствующими РУ

После соединения всех электроприемников следует перейти к прокладке трасс до светильников и выключателей. Кабели для освещения будут проходить по отдельным кабельным коробам для простоты обслуживания. Чтобы ориентироваться было удобнее рекомендуется создать дополнительный слой трасс для освещения. Для этого следует воспользоваться инструментом «Слой». Выбрав слой «ЭЛ ТРАССЫ» необходимо нажать на нем правой кнопкой мыши и в появившемся меню выбрать команду «Добавить слой». Появившемуся слою нужно задать название, например, «ЭЛ ТРАССЫ ОСВЕЩЕНИЯ» и изменить цвет.

В качестве КНС для сети освещения в данном проекте будут использованы коробки. Перед началом создания трасс следует изменить наименование слоя на новый. После этого можно переходить к созданию сети освещения, которая будет проходить по потолку в каждом помещении (рисунок 43).

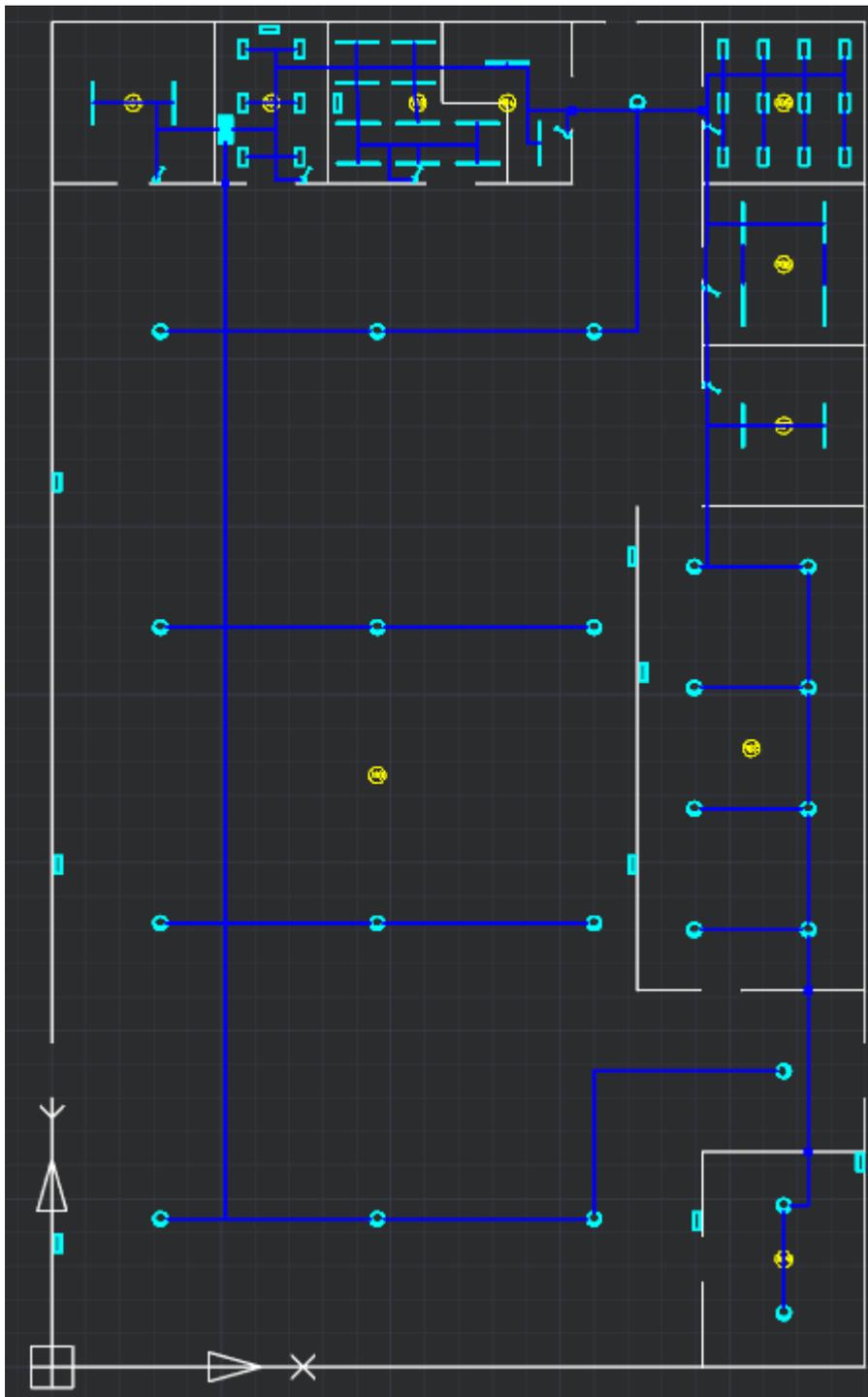


Рисунок 43 – Сеть трасс освещения

3.7 Задание №7. Подключение оборудования

Задача: подключить оборудование, в том числе светильники, к соответствующим РУ.

Для выбора источника питания электроприемника удобнее всего пользоваться инструментом «Электротехническая модель». Подключение происходит последовательно от источника питания к потребителю. Поэтому сначала необходимо подключить все существующие распределительные устройства к вводу РУ. Но предварительно следует вернуться к вводу РУ и увеличить количество отходящих линий так, чтобы хватало для все созданных промежуточных РУ (рисунок 44).

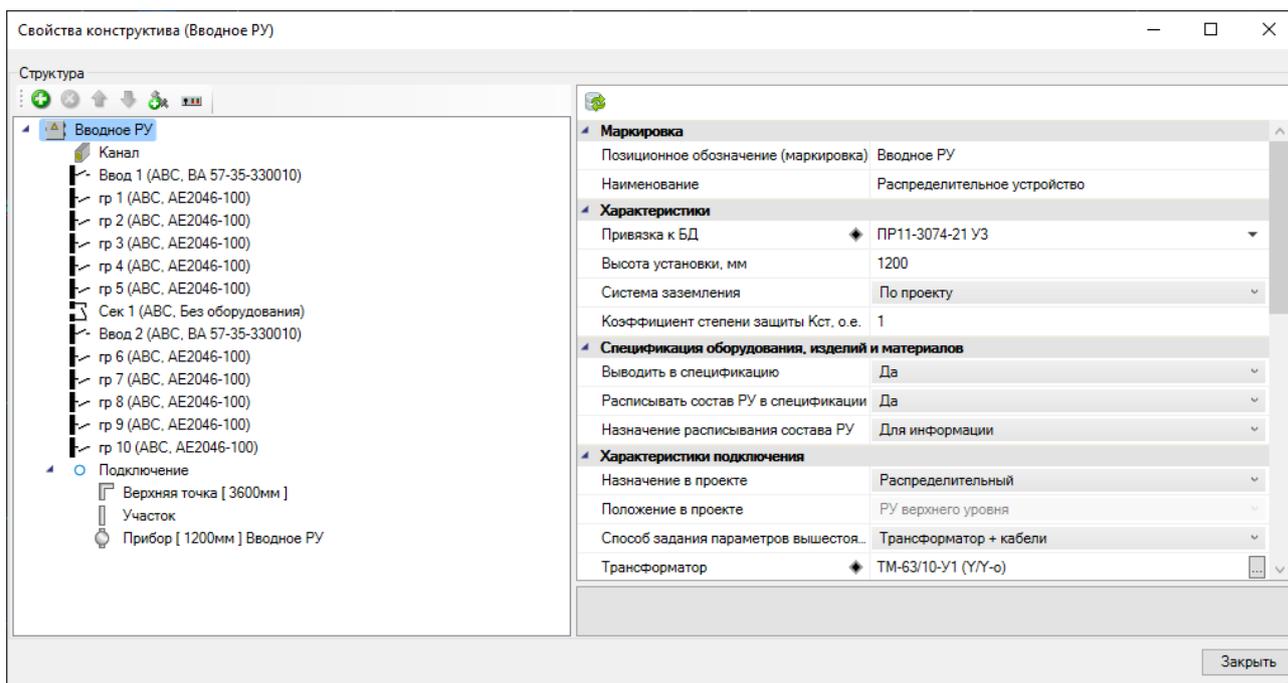


Рисунок 44 – Окончательная схема вводного РУ

После этого можно начинать подключение, для этого в левой части окна «Электротехническая модель» выбирается один из отходящих фидеров вводного РУ, а в центральной части окна, перейдя в раздел «Оборудование», выбирается подключаемое РУ. Затем командой «Подключить» выполняется непосредственное подключение. После этого в левой части окна выбранный фидер получит список подключенных к нему электроприемников. В данном случае – это другое РУ, которое будет выделено зеленым цветом. Аналогичным образом выполняется подключение остальных РУ, в том числе

щита освещения к соответствующим фидерам ввода, в результате чего будет получен результат подобный представленному на рисунке 45.

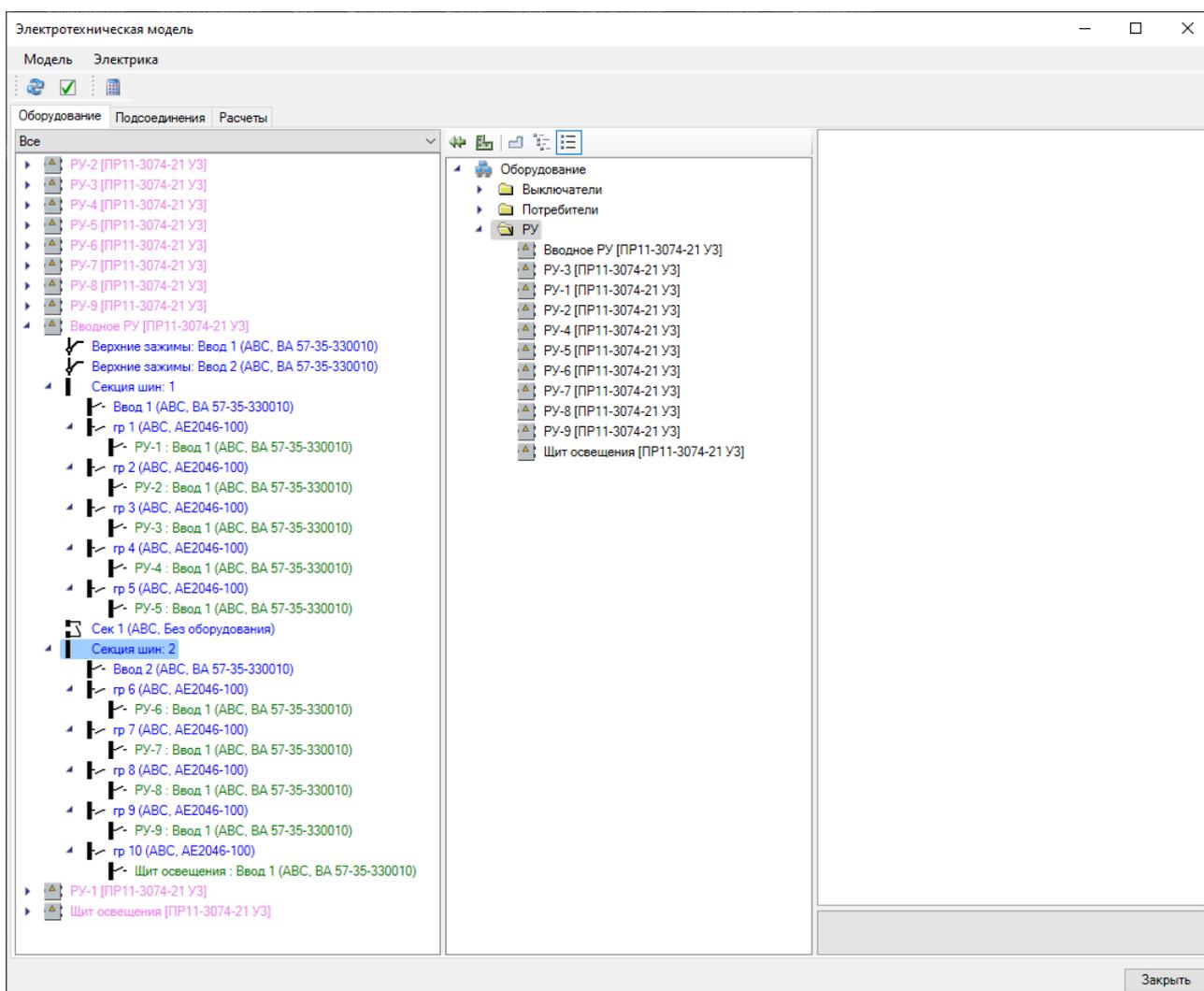


Рисунок 45 – Результат подключения всех РУ к вводу

Следующим этапом выполняется подключение электродвигателей к соответствующим РУ. Разберем на примере РУ-6. В левой части окна нужно выбрать отходящий фидер РУ-6, в центральной части выбирается нужный двигатель, после этого выполняется команда «Подключить». Таким образом подключаются все двигатели, выбранные для питания от этого РУ (рисунок 46).

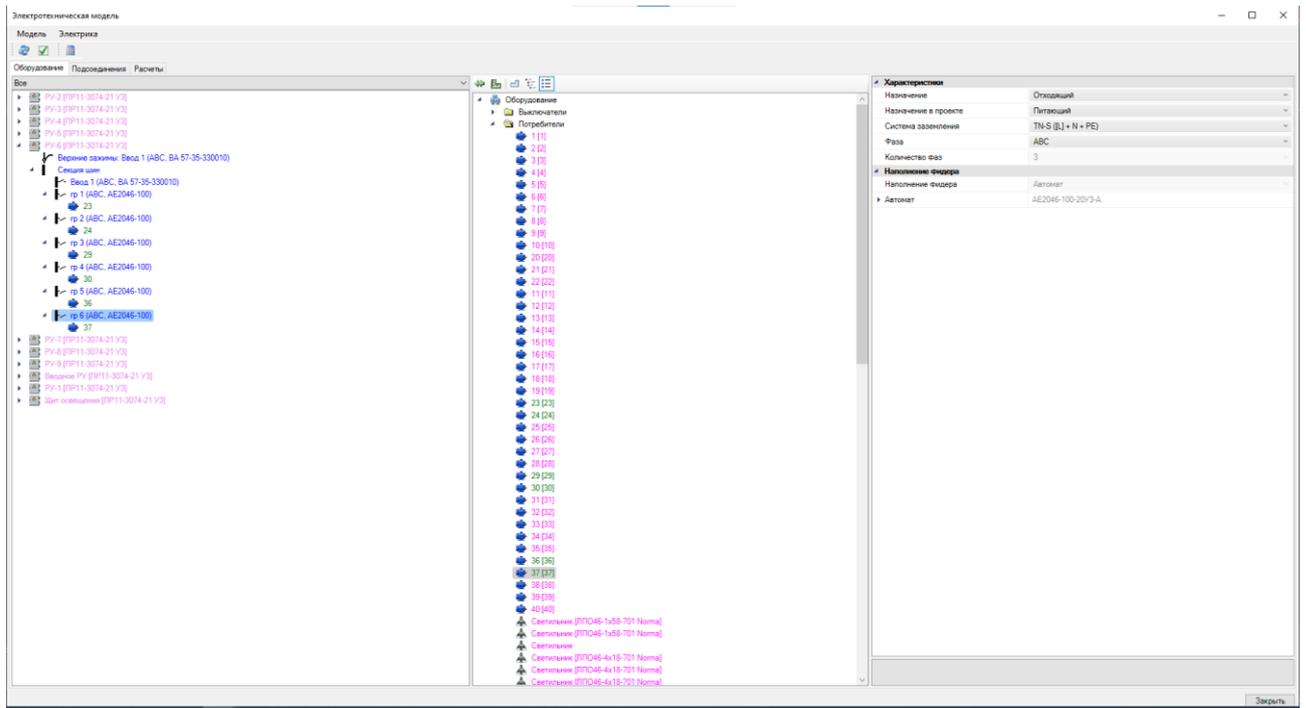


Рисунок 46 - Результат подключения двигателей к РУ-6

Аналогичным образом подключаются двигатели к остальным РУ. После этого все двигатели в центральной части окна должны стать «зелеными» (рисунок 47).

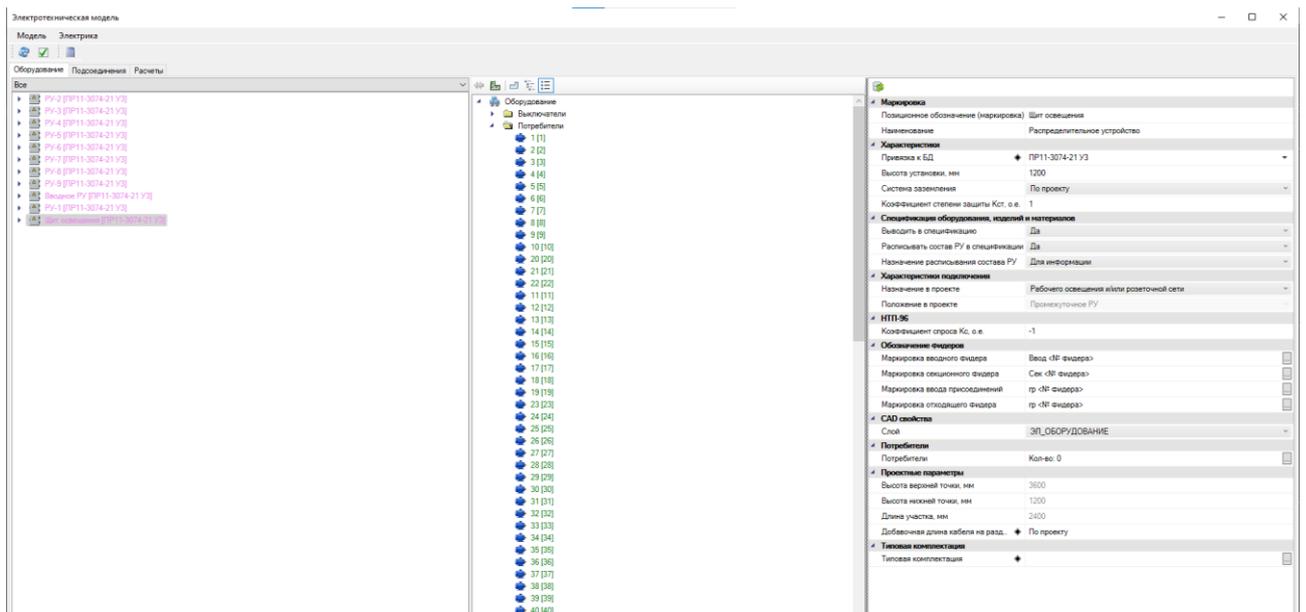


Рисунок 47 – Двигатели подключенные к РУ

Перейдем к подключению освещения. Сначала рекомендуется подключить светильники производственных помещений, которые не имеют собственных выключателей. Для этого в левой части окна «Электротехническая модель» выбирается отходящая линия щита освещения. В центральной части, применив группировку «По помещениям», открывается нужное помещение и в нем выбираются все светильники зажав клавишу «SHIFT». После этого выполняется команда «Подключить». Аналогичным образом подключаются остальные производственные помещения.

Перейдем к подключению светильников через выключатели. Для этого выбирается нужное помещение, например, №101 (рисунок 48). В этом помещении есть один выключатель и два светильника. Сначала подключается выключатель к оставшемуся фидеру освещения, а затем к появившемуся в левой части выключателю, а точнее его кнопке, подключаются оба светильника. Видно, что светильники продолжают обозначаться красным цветом. Для того чтобы завершить подключение, необходимо также подключить оба светильника к самому фидеру освещения.

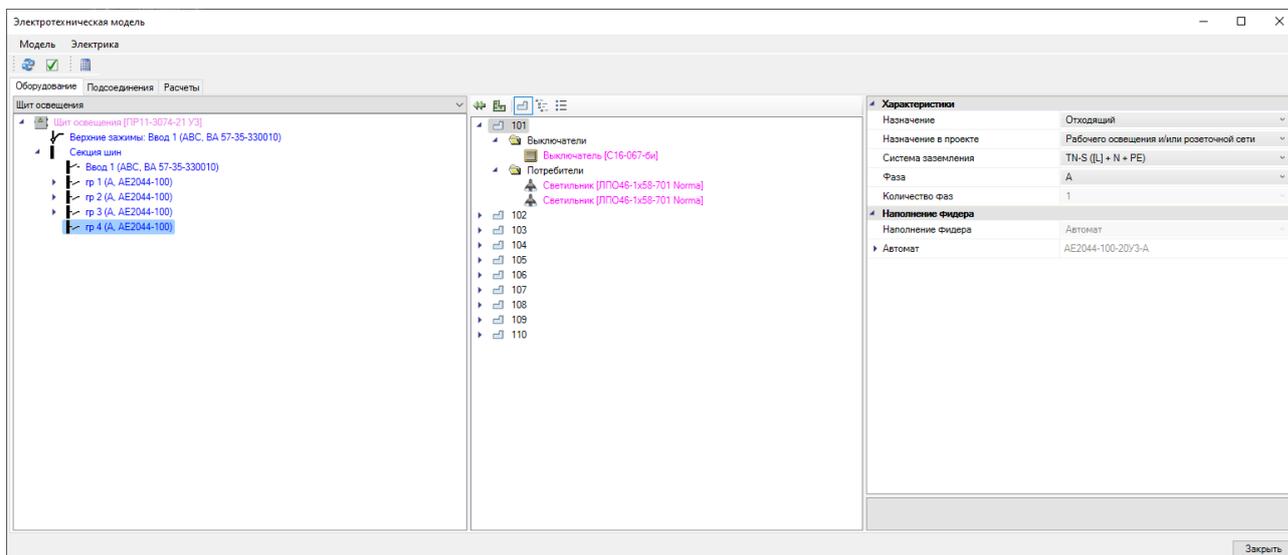


Рисунок 48 – Электрооборудование помещения №101

Аналогичным образом подключаются и остальные непроизводственные помещения. Когда все оборудование будет подключено левая часть окна примет вид аналогичный представленному на рисунке 49.

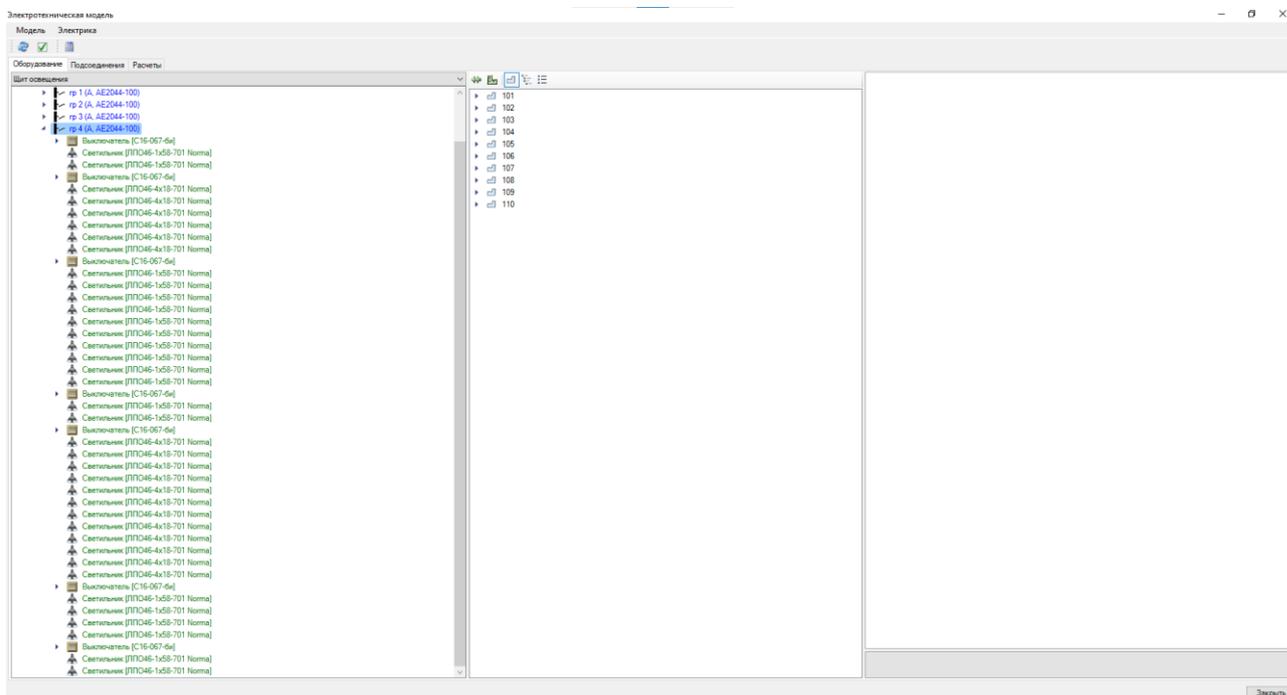


Рисунок 49 – Результат подключения светильников непроизводственных помещений

3.8 Задание №8. Прокладка кабелей

Задача: выбрать кабели для соединения всего электрооборудования в цехе.

Для прокладки кабелей в программе предусмотрен инструмент «Прокладка кабеля». В окне данного инструмента программа предлагает выбрать существующее РУ и его отходящую линию (рисунок 50), для которой будет прокладываться кабель. После этого рекомендуется воспользоваться командой «Проложить авт.» в таком случае программа сама предложит наиболее оптимальный маршрут прокладки (рисунок 51) после чего следует нажать клавишу «Enter». Если предложенный маршрут не устраивает

пользователя, то есть возможность вручную его отредактировать с помощью команд «Проложить» и «Убрать».

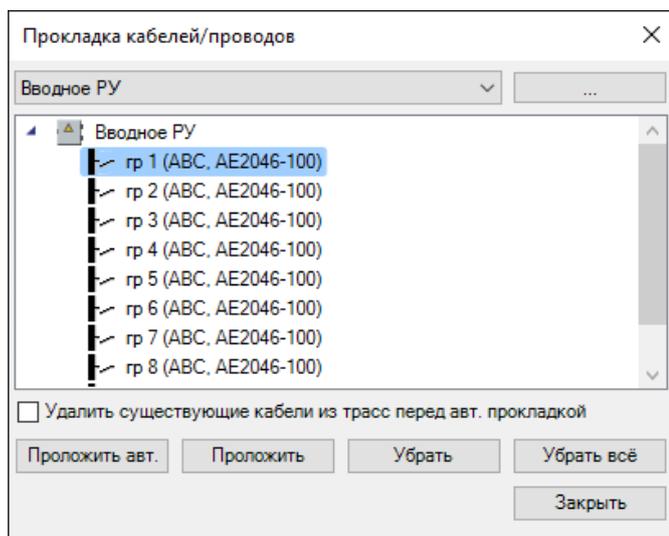


Рисунок 50 – Выбор РУ и отходящего фидера для прокладки кабеля

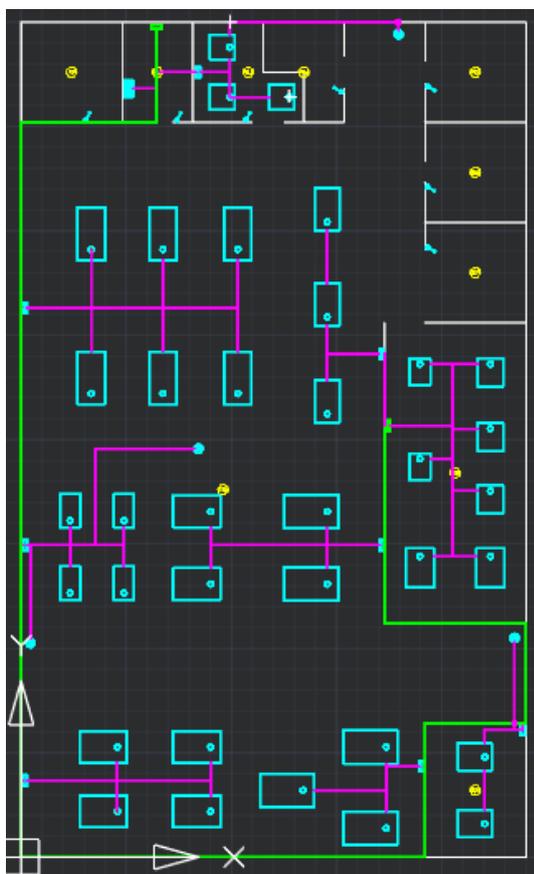


Рисунок 51 – Автоматическая прокладка кабеля программой

После этого необходимо выбрать конкретную модель кабеля, для этого следует открыть окно «Электротехническая модель», перейти на вкладку «Подсоединения» и в левой части окна выбрать отходящий фидер, для которого был проложен кабель. При этом в нижней части окна появится таблица с расчетными данными для кабеля, но ячейка в столбце «Имя кабеля» останется пустой. Для выбора кабеля необходимо двойным кликом мыши в этой области перейти в базу данных «Демо» и выбрать один из предложенных кабелей.

Выбор кабеля проводится с учетом длительно-допустимого тока указанного в характеристиках кабеля и расчетного тока, подсчитанного программой для этого присоединения. В случаях если кабеля самого крупного сечения из представленных в базе данных недостаточно следует увеличить количество кабелей, в таком случае нагрузка будет равномерно разделена между ними.

Аналогичным образом прокладываются и выбираются кабели от вводного РУ до промежуточных. А затем от всех промежуточных РУ непосредственно до электроприемников. Если во время автоматической прокладки кабеля программа не предлагает никакой маршрут, то следует проверить правильность прокладки трасс.

Также после прокладки кабелей можно двойным щелчком на любом участке трассы, увидеть какие кабели там проложены (рисунок 52), в данном случае раскладка прошла успешна.

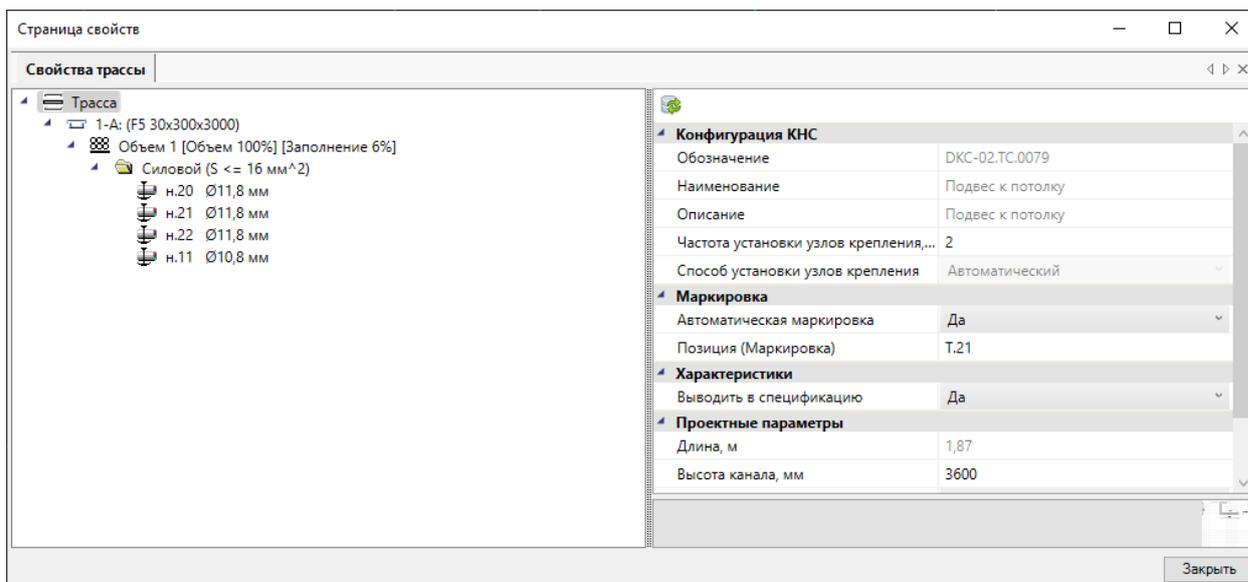


Рисунок 52 – Свойства участка трассы

В некоторых случаях может возникнуть проблема, если по одному лотку проходят силовые кабели и кабели рабочего освещения. В таком случае программа не сможет выполнить автоматическую раскладку (рисунок 53), так как, согласно ПУЭ, такие кабели должны быть разделены и сделать это нужно вручную. В данном случае такая проблема характерна для участка от вводного РУ до щита освещения. Для исправления этой проблемы существует инструмент «Раскладка кабеля». В левой части открывшегося окна необходимо выбрать кабель рабочего освещения, а в правой отдельный объем для него. В данном случае используется двусторонний лоток поэтому достаточно выбрать одну его сторону. После этого необходимо воспользоваться командой «Перенести кабели», а затем выбрать все остальные кабели в левой части окна и перенести на другую сторону лотка (рисунок 54).

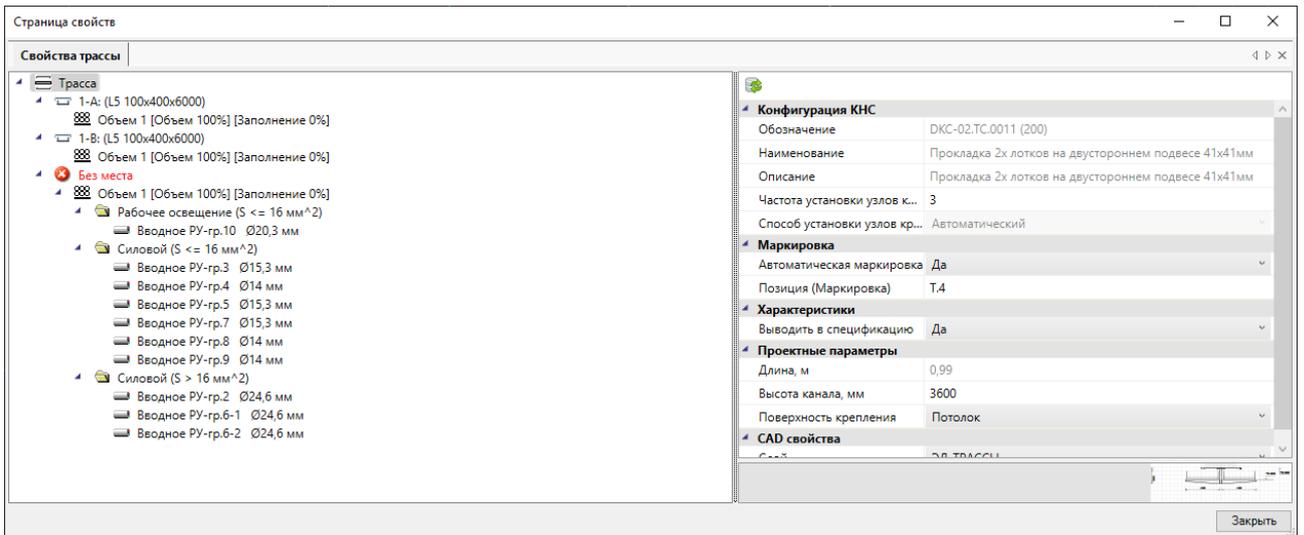


Рисунок 53 – Свойства участка трассы, на котором возникла ошибка при прокладке кабелей

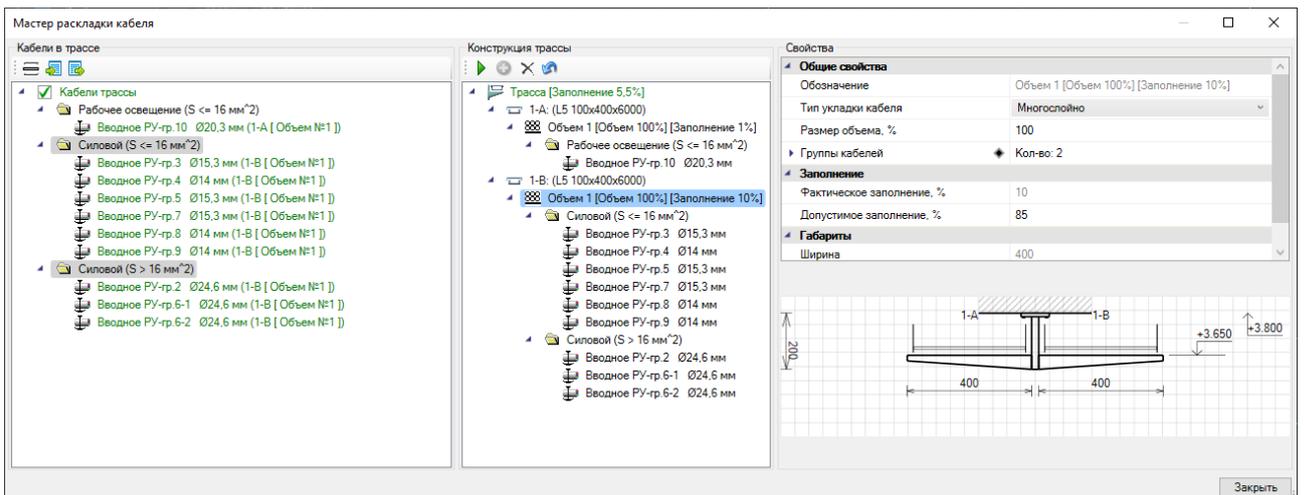


Рисунок 54 – Окончательное распределение кабелей в лотке

Но таким образом проблема решится только для данного участка трассы. А такая ситуация будет характерна для всей трассы, проходящей после этого участка. Для того, чтобы быстро распределить кабели по ним, следует воспользоваться функцией «Копировать параметры раскладки в другие трассы» и выделить все последующие проблемные участки. Но в случае, если на пути данной трассы будет смена КНС, например, на крепление к стене, то

для него придется заново сделать порядок раскладки, воспользовавшись инструментом «Раскладка кабеля».

После прокладки и выбора кабелей силовой сети, выполняется аналогичные операции для сети рабочего освещения, обращая внимание на то, что она выполняется по отдельным трассам. При выборе кабелей освещения для сети непромышленных помещений программа предложит выбрать несколько вариантов кабелей тем самым выполняя разные участки этой сети разными кабелями в зависимости от условий.

3.9 Задание №9. Выбор коммутационных аппаратов и итоговая проверка проекта

Задача: выбрать коммутационные аппараты и провести итоговую проверку проекта.

Для правильного выбора коммутационных аппаратов необходимо воспользоваться инструментом «Электротехническая модель» и перейти в нем в раздел «Расчеты», предварительно проведя данный расчет воспользовавшись функцией «Расчет».

После этого, последовательно выбирая все отходящие и вводные линии в левой части окна, оценить результаты, автоматически подготовленные программой. Проверка коммутационных аппаратов проводится по 4-м условиям:

- проверка соответствия тока уставки расчетному току;
- проверка соответствия минимального тока КЗ току расцепителя;
- проверка соответствия максимального тока КЗ предельной коммутационной способности;
- проверка соответствия ударного тока КЗ электродинамической стойкости.

Несоответствие коммутационного аппарата хотя бы по одному из этих пунктов требует его замены, но это не всегда необходимо так как существует

ряд тонкостей. Рассмотрим выбор коммутационных аппаратов на примере отходящей линии освещения.

На рисунке 55 видно, что программа считает ток уставки коммутационного аппарата равным нулю. Так происходит из-за того, что у данного коммутационного аппарата есть возможность выбора уставки срабатывания и сделать это необходимо вручную, предварительно оценив значение рабочего тока.

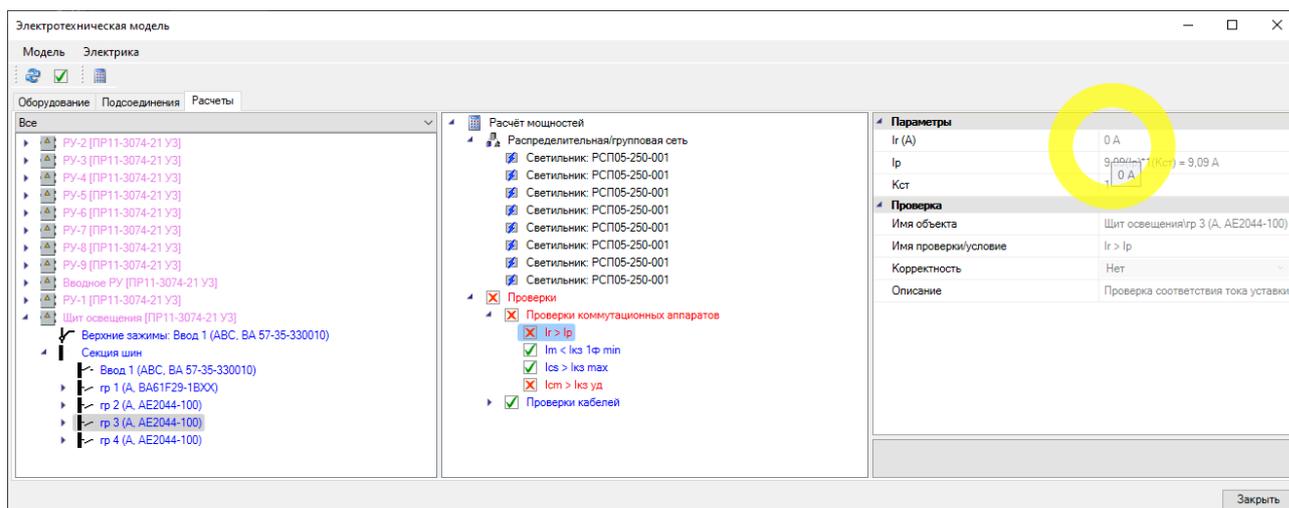


Рисунок 55 – Значение тока уставки коммутационного аппарата

Для выбора уставки необходимо найти на плане данное РУ, перейти в его свойства двойным щелчком и выбрать нужное значение в строке параметра «Ток уставки расцепителя в зоне перегрузки».

После этого в окне «Электротехническая модель» программа укажет, что проверка по данному условию пройдена. Альтернативным решением этой проблемы будет выбор другого коммутационного аппарата с фиксированной уставкой из базы данных «Демо». Для этого в окне «Электротехническая модель» необходимо перейти на вкладку «Оборудование», выбрать параметр «Привязка к базе данных», а в появившемся окне нажать кнопку «Выбрать» после чего программа перейдет в базу данных. После замены

коммутационного аппарата необходимо снова воспользоваться функцией «Расчет».

Но существует еще одно условие, по которому данный коммутационный аппарат проверку все также не проходит (рисунок 56).

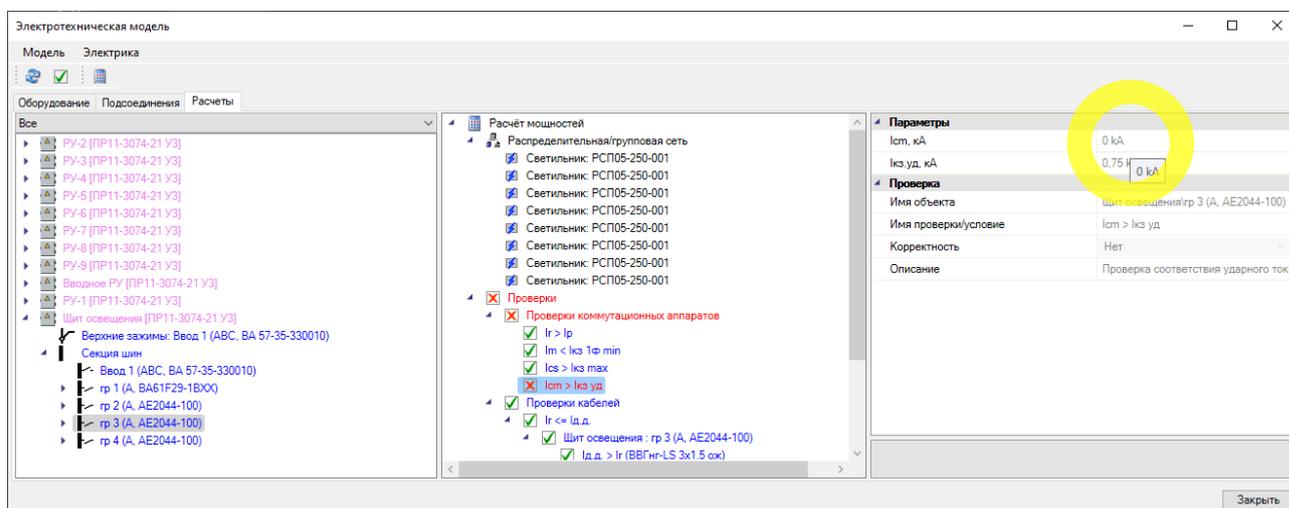


Рисунок 56 – Значение электродинамической стойкости автомата

В данном случае программа считает электродинамическую стойкость данного коммутационного аппарата равной нулю. Это происходит из-за того, что в базе данных у автоматических выключателей просто не указан данный параметр, в таком случае допускается считать его равным предельной коммутационной способности автомата. Но указать это все равно придется вручную. Для этого необходимо также как при выборе автомата перейти в базу данных. В окне базы данных изменить параметр электродинамическая стойкость с нуля на такой же как в строке выше, в данном случае 2 кА.

После этого необходимо вернуться в электротехническую модель проекта и обязательно снова выполнить расчет. После этого программа внесет изменения, и проверка по данному условию также будет пройдена (рисунок 57).

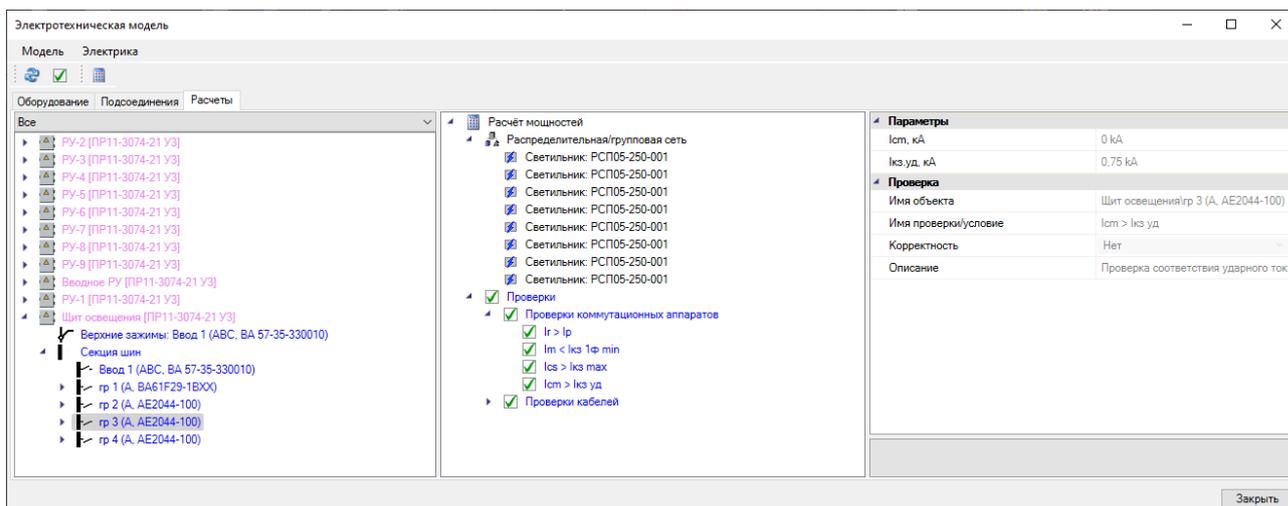


Рисунок 57 – Корректный выбор коммутационного аппарата

Перейдем к выбору уставок вводных автоматов. У использованных в проекте вводных коммутационных аппаратов по умолчанию обе уставки срабатывания выбираются вручную. Ток уставки в зоне КЗ также указывается в свойствах РУ и изменяется аналогично току уставки в зоне перегрузки. Но минимальное значение срабатывания при КЗ у данного автомата равно 1000 А. И для большинства присоединений это будет слишком много и коммутационное устройство не пройдет проверку по условию соответствия минимального тока КЗ току срабатывания расцепителя (рисунок 58).

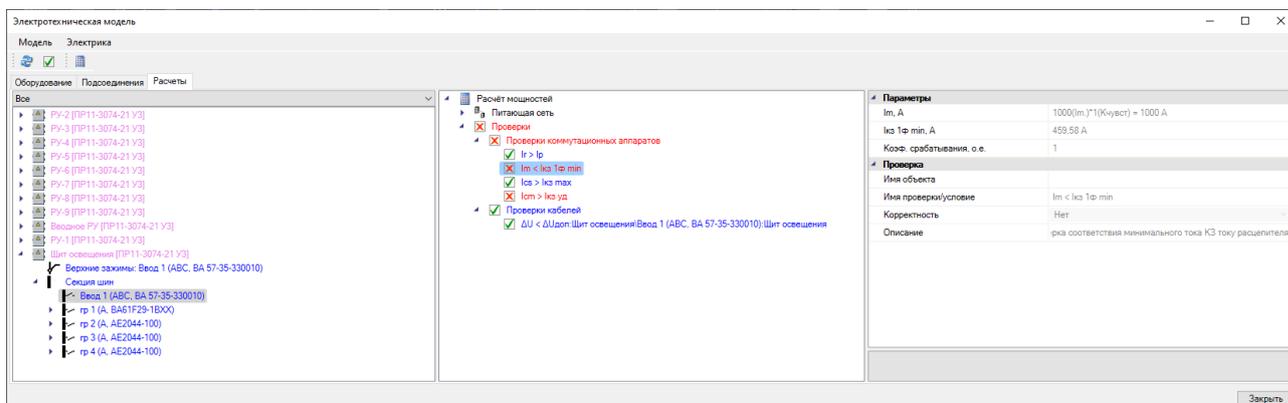


Рисунок 58 - Проверка соответствия минимального тока КЗ току расцепителя

К сожалению, база данных «Демо» включает в себя только один вариант автомата с номинальным током больше 63 А. Поэтому следует вручную изменить его характеристики на более подходящие. Для этого в базе данных необходимо поменять следующие параметры:

- способ задания уставки расцепителя – по кратности;
- кратность уставки расцепителя – 5;
- электродинамическая стойкость – 40 кА.

Если же и при таких параметрах для одного из присоединений коммутационный аппарат все равно не пройдет проверку, то необходимо создать его копию в базе данных и в ней указать меньшую кратность расцепителя. Создание копии необходимо так как если изменить кратность в существующем варианте автомата, то изменения затронут все уже установленные варианты, а в данном случае необходимо создать отдельную модель. Кроме того, база данных «Демо» не имеет автоматов с номинальными токами больше 250 А. Чего может быть недостаточно для вводных автоматов, в таком случае допускается не выбирать данный автомат.

По умолчанию для защиты трехфазных отходящих линий программа установила три однополюсных выключателя с изменяемой уставкой. Их рекомендуется заменить на подходящий трехполюсный вариант из базы данных «Демо». Замену автоматов удобно проводить через раздел «Оборудование» в окне «Электротехническая модель».

Проверка кабелей также проводится по 4-м условиям:

- проверка соответствия длительно допустимого тока току уставки;
- проверка соответствия длительно допустимого тока расчетному току;
- проверка на допустимый нагрев при КЗ;
- проверка падения напряжения.

Несоответствие выбранного кабеля хотя бы по одному из этих пунктов требует его замены на кабель с большим сечением жил. Замена кабеля проводится аналогично его выбору в задании №7. Следует обратить внимание, что проверка падения напряжения проводится как выше, так и ниже точки

присоединения и, следовательно, не всегда требует замены кабеля отходящего присоединения, например, на рисунке 59 представлен случай, когда требуется замена кабеля от вводного РУ до РУ-9.

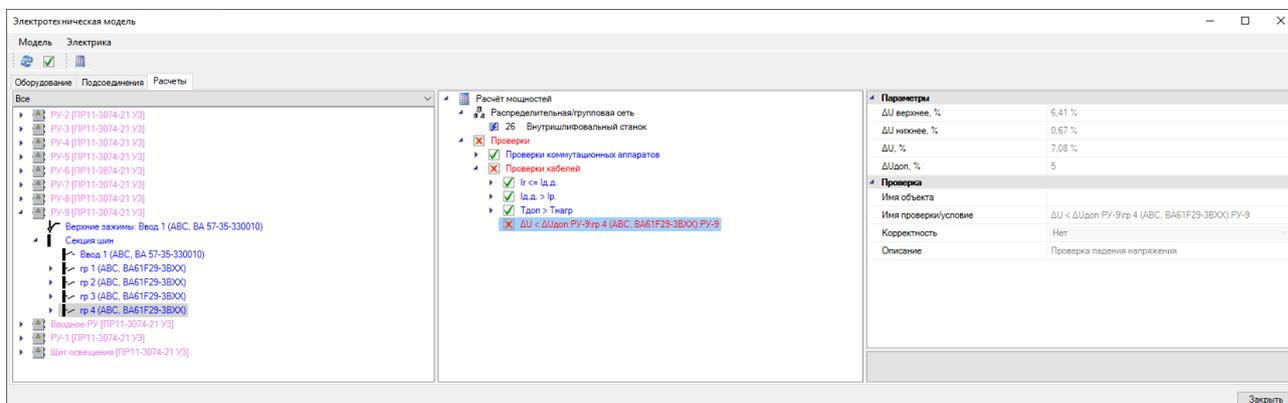


Рисунок 59 – Превышение допустимого падения напряжения на участке от вводного РУ до РУ-9

После окончания выбора коммутационных аппаратов можно провести комплексную проверку проекта при помощи инструмента «Мастер проверок». Учитывая, что данный проект носит учебный характер допускается наличие некоторых ошибок, связанных с недостаточным объемом базы данных программы и отсутствием некоторых вводных данных, а также других пунктов на усмотрение преподавателя.

Также в после завершения работ над проектом можно получить доступ к выходной документации через окно «Менеджер проекта». По умолчанию доступны: «Экспликация помещений», «Таблица групповых щитков», «Спецификация оборудования, изделий и материалов», «Кабельный журнал», «Результаты светотехнических расчетов», «Результаты электротехнических расчетов», «Расчет ТКЗ». Каждый документ для корректного отображения данных необходимо обновить перед открытием.

Выводы по 3 разделу

Разработчики позиционируют свое ПО как максимально дружелюбное к пользователю, благодаря традиционному интерфейсу и знакомым методам работы, аналогичным другим популярным САПР. Но эти утверждения актуальны только для тех, кто имеет хотя бы начальный опыт работы в подобных программах. Поэтому практическая часть данных методических указаний построена на принципе максимальной доступности и простоты освоения для возможности освоения студентами без опыта работы в современных САПР.

Практическая часть методических указаний представлена в виде 9 заданий с подробными указаниями и рекомендациями по их выполнению. Каждое задание представляет собой выполнение определенной части проекта электроснабжения цеха промышленного предприятия. Они включают в себя создание топологии цеха, проведение светотехнических расчетов, размещение и определение параметров силового оборудования и распределительных устройств, выбор места размещения кабеленесущих систем, прокладку кабелей, а также выбор и проверку коммутационных аппаратов. Результатом выполнения всех представленных заданий станет готовый проект электроснабжения с комплектом выходной документации.

Данное руководство позволит студентам при обучении по дисциплине «Электроснабжение потребителей и их режимы» освоить практические навыки создания проекта в системе автоматизированного проектирования nanoCAD Электро, тем самым получив ценный опыт в области проектирования с применением современных технологий.

Заключение

Платформа nanoCAD — это прекрасно проработанный САПР-комплекс со всеми необходимыми функциями, полезный самому широкому кругу пользователей и готовый развиваться в любом новом направлении. За 10 лет компании «Нанософт» удалось создать современную российскую систему автоматизированного проектирования мирового уровня, с огромным арсеналом возможностей и множеством направлений развития.

Широчайший набор дополнительных продуктов позволяет создать на базе nanoCAD удобный, технологичный и настроенный под российские стандарты инструмент проектирования для работы в любой отрасли, начиная от строительства и машиностроения, заканчивая электроэнергетикой и геологией.

Это является огромным преимуществом данного продукта в том числе и для высших учебных заведений России, так как предоставляет возможность, внедрением в образовательный процесс одного продукта, обеспечить инструментом для изучения возможностей САПР студентов самых разных инженерных специальностей. В том числе и в области электроэнергетики, позволяя создавать, например, проекты электроснабжения цехов промышленных предприятий или различных гражданских зданий средствами nanoCAD Электро.

Еще одним важнейшим преимуществом nanoCAD, особенно актуальным на данный момент, является то, что это полностью отечественная разработка. Это в свою очередь означает то, что стоимость продуктов компании «Нанософт» абсолютно не зависит от активно меняющегося курса валют. Кроме того, отечественный разработчик – это гарантия того, что продукт будет продолжать реализовываться и поддерживаться независимо от любых внешних ограничений, в отличие от аналогичного иностранного ПО, большинство разработчиков которого заявило о том, что прекращает поддержку своей продукции на территории Российской Федерации.

Методические указания по созданию проекта электроснабжения в nanoCAD Электро представлены в двух частях – теоретической и практической. Теоретическое руководство предоставляет знания необходимые для начала работ в данной САПР, а также подробную информацию о методах выбора различных параметров при использовании особенно сложных инструментов программы.

Краткая информация о каждом инструменте, представленном в nanoCAD Электро, дает возможность студентам познакомиться с функционалом и возможностями программы еще до начала работы в ней. Это позволит быстрее освоиться в достаточно сложном интерфейсе программного обеспечения и затратить меньше времени на этап ознакомления с новым продуктом.

Программный комплекс не предоставляет справочную информацию, которая необходима для правильного выбора данных параметров. Но благодаря представленным в данном разделе сведениям студентам не придется заниматься поиском дополнительных источников информации т.к. все необходимые данные уже приведены в данном руководстве, либо представлены ссылки на конкретные нормативные документы, регулирующие выбор определяемых параметров.

Разработчики позиционируют свое ПО как максимально дружелюбное к пользователю, благодаря традиционному интерфейсу и знакомым методам работы, аналогичным другим популярным САПР. Но эти утверждения актуальны только для тех, кто имеет хотя бы начальный опыт работы в подобных программах. Поэтому практическая часть данных методических указаний построена на принципе максимальной доступности и простоты освоения для возможности освоения студентами без опыта работы в современных САПР.

Практическая часть методических указаний представлена в виде 9 заданий с подробными указаниями и рекомендациями по их выполнению.

Каждое задание представляет собой выполнение определенной части проекта электроснабжения цеха промышленного предприятия. Они включают в себя создание топологии цеха, проведение светотехнических расчетов, размещение и определение параметров силового оборудования и распределительных устройств, выбор места размещения кабеленесущих систем, прокладку кабелей, а также выбор и проверку коммутационных аппаратов. Результатом выполнения всех представленных заданий станет готовый проект электроснабжения с комплектом выходной документации.

Данное руководство позволит студентам при обучении по дисциплине «Электроснабжение потребителей и их режимы» освоить практические навыки создания проекта в системе автоматизированного проектирования nanoCAD Электро, тем самым получив ценный опыт в области проектирования с применением современных технологий.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения: учебно-методическое пособие. Издательство ТГУ: Тольятти, 2016. 78 с.
2. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Системы электроснабжения: учебно-методическое пособие. Издательство ТГУ: Тольятти, 2015. 46 с.
3. ГОСТ 21354-87. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность. – Введ. 1989-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1993. – 129 с.
4. ГОСТ 16532-70. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии. – Введ. 1972-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1983. – 44 с.
5. ГОСТ Р 21.1101-2013. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации. – Введ. 2014-01-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 59 с.
6. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: учеб. пособие. Томский политехнический ун-т.: Томск, 2005. 168 с.
7. Кнорринг Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г.М. Кнорринг. – М.: Оникс, 2012. – 344 с.
8. Кононович А.С., Полазин А.О. Внедрение систем автоматизированного проектирования в образовательные программы высших учебных заведений. // Студенческие Дни науки в ТГУ – 2022: научно-практическая конференция: сборник студенческих работ. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2022. С 52-54.
9. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учеб. для вузов / Б.И. Кудрин. – М.: Интермет Инжиниринг, 2007. – 670 с.
10. Малюх В.Н. Введение в современные САПР: Курс лекций. М.: ДМК Пресс, 2010. 192 с.

11. Нестеренко Е.С. Основы систем автоматизированного проектирования: Электронный конспект лекций. Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет, 2013. – 56 с.
12. НТП ЭПП-94. Нормы технологического проектирования. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Тяжпромэлектропроект, 1994. – 67 с.
13. Полазин А.О., Кононович А.С., Новгородов В.Г. Эффективность использования САПР. // Студенческие Дни науки в ТГУ – 2022: научно-практическая конференция: сборник студенческих работ. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2022. С 85-87.
14. Полещук Н. Н. Путь к nanoCAD. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 365 с.
15. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – М.: Омега-Л, 2014. – 272 с.
16. Правила устройства электроустановок. Главы 1.1, 1.2, 1.7-1.9, 2.4, 2.5, 4.1, 4.2, 6.1-6.6, 7.1, 7.2, 7.5, 7.6, 7.10. - 7-е издание (по состоянию на 01.03.2007 г). - М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2007 год. – 504 с.
17. РТМ 36.18.32.4-92. Указания по расчету электрических нагрузок. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 1992. – 14 с.
18. Сенько В.В. Системы автоматизированного проектирования СЭС: Учебное пособие. Тольятти: ТГУ, 2011. – 44 с.
19. Смирнов В.А., Петрова Л.Н. Системы автоматизированного проектирования: учебное пособие. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013 – 34 с.
20. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – Введ. 2009-05-01. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 30 с.
21. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. – Введ. 2017-05-081. – М.: Минстрой России, 2016. – 102 с.

22. Сычев А.В. Основы систем автоматизированного проектирования в энергетике: Курс лекций. Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2008. - 117 с.
23. Чучалин А. И. Качество инженерного образования: Монография. - Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2011. – 123 с.
24. Atwa O. Practical Power System and Protective Relays Commissioning, 1st Edition. Academic Press, 2019. 420 p.
25. Kjartansdóttir B. I., Mordue S., Nowak P., Philp D., Thór J.S. Building information modelling (BIM). Warsaw: Civil Engineering Faculty of Warsaw University of Technology, 2017. 113 p.
26. Krieg T., Finn J. Substaions. CIGRE Green Books, 2019. 1091 p.
27. nanoCAD Электро. Продукты nanoCAD. [Электронный ресурс] URL: <https://www.nanocad.ru/products/nanocadelectro/> (дата обращения 16.10.2021)
28. nanoCAD Электро. Руководство пользователя. [Электронный ресурс] URL: <https://www.nanocad.ru/products/electro/download/> (дата обращения 15.11.2021)
29. Poljanšek M. Building Information Modelling (BIM) standardization. European Union: European Commission, 2017. 27 p.
30. Ungrad H., Winkler W., Wiszniewski A. Protection Techniques in Electrical Energy Systems, 1st Edition. CRC Press, 2019. 399 p.