

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Структурированные кабельные системы»
для студентов направления подготовки
11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
Направленность (профиль)
«Интеллектуальная обработка данных в инфокоммуникационных
системах и сетях»

Ставрополь 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Лабораторная работа 1. Исследование характера распространения сигналов в длинных линиях связи	4
Лабораторная работа 2. Исследование элементов конструкции симметричных кабелей связи.....	18
Лабораторная работа 3. Исследование коаксиальной линии связи	30
Лабораторная работа 4. Расчет параметров электромагнитных волн в коаксиальном кабеле	36
Лабораторная работа 5. Исследование волоконно-оптической линии связи	46
Лабораторная работа 6. Исследование технологии проектирования СКС на платформе папоCAD	53
Лабораторная работа 7. Проектирование СКС в среде папоCAD СКС	72
Лабораторная работа 8. Повышение надежности СКС с использованием резервирования и протокола STP	93
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	107

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Структурированные кабельные системы» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 Дисциплины (модули).

Цель освоения дисциплины: формирование у студентов профессиональных компетенций направленных на разработку, проектирование и применение структурированных кабельных систем телекоммуникационных сетей.

Задачи освоения дисциплины:

- 1) Систематизация фундаментальных знаний по теории электрических цепей и длинных линий, а также методов измерения их параметров.
- 2) Формирование системы знаний, умений и навыков по проведению всех видов расчетов параметров структурированных кабельных систем в том числе и с использованием специализированного программного обеспечения.
- 3) Формирование представлений по принципам построения и работы структурированных кабельных систем, выявлению и анализу преимуществ и недостатков вариантов проектных решений структурированных кабельных систем.
- 4) Приобретение первичных навыков по технологии выполнения работ по монтажу и настройке оборудования структурированных кабельных систем.

Дисциплина (модуль) построена по тематическому принципу, каждая тема представляет собой логически заверченный раздел.

Лабораторные работы проводятся с целью закрепления усвоенной информации, отработки технологических приемов, приобретения навыков ее применения при решении практических задач при проектировании и эксплуатации структурированных кабельных систем.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА РАСПРОСТРАНЕНИЯ СИГНАЛОВ В ДЛИННЫХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ

Цель работы:

- 1. Исследовать влияние различных неоднородностей на распространение сигналов в линиях связи**
- 2. Приобрести навыки исследования параметров двухпроводной линии передачи**

Учебные вопросы:

1. Закрепление теоретических сведений по вопросам лабораторной работы
 - 1.1 Основы теории длинных линий
 - 1.2 Падающая и отраженная волны
 - 1.3 Коэффициент отражения
2. Исследование характеристик длинных линий. Согласование нагрузки
 - 2.1 Описание лабораторной установки
 - 2.2 Порядок выполнения работы
3. Оформление и защита отчета

1.1 Основы теории длинных линий

Одним из важных элементов структурированных кабельных систем (СКС) являются линии передачи. Линия передачи (ЛП) - это устройство (направленная система) для передачи энергии электромагнитных колебаний от источника сигнала (генератора) к нагрузке. ЛП применяются в различных устройствах на частотах от нуля до соответствующих оптическому диапазону. Конструкция ЛП определяется как рабочим диапазоном частот, так и областью её применения.

Простейшая ЛП состоит из пары проводников, каждый из которых обладает определенным сопротивлением и вносит некоторое затухание (рисунок 1).

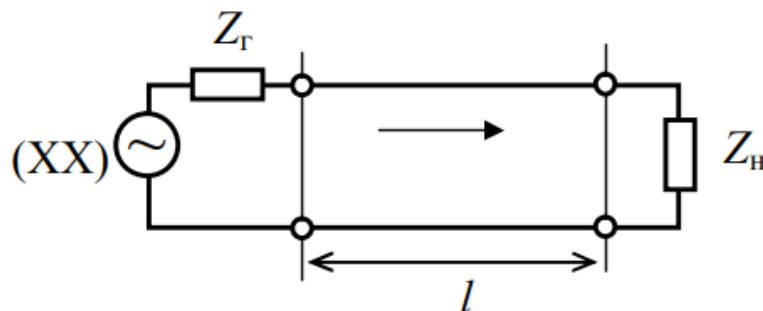


Рисунок 1- Общий вид ЛП

Примеры ЛП - двухпроводная ЛП (рис. 2,а), коаксиальный кабель (рис.2,б), отрезок микрополосковой ЛП (рис.2,в).

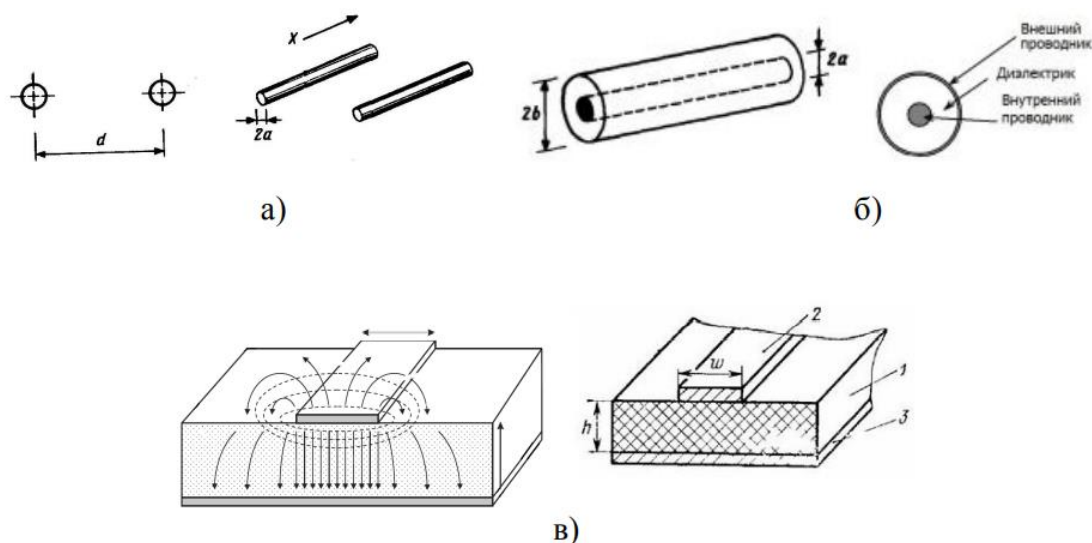


Рисунок 2- Вид ЛП: а) двухпроводная; б) коаксиальная; в) микрополосковая

Точный анализ ЛП можно выполнить на основе электромагнитного анализа, используя методы электродинамики. Однако часто возможен более простой анализ ЛП на основе общих методов теории цепей, если представить их как длинные линии, т.е. линии с распределенными по длине параметрами погонными сопротивлением, проводимостью, емкостью и индуктивностью. Таким образом, ЛП можно рассматривать как соединение бесконечно большого числа бесконечно малых сосредоточенных элементов - R , G , L и C . Длинная линия (ДЛ) - это идеализированное представление (модель) ЛП. На низких частотах ЛП можно рассматривать как обычные проводники. С повышением частоты сигнала необходимо учитывать волновые процессы, возникающие в ЛП.

ЛП можно рассматривать как длинную линию, если длина линии становится соизмеримой с длиной волны, распространяющегося сигнала: $l > (0,01...0,05 \lambda)$.

Понятие ДЛ относится как к СВЧ диапазону, так и к ЛП, работающим на низких частотах, например, линии передачи электроэнергии бытовой сети 220В 50Гц или полосковые проводники на печатной плате. Теория ДЛ дает удовлетворительную точность, если поперечные размеры ЛП значительно меньше длины волны сигнала, распространяющегося в ЛП.

Рассмотрим применение ЛП в СКС:

1) ЛП используются для построения направленных систем (фидеров), предназначенных для передачи энергии сигнала от источника к потребителю, например, для соединения антенны системы мобильной связи с радиопередающим оборудованием, соединения блоков телекоммуникационного оборудования между собой, соединения элементов компьютерной сети и т.д.

Математическое описание процессов, происходящих в ДЛ осуществляется с использованием телеграфных уравнений.

Рассмотрим телеграфные уравнения, которые определяют волновые процессы в ДЛ. Мы рассмотрим однородные регулярные ЛП - поперечное сечение ЛП и электромагнитные свойства заполняющей среды не изменяются вдоль ее длины. Линия возбуждается некоторым источником гармонического сигнала.

Вдоль ДЛ будет наблюдаться некоторое распределение напряжения и тока, которые будут зависеть от координаты x и времени t .

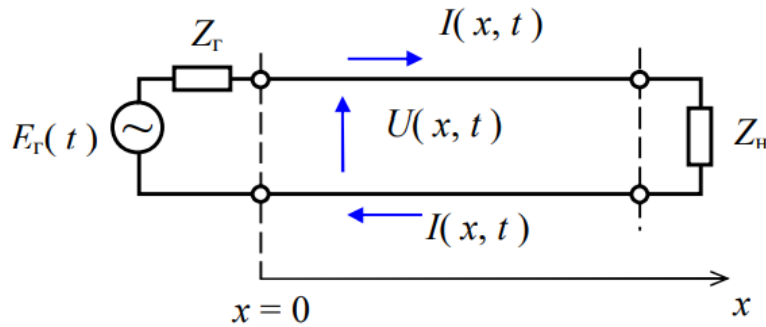


Рис. 3 – Распределение токов и напряжения в ДЛ

Для анализа воспользуемся символическим методом – представим синусоидальные колебания с помощью комплексных чисел.

Пусть есть гармоническое колебание с частотой ω :

$$u(t) = A \cos(\omega t + \varphi),$$

где A – амплитуда колебаний; φ – начальная фаза колебаний.

В символической формуле вводится понятие комплексной амплитуды сигнала U_m :

$$U_m = A e^{j\varphi} = |U_m| e^{j\varphi},$$

где $|U_m| = A$ – модуль U_m , $\varphi = \arg(U_m)$ – аргумент U_m .

Тогда $u(t)$ можно записать как

$$u(t) = \text{Re} [U_m e^{j\omega t}] = \text{Re} [|U_m| e^{j\omega t} e^{j\varphi}] = \text{Re} [|U_m| e^{j(\omega t + \varphi)}] = A \cos(\omega t + \varphi).$$

Для упрощения обозначений принято составлять символические уравнения не для амплитудных, а для действующих значений колебаний. Введем комплексные действующие значения колебаний

$$U_m = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} e^{j\varphi} = \frac{A}{\sqrt{2}} e^{j\varphi} = |U| e^{j\varphi}.$$

здесь $|U| = A / \sqrt{2}$ – модуль комплексного действующего значения, φ – фаза колебания.

$$\text{В этом случае } u(t) = \text{Re}[\sqrt{2} U e^{j\varphi}] = \text{Re}[A e^{j\varphi} \cdot e^{j\omega t}] = A \cos(\omega t + \varphi).$$

Разделим ДЛ на короткие отрезки путем сечений, расположенных на равном расстоянии Δx друг от друга (см. рис. 4), и заменим каждый отрезок секцией из сосредоточенных элементов. В результате получим искусственную ДЛ показанную на рис. 4. Здесь R_n , L_n , G_n , C_n – сопротивление, индуктивность, проводимость и емкость ДЛ на единицу длины, т.е. погонные параметры. Измеряются соответственно в Ом/м, Гн/м, См/м и Ф/м. Физический смысл этих элементов определяется на основе теории электромагнитного поля.

Получим уравнения, определяющие волновые процессы в ДЛ, они называются *телеграфными уравнениями*. Рассмотрим сосредоточенную модель элементарной секции ДЛ (рис. 4б). Имеем:

$$\Delta U = -I (R_n + j\omega L_n) \Delta x;$$

$$\Delta I = - (U + \Delta U) (G_n + j\omega C_n) \Delta x;$$

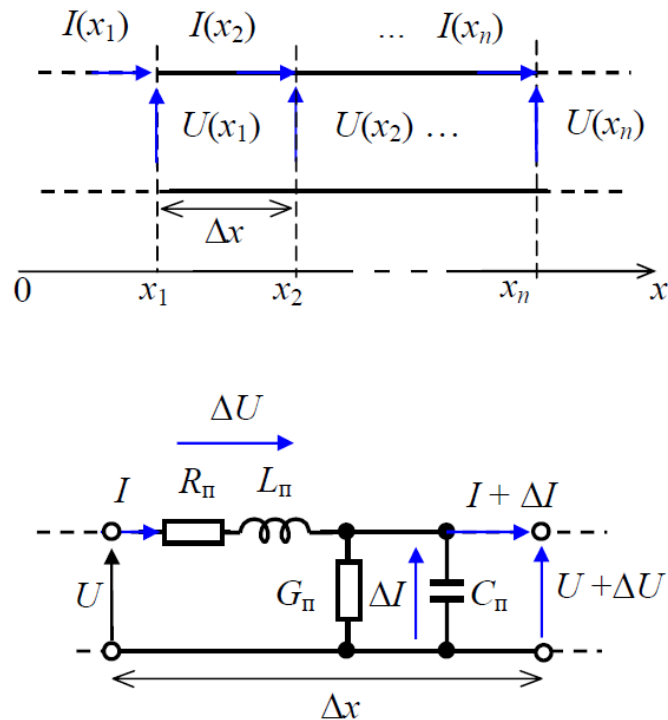


Рис. 4 – Сечение ДЛ на отрезки Δx (а) и элементарный отрезок ДЛ (б)

Найдем произвольные U и I по координате x (т.е. скорость изменения U и I вдоль линии) при условии $\Delta x \rightarrow 0$:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dU}{dx} &= -I(R_{\Pi} + j\omega L_{\Pi}) \\ \frac{dI}{dx} &= -U(G_{\Pi} + j\omega C_{\Pi}) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{d^2 U}{dx^2} &= -\frac{dI}{dx}(R_{\Pi} + j\omega L_{\Pi}) = U(R_{\Pi} + j\omega L_{\Pi})(G_{\Pi} + j\omega C_{\Pi}); \\ \frac{d^2 I}{dx^2} &= -\frac{dU}{dx}(G_{\Pi} + j\omega C_{\Pi}) = I(R_{\Pi} + j\omega L_{\Pi})(G_{\Pi} + j\omega C_{\Pi}); \\ \frac{d^2 U}{dx^2} &= \gamma^2 U; \quad \frac{d^2 I}{dx^2} = \gamma^2 I, \end{aligned} \quad (2)$$

где $\gamma = \sqrt{(R_{\Pi} + j\omega L_{\Pi})(G_{\Pi} + j\omega C_{\Pi})} = \alpha + j\beta$ – постоянная распространения ДЛ. Уравнение (2) – дифференциальное уравнение 2-го порядка с постоянными коэффициентами. Его общее решение имеет следующий вид:

$$U = A e^{-\gamma x} + B e^{\gamma x}, \quad (3)$$

где A и B – некоторые комплексные коэффициенты (постоянные интегрирования), которые можно найти, если задать некоторые граничные условия. Выражение для тока можно получить аналогичным образом из (2). Однако удобнее получить его через коэффициенты A и B , так как между U и I есть связь.

Из (1) и (3) получим:

$$\begin{aligned} I &= -\frac{1}{R_{\Pi} + j\omega L_{\Pi}} \frac{dU}{dx} = -\frac{1}{R_{\Pi} + j\omega L_{\Pi}} (-\gamma \cdot A e^{-\gamma x} + \gamma \cdot B e^{\gamma x}) = \\ &= \frac{\sqrt{(R_{\Pi} + j\omega L_{\Pi})(G_{\Pi} + j\omega C_{\Pi})}}{R_{\Pi} + j\omega L_{\Pi}} (A e^{-\gamma x} - B e^{\gamma x}) = \frac{(A e^{-\gamma x} - B e^{\gamma x})}{\sqrt{\frac{R_{\Pi} + j\omega L_{\Pi}}{G_{\Pi} + j\omega C_{\Pi}}}}. \end{aligned}$$

Обозначим $Z_{\epsilon} = \sqrt{\frac{R_{\Pi} + j\omega L_{\Pi}}{G_{\Pi} + j\omega C_{\Pi}}}$ – волновое сопротивление ДЛ. В результате получим телеграфное уравнение вида

$$I = \frac{A}{Z_{\epsilon}} e^{-\gamma x} - \frac{B}{Z_{\epsilon}} e^{\gamma x}. \quad (4)$$

1.2. Падающая и отраженные волны

Выполним анализ соотношений (3) и (4). Представим напряжение U и ток I как сумму двух слагаемых – падающих и отраженных напряжений и токов:

$$\left. \begin{aligned} U &= A e^{-\alpha x} e^{-j\beta x} + B e^{\alpha x} e^{j\beta x} = U_{\text{пад}} + U_{\text{отр}} \\ I &= \frac{A}{Z_e} e^{-\alpha x} e^{-j\beta x} - \frac{B}{Z_e} e^{\alpha x} e^{j\beta x} = I_{\text{пад}} - I_{\text{отр}} \end{aligned} \right\}$$

Для раскрытия физического смысла $U_{\text{пад}}$ и $U_{\text{отр}}$ получим временные зависимости этих величин.

Пусть $A = |A| e^{j\varphi_A}$, тогда $U_{\text{пад}} = A e^{-\alpha x} e^{-j\beta x} = |A| e^{-\alpha x} e^{-j\beta x} e^{j\varphi_A}$;

$$\begin{aligned} U_{\text{пад}}(t) &= \text{Re}[\sqrt{2} U_{\text{пад}} e^{j\omega t}] = \text{Re}[\sqrt{2} |A| e^{-\alpha x} e^{-j\beta x} e^{j\varphi_A} e^{j\omega t}] = \\ &= \sqrt{2} |A| e^{-\alpha x} \cdot \cos(\omega t - \beta x + \varphi_A). \end{aligned} \quad (5)$$

Аналогично для отраженной волны $B = |B| e^{j\varphi_B}$;

$$U_{\text{отр}} = B e^{\alpha x} e^{j\beta x} = |B| e^{\alpha x} e^{j\beta x} e^{j\varphi_B};$$

$$\begin{aligned} U_{\text{отр}}(t) &= \text{Re}[\sqrt{2} U_{\text{отр}} e^{j\omega t}] = \text{Re}[\sqrt{2} |B| e^{\alpha x} e^{j\beta x} e^{j\varphi_B} e^{j\omega t}] = \\ &= \sqrt{2} |B| e^{\alpha x} \cdot \cos(\omega t + \beta x + \varphi_B). \end{aligned} \quad (6)$$

Падающая волна. Из (5) получим, что для фиксированного значения времени $t = t_1$ напряжение $U_{\text{пад}}(x_1, t_1)$ можно рассматривать как функцию от координаты x , имеющую вид синусоиды, период колебаний которой зависит от величины β , а ее огибающая определяется множителем $\sqrt{2}|A|e^{-\alpha x}$. При $\alpha > 0$ - амплитуда колебаний уменьшается со временем, при $\alpha = 0$ - амплитуда колебаний остается постоянной. На рис. 5 показано распределение падающей волны в ДЛ вдоль оси x для фиксированного значения времени $t = t_1$.

При другом моменте времени $t_2 > t_1$ - синусоида «сдвигается» в направлении $+\infty$ вдоль оси x . Если рассматривать картину при непрерывном изменении времени - получим бегущую волну напряжения, которая распространяется в положительную сторону вдоль оси x (прямое направление). Она называется падающей (или прямой) волной напряжения. Итак, слагаемое $U_{\text{пад}}$ описывает падающую волну напряжения.

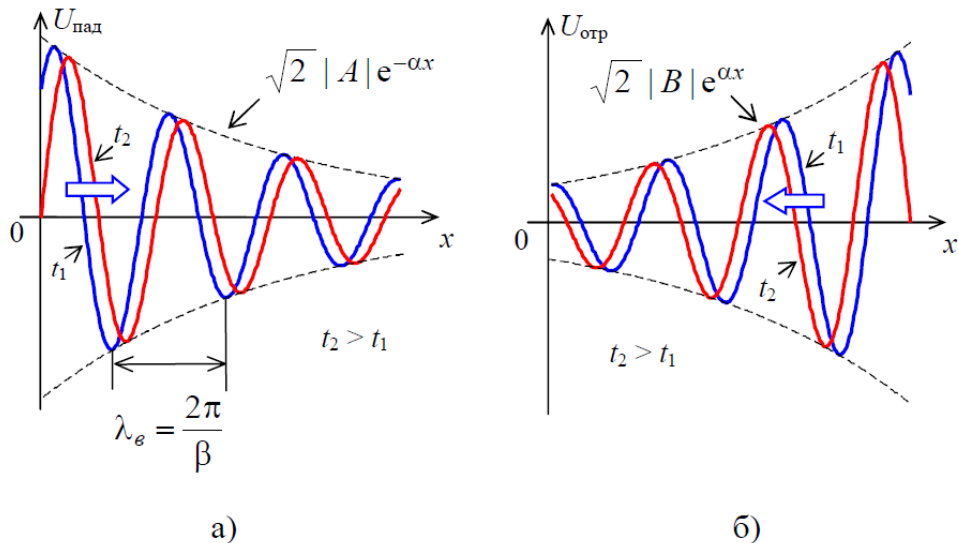


Рис. 5 - Падающая волна (а) и отраженная волна (б) напряжений

Отраженная волна. Выражение для $U_{отр}$ из (5) тоже описывает волну напряжения, но только амплитуда колебания возрастает с увеличением x , что соответствует распространению волны в противоположном (обратном) направлении (см. рис. 6).

Таким образом, $U_{отр}$ - бегущая волна напряжения, распространяющаяся в обратном направлении, называется отраженной (обратной) волной напряжения.

Итак, напряжение U в ДЛ в каждый момент времени t может быть представлено как сумма (суперпозиция, наложение) двух бегущих волн, распространяющихся в противоположных направлениях - падающей и отраженной. Такое представление наглядно и облегчает понимание процессов, проходящих в ДЛ. Можно привести физические аналогии распространению волн, например: а) распространение колебаний вдоль закрепленной на одном конце веревки; б) волны на воде - интерференция.

Такую же интерпретацию можно дать току I в ДЛ:

$$I = I_{пад} - I_{отр}, \text{ (для удобства здесь используем знак } - \text{)}$$

где $I_{пад}, I_{отр}$ - падающая и отраженная волны тока в ДЛ.

Найдем отношение $U_{пад} / I_{пад}$ и $U_{отр} / I_{отр}$ в любом сечении ДЛ (x).

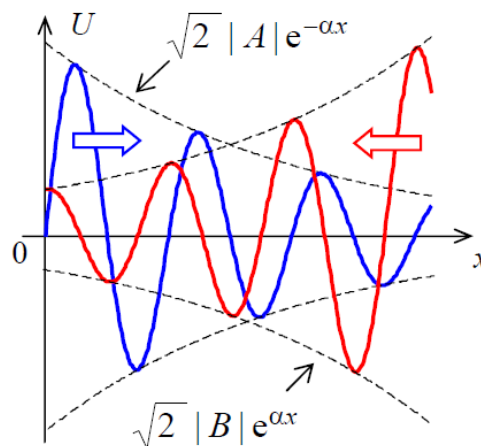


Рис. 6 – Суперпозиция падающей и отраженной волн напряжений в ДЛ

Используя (4), нетрудно получить, что

$$\frac{U_{пад}(x)}{I_{пад}(x)} = \frac{U_{отр}(x)}{I_{отр}(x)} = Z_{\epsilon} = \text{const}$$

не зависит от x и равно волновому сопротивлению ДЛ Z_{ϵ} . Из этого следствия

можно сделать следующие выводы:

- 1) отношение падающих (отраженных) волн напряжения и токов одинаково вдоль ДЛ;
- 2) при распространении падающая и отраженная волны «ощущают» («видят») сопротивление, равное волновому сопротивлению линии.
- 3) величины $U_{\text{пад}}$ и $I_{\text{пад}}$, $U_{\text{отр}}$ и $I_{\text{отр}}$ связаны между собой законом Ома:

$$I_{\text{пад}} = \frac{U_{\text{пад}}}{Z_{\text{е}}}; \quad I_{\text{отр}} = \frac{U_{\text{отр}}}{Z_{\text{е}}};$$

- 4) если сопротивление $Z_{\text{е}}$ вещественное, то волна $I_{\text{пад}}$ ($I_{\text{отр}}$) повторяют волны $U_{\text{пад}}$ ($U_{\text{отр}}$).

1.3. Коэффициент отражения

До сих пор мы рассматривали процессы в ДЛ, исходя из значений напряжений и токов (а также сопротивления ДЛ) действующих в линии, они имеют смысл эквивалентных параметров цепей, но их трудно измерить в диапазоне частот, используемых в современных инфокоммуникационных сетях. Поэтому вводят более удобный для применения в СКС параметры. Одним из широко применяющихся параметров ЛП является коэффициент отражения.

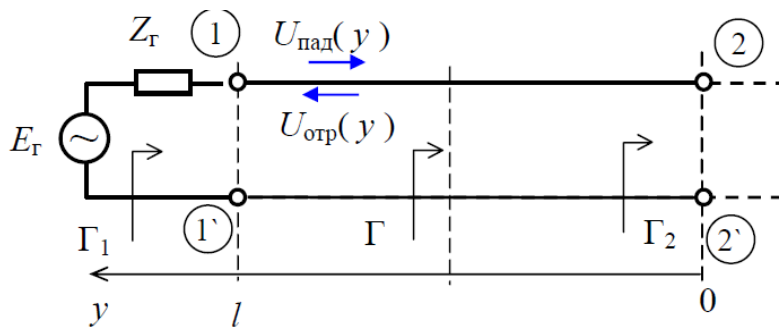


Рисунок 7 – Определение коэффициента отражения

Коэффициент отражения волны напряжения (по напряжению) определяется как $\Gamma_U = \frac{U_{\text{отр}}}{U_{\text{пад}}}$, т.е. представляет собой отношение действующего напряжения отраженной волны к действующему напряжению падающей волны.

Коэффициент отражения волны тока (по току): $\Gamma_I = \frac{I_{\text{отр}}}{I_{\text{пад}}} = \frac{U_{\text{отр}}/Z_{\text{е}}}{U_{\text{пад}}/Z_{\text{е}}} = \Gamma_U$. В ДЛ $\Gamma_U = \Gamma_I = \Gamma$, поэтому далее будем обозначать $\Gamma = \Gamma_U = \Gamma_I$.

Рассмотрим два характерных случая:

- 1) $|U_{\text{отр}}| = |U_{\text{пад}}|$ – в этом случае $|\Gamma| = 1$, что соответствует полному отражению;

2) $|U_{отр}| = 0$ – в этом случае $\Gamma = 0$, что соответствует полному поглощению падающей волны нагрузкой.

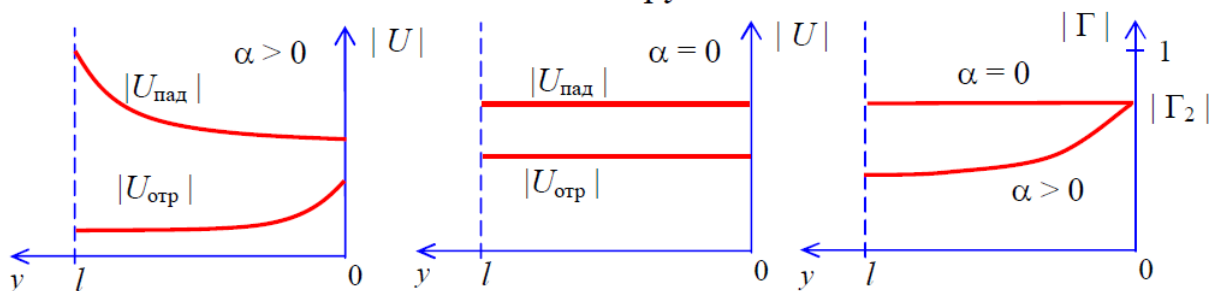


Рисунок 8 – Зависимость $|U|$ и $|\Gamma|$ от длины ДЛ

В ДЛ напряжения $U_{пад}$ и $U_{отр}$ зависят от координаты x (или y). Исследуем распределение значений Γ вдоль ДЛ. За опорное будем принимать значение Γ в конце отрезка ДЛ, поэтому используем вторую форму записи телеграфных уравнений.

$$U_{пад} = A' e^{\gamma y} = A' e^{\alpha y} e^{j\beta l};$$

$$U_{отр} = B' e^{-\gamma y} = B' e^{-\alpha y} e^{-j\beta l};$$

Имеем

$$\Gamma = \frac{U_{отр}}{U_{пад}} = \frac{A'}{B'} e^{-2\gamma y};$$

В сечении $y = 0$: $\Gamma = \frac{A'}{B'} = \Gamma_2$. Тогда $\Gamma = \Gamma_2 e^{-2\gamma y} = \Gamma_2 e^{-2\alpha y} e^{-2j\beta y}$.

Если $\alpha > 0$, то $|\Gamma| = |\Gamma_2| e^{-2\alpha y}$, т.е. при наличии потерь ($\alpha > 0$) $|\Gamma|$ убывает с удалением от конца отрезка линии.

Если $\alpha = 0$, то $|\Gamma| = |\Gamma_2| = \text{const}$, т.е. в идеальной ДЛ без потерь модуль коэффициента отражения одинаков в любом сечении линии.

Установим связь коэффициентов отражения в начале и в конце линии. В начале линии ($y = l$) $\Gamma = \Gamma_1$. Имеем: $\Gamma_1 = \Gamma_2 e^{-2\gamma l} = \Gamma_2 e^{-2\alpha l} e^{-2j\beta l}$. При отсутствии потерь ($\alpha = 0$): $\Gamma_1 = \Gamma_2 e^{-2j\beta l}$.

Рассмотрим для начала изменение модуля коэффициента отражения. При наличии потерь ($\alpha > 0$): $|\Gamma_1| = |\Gamma_2| e^{-2\alpha l}$, т.е. при удалении от конца отрезка ДЛ модуль коэффициента отражения убывает тем быстрее, чем больше коэффициент затухания α . При больших α или l $|\Gamma| \rightarrow 0$. Коэффициент в формуле для модуля коэффициента отражения равен $2\alpha l$, так как затухают обе волны и падающая $|U_{пад}|$ и отраженная $|U_{отр}|$.

Для идеальной ДЛ без потерь $\alpha = 0$ и $|\Gamma_1| = |\Gamma_2| = |\Gamma| = \text{const}$. При прохождении волны по ДЛ меняется не только амплитуда, но и фаза волны.

Соотношение сопротивления нагрузки и коэффициента отражения определяют основные режимы работы ДЛ (таблица 1).

Таблица 1 – Режимы ДЛ

№	Режим	Z_n	Γ_n	Примечание
1	Холостого хода	∞	1	Полное отражение
2	Короткого замыкания	0	-1	Полное отражение
3	Согласование	$Z_{\text{в}}$	0	Согласование в ДЛ
4	Активная нагрузка	$-Z_{\text{в}}$	∞	Случай активной нагрузки с отрицательным сопротивлением

В режиме согласованной нагрузки в идеальной ДЛ амплитуды напряжения и тока в любом сечении одинаковы. При изменении времени в ДЛ, мы видим результирующую волну напряжения, распространяющуюся в направлении нагрузки - так называемую бегущую волну. Отраженная волна отсутствует. При отсутствии потерь ($\alpha=0$) амплитуда волны постоянна.

Режим стоячих волн в идеальной ДЛ имеет место, когда $|U_{\text{отр}}| = |U_{\text{пад}}|$, т.е. когда в линии в противоположных направлениях распространяется две волны равных амплитуд. Это имеет место, когда модуль коэффициента отражения нагрузки равен единице, $|\Gamma_n|=1$. Это соответствует случаям короткого замыкания, холостого хода или чисто реактивной нагрузки, когда $\text{Re } Z_n = 0$, $Z_n = jX_n$.

На рисунке 9 показан вид колебаний ДЛ в режиме холостого хода.

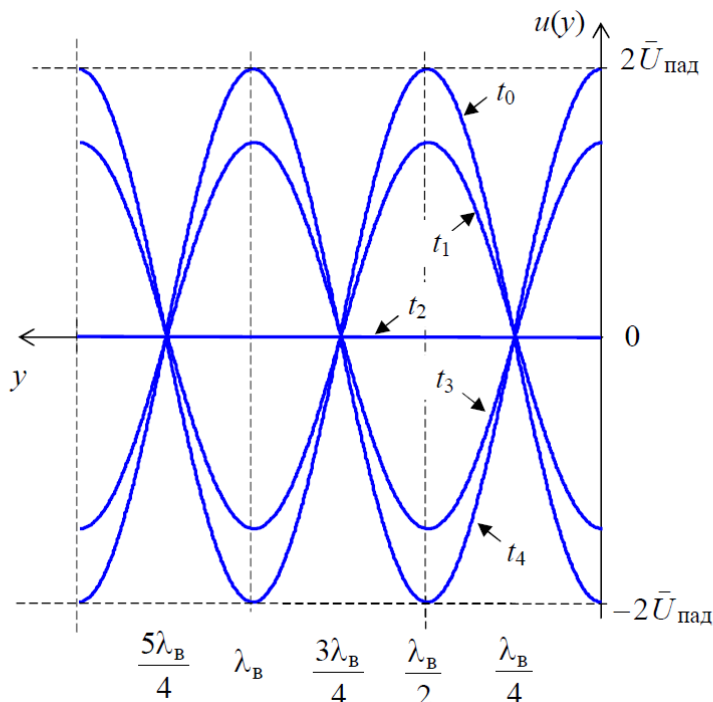


Рисунок 9 – Вид колебаний в ДЛ в режиме холостого хода

Из рисунка 9 видим, что волна напряжения при изменении времени не перемещается вдоль линии, а как бы «стоит». Отсюда название - «стоячая» волна. Фазовая скорость стоячей волны равна нулю, т.е. фаза колебания одна и та же для разных моментов времени.

Точки (сечения ДЛ), в которых амплитуда колебания равна нулю, называются узлами. Точки (сечения ДЛ), в которых амплитуда достигает своего максимального значения - называются пучности стоячей волны. Расстояние между соседними узлами (и соседними пучностями) равно $\lambda_v/2$. Расстояние между соседним узлом и пучностью равно $\lambda_v/4$.

В случае КЗ на конце линии картина будет аналогичной с учетом фазового сдвига на 180° .

2. Исследование характеристик длинной линии. Согласование нагрузок

2.1. Описание лабораторной установки

Оптимальная работа линий связи, максимальная передача энергии сигнала, минимальные искажения обеспечиваются при полном согласовании линии с нагрузкой, нагрузке линии на волновое сопротивление.

Однако обеспечить однородность линии связи на всем её протяжении достаточно сложно. Здесь сказываются технологические отклонения при изготовлении кабеля, повреждения возникающие в процессе эксплуатации. Возможны следующие дефекты линий связи, влияющие на распространение сигналов:

- неоднородность волнового сопротивления по длине кабеля;
- обрыв кабеля;
- короткое замыкание кабеля;
- замыкание с потерями (омическое);
- шунтирующая емкость.

На практике исправность и состояние линий связи периодически проверяют рефлектометрическим способом. Суть его заключается в зондировании линии связи коротким электромагнитным импульсом и изучении сигнала, вернувшегося из линии.

По виду отражения можно определить характер неоднородности, а по времени задержки расстояние до поврежденного участка.

1. Хорошо согласованный кабель не даст отражений



2. Отражение сигнала от точки с большим сопротивлением - (обрыв) имеет следующий вид. Полярность отраженного сигнала совпадает с полярностью зондирующего импульса



3. Отражение со сменой полярности соответствует короткому замыканию или малому сопротивлению неоднородности.

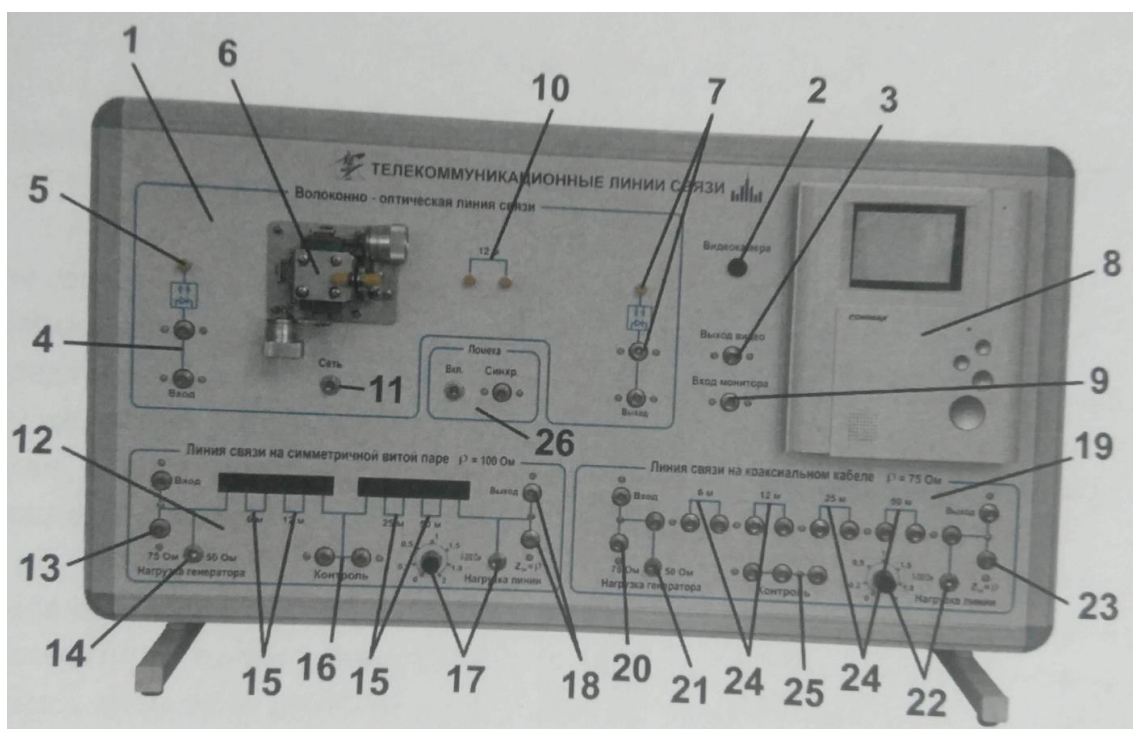
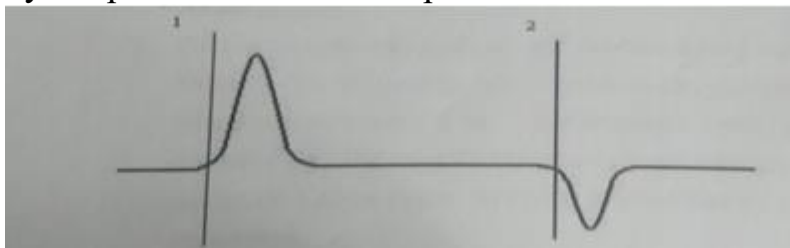


Рисунок 10- Внешний вид лабораторной установки

2.2. Порядок выполнения работы

С помощью коротких отрезков двухпроводных кабелей смоделируйте линию связи максимальной длины с отводом на контрольные разъемы 16 от середины линии.

С помощью соединительного коаксиального кабеля подключите выход генератора импульсных сигналов ко входу (12) (здесь и далее обозначение в соответствии с рисунком 10) двухпроводной линии связи.

Подключите Вход 1 осциллографа ко входу (13) двухпроводной линии связи.

Подключите Вход 2 осциллографа к выходу (18) линии связи.

Согласуйте выход генератора со входом линии связи, для этого установите тумблер 14 в положение равное выходному сопротивлению генератора.

Органами управления генератора установите амплитуду входного сигнала равную 2 В, длительность импульса порядка 0,1 мкс и частоту следования импульсов порядка 50 кГц.

Засинхронизируйте осциллограф по входу внешней синхронизации от генератора импульсных сигналов.

Изменяя с помощью регулятора (17) сопротивление нагрузки добейтесь наличия на Входе 1 небольшого импульса, отраженного от нагрузки, и заметьте его положение на экране осциллографа, измерьте величину задержки, затем переключите нагрузку на значение равное волновому. На Входе 2 осциллографа наблюдайте сигнал на выходе линии. Сравните задержку отраженного сигнала относительно сигнала на выходе линии. Объясните наблюдаемое.

Используя коаксиальный кабель с зажимами типа «крокодил» подключите к контрольному разъему (16) неоднородности:

- активная нагрузка 120 ом;
- активная нагрузка 22 ом;
- емкостная нагрузка 300 пф;
- короткое замыкание;
- обрыв (отключите короткий кабель на ответвление).

Наблюдайте сигналы на входе и выходе линии. Измеряйте амплитуду сигнала дошедшего до нагрузки. Зарисуйте осциллограммы отраженных сигналов. Объясните их изменения.

Заполните таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты исследования линии связи на симметричной витой паре, $\rho=100$ Ом

Сопротивление нагрузки	Нагрузка линии							
	ρ	0	0,2	0,5	1	1,5	1,8	2
R_H , Ом								
U, В								
$U_{отр}$, В								

Выполнить исследования линии связи в варианте короткого замыкания и обрыва линии на одном из участков.

Сделать выводы о характере отражений в разных вариантах.

3. Содержание отчёта

Отчёт по работе должен содержать:

1. Цель работы.

2. Результаты измерения амплитуды отраженного импульса и времени задержки
3. Осциллограммы отраженных сигналов
4. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Какие линии передачи являются регулярными?
2. Перечислите основные требования, предъявляемые к линиям передачи.
3. Назовите основные параметры регулярных линий передачи.
4. О чем свидетельствует наличие на входе линии связи отраженного сигнала с полярностью инверсной входному сигналу?
5. От каких параметров зависит предельная и допустимая мощности, передаваемые по коаксиальному кабелю.
6. От каких параметров коаксиального кабеля зависит его коэффициент затухания?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ СИММЕТРИЧНЫХ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ

Цель работы: Приобрести навыки расчета элементов конструкции симметричных кабелей и параметров

Учебные вопросы:

1. Расчет элементов конструкции симметричных кабелей связи
2. Первичные параметры передачи

1 Расчет элементов конструкции симметричных кабелей связи

1.1 Решение типовых задач

Геометрические размеры кабеля зависят от диаметра группы, образующей основополагающую единицу конструкции. В случае парной скрутки толщина, прибавляемая каждым повивом к диаметру кабеля, будет равна средней ширине пространства, занимаемого парой. И в то же время эта толщина не будет равна двойному диаметру изолированной жилы $2d_1$.

1. Выведем формулу для расчета толщины повива (диаметра группы) для парной скрутки (рисунок 1).

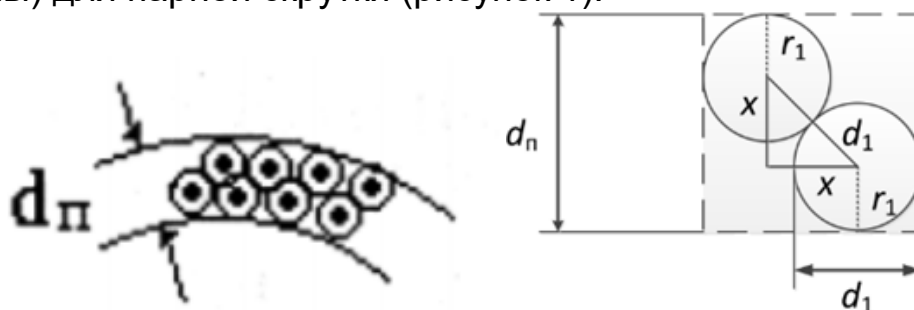


Рисунок 1 – Определение диаметра группы для парной скрутки

Толщину повива, состоящего из проводников парной скрутки d_n легко найти, определив катеты прямоугольного равнобедренного треугольника, гипотенузой которого является расстояние, равное диаметру изолированного проводника d_1 (см. рис. 1).

По теореме Пифагора (см. рис.1): $d_1^2 = x^2 + x^2 = 2x^2$. Откуда $x = \frac{d_1}{\sqrt{2}}$.

Диаметр парной скрутки:

$$d_n = 2r_1 + x = d_1 + x = d_1 + \frac{d_1}{\sqrt{2}} = d_1 \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 1,71 d_1.$$

2. Выведем формулу для расчета толщины повива (диаметра группы) для звездной скрутки.

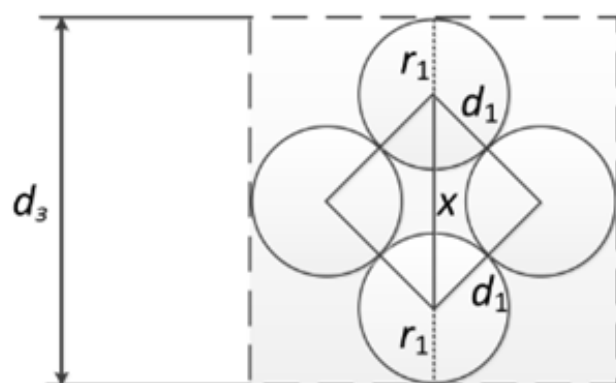


Рисунок 2

Толщину повива, состоящего из проводников парной скрутки d_n легко найти, определив гипотенузу прямоугольного равнобедренного треугольника, катетами которого являются расстояния, равные диаметру изолированного проводника d_1 .

По теореме Пифагора (см. рисунок 2): $x^2 = 2d_1^2$. Откуда $x = \sqrt{2} d_1$.

Диаметр звездной скрутки:

$$d_3 = 2r_1 + x = d_1 + x = d_1 + \sqrt{2}d_1 = d_1(1 + \sqrt{2}) = 2,41 d_1.$$

3. Во сколько раз отличается толщина повивов, состоящих из двух разных типов групп проводников, если в первом случае использована парная скрутка, во втором – звездная? На сколько изменится это соотношение в случае дополнительного обжима бумажной изоляции?

Используя данные, полученные в задачах 1 и 2, имеем:

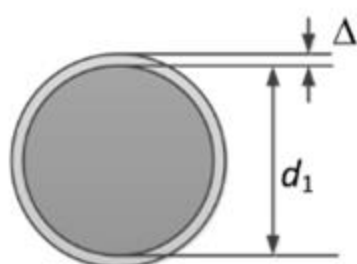
$$\frac{d_n}{d_3} = \frac{1,71 d_1}{2,41 d_1} = 0,71.$$

Таким образом, толщина повива, состоящего из проводников парной скрутки, будет в 0,71 раза меньше толщины повива звездной скрутки.

При дополнительном обжиме:

$$\frac{d_n}{d_3} = \frac{0,965 d_n}{0,909 d_3} = \frac{0,965}{0,909} \cdot 0,71 = 0,75.$$

При дополнительном обжиме толщина повива, состоящего из проводников парной скрутки, будет в 0,75 раз меньше толщины повива звездной скрутки.



4. На сколько процентов отличается длина проводников, используемых во втором и четвертом повивах кабеля ТГ 100х2х0,5. Шаг скрутки жил 100 мм.

Диаметр изолированного проводника:

$$d_1 = d + 2\Delta = 0,5 + 2 \cdot 0,05 = 0,6 \text{ мм.}$$

Диаметр группы (пары):

$$d_n = 1,71d_1 = 1,71 \cdot 0,6 = 1,026 \text{ мм.}$$

Диаметр центрального повива при $n=2$:

$$D = 1,026 \left[1 + \frac{1}{\sin \frac{180^\circ}{2}} \right] = 1,026 \left[1 + \frac{1}{\sin(90^\circ)} \right] = 1,026 \cdot 2 = 2,052 \text{ мм.}$$

Средние диаметры (диаметр окружности, проведенный через центры сечения групп соответствующих повивов):

- для 2 повива $D_2 = D + d_n = 2,052 + 1,026 = 3,078 \text{ мм};$
- для 4 повива $D_4 = D + 5d_n = 2,052 + 5 \cdot 1,026 = 7,182 \text{ мм.}$

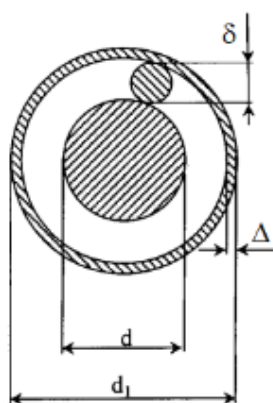
Коэффициенты укрутки проводников:

- для 2 повива: $\chi_2 = \sqrt{1 + \pi^2 \left(\frac{D_2}{h} \right)^2} = \sqrt{1 + 3,14^2 \left(\frac{3,078}{100} \right)^2} = 1,005 ;$
- для 4 повива $\chi_4 = \sqrt{1 + \pi^2 \left(\frac{D_4}{h} \right)^2} = \sqrt{1 + 3,14^2 \left(\frac{7,182}{100} \right)^2} = 1,025 .$

Длина скрученных жил в повивах по отношению к длине кабеля L :

- втором $L_2 = \chi_2 L = 1,005 \cdot L ;$
- четвертом $L_4 = \chi_4 L = 1,025 \cdot L .$

Длина жил в четвертом повиве превышает длину жил во втором повиве на $\frac{L_4}{L_2} = \frac{1,025 \cdot L}{1,005 \cdot L} \cdot 100\% = 101,99\% .$



5. Найти расстояния между центрами пар проводников, находящихся внутри четверки МКС-7х4х1,2. Определить диаметр звездной группы.

➤ **Указание:** парой проводников в четверке называются противоположно расположенные проводники внутри четверки.

Диаметр изолированной жилы:

$$d_1 = d + 2\delta + 2\Delta = 1,2 + 2 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,05 = 2,9 \text{ мм}.$$

Расстояние между парами соответствует величине x .

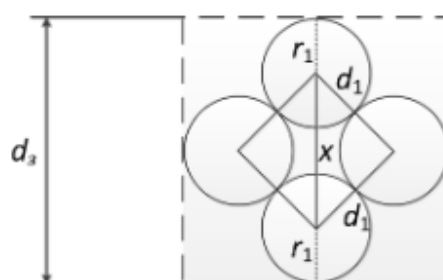
По теореме Пифагора: $x^2 = 2d_1^2$.

Откуда

$$x = \sqrt{2} d_1 = 1,41 \cdot d_1 = 4,09 \text{ мм}.$$

Диаметр звездной группы

$$d_3 = 2,41d_1 = 6,99 \text{ мм}.$$



1.2 Задачи для самостоятельного решения

1. Определить, сколько килограмм меди и свинца находятся в строительной длине кабеля ТГ 10х2х0,5.

2. Найти расстояние между центрами пары проводников, находящихся внутри четверки в кабеле с кордельно-бумажной изоляцией МКГ 4х4х1,2 и определить диаметр звездной группы.

3. Найти расстояние между центрами пары проводников, находящихся внутри четверки в кабеле с кордельно-бумажной изоляцией МКПГ 4х4х1,2 и определить диаметр звездной группы.

4. Найти расстояние между центрами пары проводников, находящихся внутри четверки в кабеле со сплошной полиэтиленовой изоляцией МКПВ 4х4х1,2 и определить диаметр звездной группы.

5. Найти расстояние между центрами пары проводников, находящихся внутри четверки в кабеле с пористо-полиэтиленовой изоляцией МКПП 1х4х1,2 и определить диаметр звездной группы.

6. На сколько процентов отличается расстояние между центрами пары проводников четверок кабелей МКПГ 4х4х1,2 и МКПГ 4х4х1,05?

2 Первичные параметры передачи

2.1 Решение типовых задач

1. Определить, насколько изменится сопротивление симметричной цепи в кабеле МКСГ 4х4х1,2, если в первом случае по

ней организован стандартный канал тональной частоты, во втором была использована система передачи К-60, в третьем случае – ИКМ-30. Расчеты проводить на верхних частотах передаваемых сигналов.

Диаметр изолированной жилы:

$$d_1 = d + 2\delta + 2 \cdot 2\Delta = 1,2 + 2 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,05 = 2,9 \text{ мм}.$$

Расстояние между центрами проводников:

$$a = \sqrt{2}d_1 = 1,41 \cdot 2,9 = 4,09 \text{ мм}.$$

Сопротивление проводника постоянному току:

$$R_0 = \frac{4000\rho}{\pi d^2} = \frac{4000 \cdot 0,0175}{3,14 \cdot (1,2)^2} = 15,48 \text{ Ом/км}.$$

Значения kr для заданных частот:

- ТЧ (4 кГц) $0,0105d\sqrt{f} = 0,0105 \cdot 1,2 \cdot \sqrt{4000} = 0,8$.
- К-60 (252 кГц) $0,0105d\sqrt{f} = 0,0105 \cdot 1,2 \cdot \sqrt{252000} = 6,3$.
- ИКМ-30 (2048 кГц) $0,0105d\sqrt{f} = 0,0105 \cdot 1,2 \cdot \sqrt{2048000} = 18,0$.

Значения функций $F(kr)$, $G(kr)$, $H(kr)$ для заданных частот:

- ТЧ: $F(kr)=0,002$; $G(kr)$, $H(kr)$ можно не рассчитывать, т.к. передача идет на низкой частоте.
- К-60: $F(kr)= 1,498$; $G(kr) = 0,985$; $H(kr) = 0,586$.

$$\text{- ИКМ-30: } F(kr) = \frac{\sqrt{2}kr-3}{4} = \frac{\sqrt{2} \cdot 18-3}{4} = 5,614;$$

$$G(kr) = \frac{\sqrt{2}kr-1}{8} = \frac{\sqrt{2} \cdot 18-1}{8} = 3,057;$$

$$H(kr) = \frac{1}{4} \left[\frac{3\sqrt{2}kr-5}{\sqrt{2}kr-1} - \frac{2\sqrt{2}}{kr} \right] = 0,25 \cdot \left[\frac{3\sqrt{2} \cdot 18-5}{\sqrt{2} \cdot 18-1} - \frac{2\sqrt{2}}{18} \right] = 0,69.$$

Сопротивление дополнительных потерь на вихревые токи в соседних проводах и металлической оболочке:

$$\text{- ТЧ: } R_M = R_{M200} \sqrt{\frac{f[\text{кГц}]}{200}} = (7,5 + 14) \sqrt{\frac{4}{200}} = 3,04 \text{ Ом/км}.$$

$$\text{- К-60: } R_M = R_{M200} \sqrt{\frac{f[\text{кГц}]}{200}} = (7,5 + 14) \sqrt{\frac{252}{200}} = 24,13 \text{ Ом/км}.$$

$$\text{- ИКМ-30: } R_M = R_{M200} \sqrt{\frac{f[\text{кГц}]}{200}} = (7,5 + 14) \sqrt{\frac{2048}{200}} = 68,8 \text{ Ом/км}.$$

Активное сопротивление цепи переменному току (коэффициент $p=5$)

- ТЧ: $R = 2R_0\chi[1 + F(kr)] + R_m = 2 \cdot 15,48 \cdot 1,02 \cdot [1 + 0,002] + 3,04 = 31,64 + 3,04 = 34,68 \text{ Ом/км};$

- К-60: $R = 2R_0\chi \left[1 + F(kr) + \frac{pG(kr)(d/a)^2}{1 - H(kr)(d/a)^2} \right] + R_m = 2 \cdot 15,48 \cdot 1,02 \times$
 $\times \left[1 + 1,498 + \frac{5 \cdot 0,985 \cdot \left(\frac{1,2}{4,09} \right)^2}{1 - 0,586 \cdot \left(\frac{1,2}{4,09} \right)^2} \right] + 24,13 = 92,98 + 24,13 = 117,11 \text{ Ом/км};$

- ИКМ-30 $R = 2R_0\chi \left[1 + F(kr) + \frac{pG(kr)(d/a)^2}{1 - H(kr)(d/a)^2} \right] + R_m = 2 \cdot 15,48 \cdot 1,02 \times$
 $\times \left[1 + 5,614 + \frac{5 \cdot 3,057 \cdot \left(\frac{1,2}{4,09} \right)^2}{1 - 0,69 \cdot \left(\frac{1,2}{4,09} \right)^2} \right] + 68,8 = 253,04 + 68,8 = 321,84 \text{ Ом/км}.$

Разница показателей:

- между ТЧ и К-60: $\Delta R = 117,11 - 34,68 = 82,43 \text{ Ом/км};$
- между К-60 и ИКМ-30: $\Delta R = 321,84 - 117,11 = 204,73 \text{ Ом/км};$
- между ТЧ и ИКМ-30: $\Delta R = 321,84 - 34,68 = 287,16 \text{ Ом/км}.$

2. Определить, во сколько раз уменьшится внутренняя индуктивность симметричной цепи в кабеле МКСГ 4х4х1,2, если в первом случае по ней организован один стандартный канал тональной частоты, а во втором случае была использована система передачи К-300. Чему будут при этом равны общие значения индуктивности данной симметричной цепи? Расчеты проводить на верхних частотах передаваемых сигналов.

Из решения задачи 1 имеем следующие параметры цепи: диаметр изолированной жилы: $d_1 = 2,9 \text{ мм}$; расстояние между центрами проводников $a = 4,09 \text{ мм}$.

Значения kr для заданных частот:

- ТЧ (4 кГц): $0,0105d\sqrt{f} = 0,0105 \cdot 1,2 \cdot \sqrt{4000} = 0,8$.
- К-300 (1300 кГц): $0,0105d\sqrt{f} = 0,0105 \cdot 1,2 \cdot \sqrt{1300000} = 14,37$.

Значение функции $Q(kr)$ для заданных частот:

- ТЧ: $Q(kr) = 0,999$.
- К-300 $Q(kr) = \frac{2\sqrt{2}}{kr} = \frac{2\sqrt{2}}{14,37} = 0,197$.

Внутренняя индуктивность на заданных частотах:

- ТЧ: $L_a = 0,5 \cdot \chi \cdot \mu_r Q(kr) \cdot 10^{-4} = 0,5 \cdot \chi \cdot 0,999 \cdot 10^{-4} \text{ Гн/км}$.
- К-300 $L_a = 0,5 \cdot \chi \cdot \mu_r Q(kr) \cdot 10^{-4} = 0,5 \cdot \chi \cdot 0,197 \cdot 10^{-4} \text{ Гн/км}$.

Отношение внутренних индуктивностей:

$$\frac{L_{a\text{ТЧ}}}{L_{a\text{К-300}}} = \frac{0,5 \cdot \chi \cdot 0,999 \cdot 10^{-4}}{0,5 \cdot \chi \cdot 0,197 \cdot 10^{-4}} = 5,071, \text{ т.е. внутренняя индуктивность на}$$

тональной частоте будет в 5,071 раз больше.

Индуктивность на двух частотах:

$$\begin{aligned} \text{- ТЧ: } L &= \chi \left[4 \ln \frac{a-r}{r} + \mu_r Q(kr) \right] \cdot 10^{-4} = 1,02 \cdot \left[4 \ln \frac{4,09 - \frac{1,2}{2}}{\frac{1,2}{2}} + 0,999 \right] \times \\ &\times 10^{-4} = 8,20 \cdot 10^{-4} = 0,820 \cdot 10^{-3} = 0,820 \text{ мГн/км}; \end{aligned}$$

$$\text{- К-300: } L = \chi \left[4 \ln \frac{a-r}{r} + \mu_r Q(kr) \right] \cdot 10^{-4} = 1,02 \cdot \left[4 \ln \frac{4,09 - \frac{1,2}{2}}{\frac{1,2}{2}} + 0,197 \right] \times$$

$$\times 10^{-4} = 0,739 \text{ мГн/км}.$$

3. Определить, насколько отличаются емкости идеальной и реальной симметричных цепей кабеля МКСГ 4х4х1,2, если их параметры совпадают.

Из решения задачи 1 имеем следующие параметры цепи: диаметр изолированной жилы: $d_1 = 2,9 \text{ мм}$; расстояние между центрами проводников $a = 4,09 \text{ мм}$.

Диаметр группы $d_3 = 2,41d_1 = 2,41 \cdot 2,9 = 6,99 \text{ мм}$.

Емкость	идеальной	цепи:
$C_{\text{ид}} = \frac{\pi \epsilon_a}{\ln \frac{a-r}{r}} = \frac{\epsilon_r \cdot 10^{-6}}{36 \ln \frac{a-r}{r}} = \frac{1,25 \cdot 10^{-6}}{36 \ln \frac{4,09 - 0,5 \cdot 1,2}{0,5 \cdot 1,2}} = 19,72 \text{ нФ/км}.$		

Поправочный коэффициент, характеризующий близость проводников звездной скрутки

$$\Psi_3 = \frac{(d_3 + d_1 - d)^2 - a^2}{(d_3 + d_1 - d)^2 + a^2} = \frac{(6,99 + 2,9 - 1,2)^2 - 4,09^2}{(6,99 + 2,9 - 1,2)^2 + 4,09^2} = 0,637.$$

Емкость реальной цепи:

$$C_{\text{рц}} = \frac{\chi \epsilon_r \cdot 10^{-6}}{36 \ln \left[\frac{a \Psi}{r} \right]} = \frac{1,02 \cdot 1,25 \cdot 10^{-6}}{36 \ln \left[\frac{4,09 \cdot 0,637}{0,5 \cdot 1,2} \right]} = 24,12 \text{ нФ/км}.$$

Разница емкостей $C_{\text{рц}} - C_{\text{ид}} = 24,12 - 19,72 = 4,4 \text{ нФ/км}$.

4. Определить, во сколько раз отличается проводимость изоляции симметричной пары в кабелях МКСГ 4х4х1,2 и МКГ 4х4х1,2. На кабелях работает система передачи К-60. Расчеты проводить на верхней и нижней частотах.

Рассчитаем параметры цепей.

МКСГ-4х4 (из задачи 1): диаметр изолированной жилы $d_1 = 2,9 \text{ мм}$; расстояние между центрами проводников $a = 4,09 \text{ мм}$; диаметр группы $d_3 = 6,99 \text{ мм}$; емкость $C = 24,12 \text{ нФ/км}$.

МКГ-4х4:

диаметр изолированной жилы:

$$d_1 = d + 2\delta + 2 \cdot 2\Delta = 1,2 + 2 \cdot 0,81 + 2 \cdot 2 \cdot 0,17 = 3,5 \text{ мм}.$$

Расстояние между центрами проводников

$$a = \sqrt{2}d_1 = 1,41 \cdot 3,5 = 4,94 \text{ мм}.$$

Диаметр группы $d_3 = 2,41d_1 = 2,41 \cdot 3,5 = 8,44 \text{ мм}.$

Поправочный коэффициент:

$$\Psi_3 = \frac{(d_3 + d_1 - d)^2 - a^2}{(d_3 + d_1 - d)^2 + a^2} = \frac{(8,44 + 3,5 - 1,2)^2 - 4,94^2}{(8,44 + 3,5 - 1,2)^2 + 4,94^2} = 0,651.$$

$$\text{Емкость: } C = \frac{\chi \varepsilon_r 10^{-6}}{36 \ln \left[\frac{a \Psi}{r} \right]} = \frac{1,02 \cdot 1,35 \cdot 10^{-6}}{36 \ln \left[\frac{4,94 \cdot 0,651}{0,5 \cdot 1,2} \right]} = 22,78 \text{ нФ/км}.$$

Значения $\text{tg}\delta$:

а) МКСГ

- нижняя частота (12кГц) $3 \cdot 10^{-4}$;
- верхняя частота (252 кГц) $12 \cdot 10^{-4}$;

б) МКГ

- нижняя частота (12кГц) $55 \cdot 10^{-4}$;
- верхняя частота (252 кГц) $160 \cdot 10^{-4}$.

Оба кабеля – магистральные. $R_{из} = 10\,000 \text{ МОм} \cdot \text{км}.$

Проводимость:

а) МКСГ

$$\text{- 12кГц: } G = \frac{1}{R_{из}} + \omega C \text{tg}\delta = \frac{1}{10000 \cdot 10^6} + 2 \cdot 3,14 \cdot 12 \cdot 10^3 \cdot 24,12 \cdot 10^{-9} \cdot 3 \times 10^{-4} = 0,55 \text{ мкСм/км};$$

$$\text{- 252 кГц: } G = \frac{1}{R_{из}} + \omega C \text{tg}\delta = \frac{1}{10000 \cdot 10^6} + 2 \cdot 3,14 \cdot 252 \cdot 10^3 \cdot 24,12 \cdot 10^{-9} \times 12 \cdot 10^{-4} = 45,81 \text{ мкСм/км};$$

б) МКГ

$$\text{- 12кГц: } G = \frac{1}{R_{из}} + \omega C \text{tg}\delta = \frac{1}{10000 \cdot 10^6} + 2 \cdot 3,14 \cdot 12 \cdot 10^3 \cdot 22,78 \cdot 10^{-9} \cdot 55 \times 10^{-4} = 9,44 \text{ мкСм/км};$$

$$\text{- 252 кГц: } G = \frac{1}{R_{из}} + \omega C \text{tg}\delta = \frac{1}{10000 \cdot 10^6} + 2 \cdot 3,14 \cdot 252 \cdot 10^3 \cdot 22,78 \cdot 10^{-9} \times 160 \cdot 10^{-4} = 576,81 \text{ мкСм/км}.$$

Отношение проводимостей:

$$\frac{G_{\text{МКГ } 12}}{G_{\text{МКСГ } 12}} = \frac{9,44}{0,55} = 17,16; \quad \frac{G_{\text{МКГ } 252}}{G_{\text{МКСГ } 252}} = \frac{576,81}{45,81} = 12,59.$$

2.2 Задачи для самостоятельного решения

1. Определить, насколько изменится сопротивление симметричной цепи в кабеле МКГ 4х4х1,2, если в первом случае по ней организован один стандартный канал тональной частоты, во втором использовалась система передачи КРР-30, в третьем случае - К-60. Расчеты проводить на верхних частотах.

2. Определить, насколько изменится сопротивление симметричной цепи в кабеле МКСГ 4х4х1,2, если в первом случае кабель находится в среде с температурой $t=20^{\circ}\text{C}$, во втором - $t=-30^{\circ}\text{C}$. По симметричной цепи работает система передачи К-60. Расчеты проводить на верхней и нижней частоте передаваемого сигнала.

3. Определить, во сколько раз изменится внутренняя индуктивность симметричной цепи в кабеле МКГ 4х4х1,2, если в первом случае по ней организован один стандартный канал тональной частоты, а во втором случае была использована система передачи К-60. Чему будут при этом равны общие значения индуктивности данной симметричной цепи? Расчеты проводить на верхних частотах передаваемых сигналов.

4. Определить, насколько отличаются емкости идеальной и реальной симметричных цепей кабеля МКГ 4х4х1,2, если их параметры совпадают.

5. Определить, во сколько раз отличается проводимость изоляции симметричной пары в кабелях МКГ 1х4х1,05 и МКГ 1х4х1,2. На кабелях работает система передачи К-60. Расчеты проводить на верхней частоте.

6. Определить, чему равны и во сколько раз отличаются сопротивления симметричных цепей первого и второго повива кабеля МКПГ 7х4х1,05. На кабелях работает система передачи К-60. Расчеты проводить на верхней частоте.

7. Определить, чему равны и во сколько раз отличаются сопротивления симметричных цепей первого и второго повива в кабелях МКПГ 7х4х1,05 и МКПА 7х4х1,05 соответственно. На кабелях работает система передачи КАМА. Расчеты проводить на верхней частоте системы передачи.

Оформление и защита отчета

1. Отчет оформляется в тетради лабораторных работ по дисциплине.
2. Отчет должен содержать примеры решения типовых задачи решенные самостоятельно задачи, определенные преподавателем по вариантам (таблица 1).

Таблица 1 – Варианты индивидуальных заданий

Номер вари- анта	Задачи п. 1	Задачи п. 2	Номер вари- анта	Задачи п. 1	Задачи п. 2
1	1,6	1,4	8	2,6	7,3
2	2,5	2,5	9	3,5	6,4
3	3,1	3,6	10	4,1	5,6
4	4,2	4,7	11	5,2	4,2
5	5,3	5,3	12	6,3	3,1
6	6,4	6,2	13	1,2	2,7
7	1,5	7,1	14	2,3	1,6

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 ИССЛЕДОВАНИЕ КОАКСИАЛЬНОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ

Цель работы:

1. Приобрести навыки расчета конструкции коаксиальной линии передачи.
2. Приобрести навыки исследования параметров в коаксиальной линии передачи.

Содержание работы:

1. Расчет параметров конструкции коаксиальной линии передачи. данные приведены в таблице ПЗ.
2. Исследование коэффициента затухания в коаксиальных кабелях в зависимости от их длины.
3. Исследование согласованности сопротивления нагрузки и кабеля

1. Расчет конструкции коаксиальной линии передачи

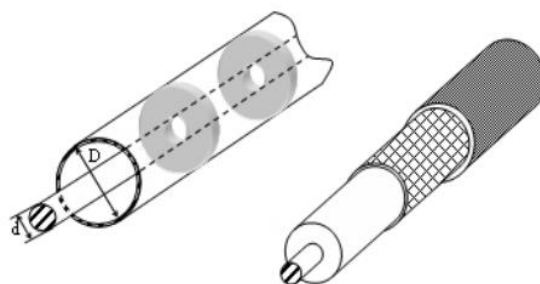


Рисунок 1- Коаксиальные линии передачи

1 Волновое сопротивление в коаксиальной ЛП

$$W_n = 138 \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \lg \left(\frac{D}{d} \right), \text{ Ом}$$

где μ и ϵ – относительные магнитная и диэлектрическая проницаемости диэлектрика, заполняющего коаксиальную ЛП, D – внутренний диаметр металлической оплетки; d – диаметр центральной жилы.

2. Длина волны в коаксиальной ЛП

$$\Lambda = \lambda / \sqrt{\epsilon \mu},$$

где λ – длина волны в свободном пространстве.

3. Коэффициент затухания в коаксиальной ЛП обусловлен потерями в проводниках α_R , дБ/м и диэлектрике α_ϵ , дБ/м

$$\alpha = \alpha_R + \alpha_\epsilon.$$

Коэффициент затухания в медных проводниках

$$\alpha_R = \frac{1,898 \cdot 10^{-8} \sqrt{\epsilon f}}{\lg(D/d)} \left(\frac{1}{D} + \frac{1}{d} \right)$$

Коэффициент затухания в диэлектрике

$$\alpha_\epsilon = 9 \cdot 10^{-11} \cdot f \sqrt{\epsilon} \cdot \operatorname{tg} \delta$$

где $\operatorname{tg} \delta = \gamma / \omega \epsilon$ – тангенс угла потерь, γ – проводимость среды, f – частота сигнала.

4. Предельная и допустимая мощности, передаваемые по коаксиальному кабелю

$$P_{\text{пр}} = \frac{E_{\text{пр}}^2 \sqrt{\epsilon} d^2}{480} \ln \frac{D}{d},$$

$$P_{\text{доп}} \approx 0,3 \cdot P_{\text{пр}},$$

где $E_{\text{пр}}$, В/м – пробивное напряжение коаксиального кабеля.

5. Выбор волнового сопротивления в коаксиальной ЛП

Коэффициент затухания в проводнике зависит как от электрических свойств проводника и длины волны, так и от соотношения D/d , т.е. от геометрических размеров. Анализ показывает, что при $D/d = 3,6$ достигается минимум коэффициента затухания коаксиальной ЛП, что соответствует волновому сопротивлению $W_{\text{л}} = 77$ Ом в линии с воздушным заполнением. В то же время для передачи по коаксиальному фидеру большой мощности необходимо соблюдение условия $D/d = 1,65$, что соответствует волновому сопротивлению $W_{\text{л}} = 50$ Ом в линии с воздушным заполнением.

Таким образом, для передачи по коаксиальной ЛП электромагнитных колебаний большой мощности необходимо соблюдение условия $D/d = 1,5 \dots 3$, если же за критерий выбора коаксиальной ЛП принять минимум потерь, то $D/d = 3 \dots 6$.

Поэтому в настоящее время промышленность выпускает коаксиальные фидеры со стандартными значениями волновых сопротивлений:

$W_{\text{л}} = 50$ Ом, для применения в трактах передачи большой мощности (от передатчика к антенне);

$W_{\text{д}} = 75 \text{ Ом}$, если основным параметром фидера является минимум потерь (от антенны к приемнику).

При расчете параметров коаксиальной линии передачи, диаметр центральной жилы выбирать не менее 0,1 мм.

2. Исследование коэффициента затухания в коаксиальных кабелях

2.1. Описание лабораторной установки

В состав лабораторной установки входят следующие основные элементы:

1. Генератор высокой частоты.
2. Лабораторный стенд «Телекоммуникационные линии связи».
3. Двухлучевой осциллограф.
4. Линия связи на коаксиальном кабеле РК 75-2-13.

Схема лабораторной установки приведена на рисунке 2.

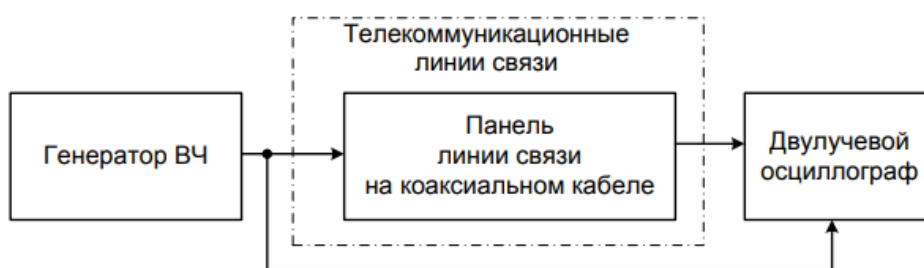


Рисунок 2 – Схема лабораторной установки

2.2. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с лабораторной установкой по исследованию коэффициента затухания в коаксиальных кабелях.

2. Подготовить к работе генератор ВЧ и двухлучевой осциллограф.

3. С помощью коротких коаксиальных кабелей смоделируйте коаксиальную линию связи максимальной длины 100 метров и нагрузите её на волновое сопротивление.

4. Подключите Вход 1 осциллографа ко входу линии, а Вход 2 к её выходу. Для измерения амплитуды сигнала можно использовать также высокочастотный вольтметр.

5. На вход линии подключите генератор гармонического сигнала с частотой 0,5 МГц и амплитудой 1 В.

6. Измерьте амплитуду сигнала на выходе, результат занесите в таблицу 1.

Проделайте то же на частотах 1,2,3,4,5,8,10,12,13,14,15,20 МГц.

7. Рассчитать коэффициент затухания коаксиального кабеля α , dB

$$\alpha = 20 \lg U_{\text{вых}} / U_{\text{вх}}$$

Занесите в таблицу значения затухания сигнала в линии связи на этих частотах в децибелах.

Рассчитать коэффициент затухания коаксиального на 1м α , дБ/м для частоты 10 МГц.

$$\alpha, \text{дБ/м} = \alpha / 100 .$$

Сравните результат с паспортными данными на кабель.

Определите полосу пропускания линии связи по уровню 3 дБ и 1дБ.

Таблица 1

Частота, МГц	0,5	1	2	3	4	5	8	10	11	12	13	14	15	20
$U_{\text{вых}}, \text{В}$														
$U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$														
$\alpha, \text{дБ}$														

Изобразите график зависимости коэффициента затухания от частоты.

3. Исследование влияния согласованности нагрузки на форму и параметры сигнала

С помощью коротких коаксиальных кабелей смоделируйте коаксиальную линию связи максимальной длины с отводом на контрольные разъемы 25 от середины линии (рисунок 3).

С помощью соединительного коаксиального кабеля подключите выход генератора импульсных сигналов ко входу (20) (здесь и далее обозначение в соответствии с рисунком 1) коаксиальной линии связи.

Подключите Вход 1 осциллографа ко входу (20) коаксиальной линии связи.

Подключите Вход 2 осциллографа к выходу (23) линии связи.

Согласуйте выход генератора со входом линии связи, для этого установите тумблер 21 в положение равное выходному сопротивлению генератора.

Органами управления генератора установите амплитуду входного сигнала равную 2 В, длительность импульса порядка 0,1 мкс и частоту следования импульсов порядка 50 кГц.

Засинхронизируйте осциллограф по входу внешней синхронизации от генератора импульсных сигналов.

Изменяя с помощью регулятора (22) сопротивление нагрузки добейтесь наличия на Входе 1 небольшого импульса отраженного от нагрузки, и заметьте его положение на экране осциллографа, измерьте величину задержки, затем

переключите нагрузку на значение равное волновому. На Входе 2 осциллографа наблюдайте сигнал на выходе линии. Сравните задержку отраженного сигнала относительно сигнала на выходе линии. Объясните наблюдаемое.

Используя коаксиальный кабель с зажимами типа «крокодил» подключите к контрольному разъему (25) неоднородности:

- активная нагрузка 120 ом;
- активная нагрузка 22 ом;
- емкостная нагрузка 300 пф;
- короткое замыкание;
- обрыв (отключите короткий кабель на ответвление).

Наблюдайте сигналы на входе и выходе линии. Измеряйте амплитуду сигнала дошедшего до нагрузки. Зарисуйте осциллограммы отраженных сигналов. Объясните их изменения.

Заполните таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты исследования линии связи на коаксиальном кабеле, $\rho=75$ Ом

Сопротивление нагрузки	Нагрузка линии							
	ρ	0	0,2	0,5	1	1,5	1,8	2
R_H , Ом								
U, В								
$U_{отр}$, В								

Выполнить исследования линии связи в варианте короткого замыкания и обрыва линии на одном из участков.

Сделать выводы о характере отражений в разных вариантах.

4. Содержание отчёта

Отчёт по работе должен содержать:

1. Цель работы.
2. Алгоритм расчета конструкции коаксиального кабеля.
3. Результаты расчета конструкции коаксиального кабеля
4. Схему лабораторной установки.
5. Результаты измерений и вычислений (таблица 1).
6. График зависимости α от частоты. На графике выделить полосу пропускания на уровне 3 дБ и 1 дБ.
5. Выводы по работе.

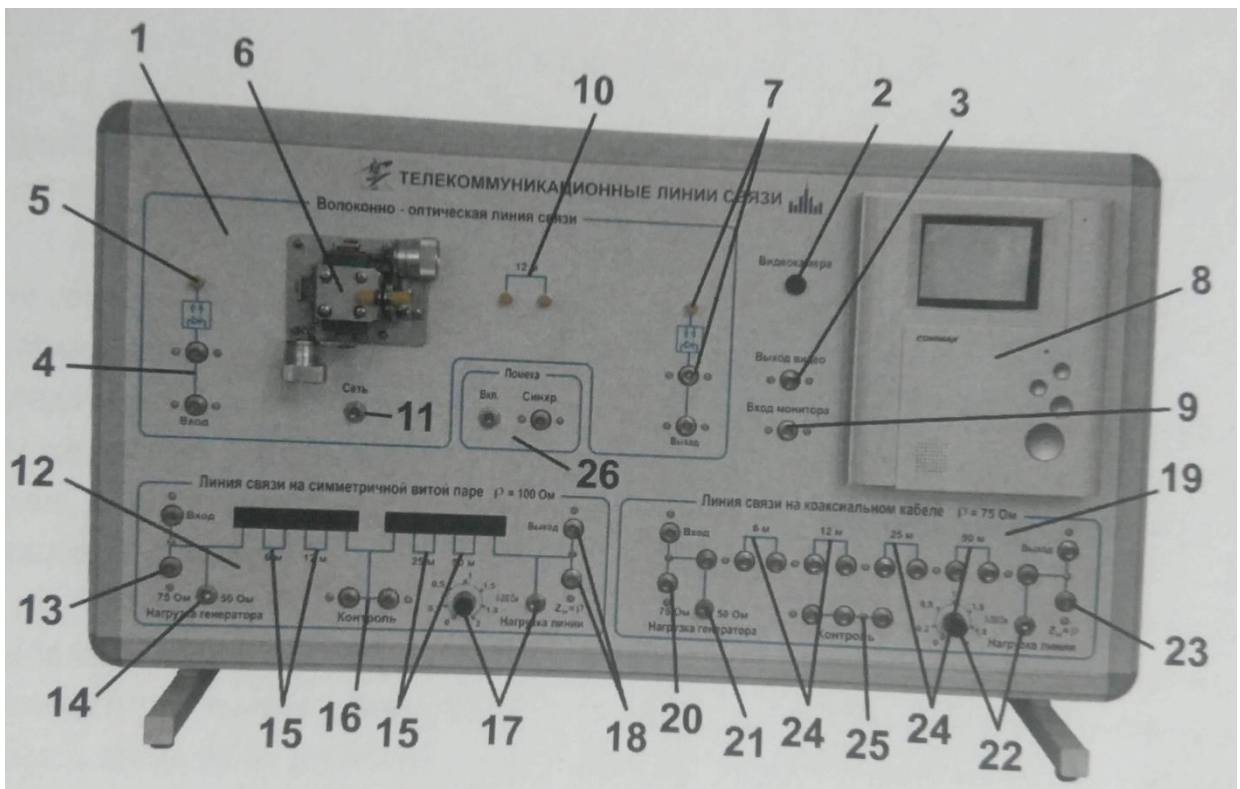


Рисунок 3- Коаксиальные линии передачи

6. Контрольные вопросы

1. Какие линии передачи являются регулярными?
2. Перечислите основные требования, предъявляемые к линиям передачи.
3. Назовите основные параметры регулярных линий передачи.
4. Как маркируются коаксиальные кабели?
5. От чего зависит выходная мощность сигнала на выходе линии передачи?
6. Влияние материала проводов на параметры коаксиальной линии передачи.
7. Влияние материала диэлектрика на параметры коаксиальной линии передачи.
8. От каких параметров зависит предельная и допустимая мощности, передаваемые по коаксиальному кабелю.
9. От каких параметров коаксиального кабеля зависит его коэффициент затухания?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В КОАКСИАЛЬНОМ КАБЕЛЕ

Цель работы: Приобрести навыки расчета параметров электромагнитных волн в коаксиальных кабелях. Исследовать методику расчета на различных наборах исходных данных

Учебные вопросы:

1. Общие теоретические сведения
2. Методика расчета параметров электромагнитных волн в коаксиальных кабелях
3. Выполнение расчетов по индивидуальным вариантам исходных данных
4. Оформление и защита отчета

1. Общие теоретические сведения

1.1 Назначение, достоинства и недостатки коаксиальных линий передачи

Коаксиальная линия передачи (часто используется термин «коаксиальный кабель») представляет собой два металлических проводника цилиндрической формы, расположенных один внутри другого так, что их оси совпадают. Пространство между ними заполнено изолирующим диэлектриком. Внешний проводник окружен непроводящей оболочкой, обеспечивающей защиту от воздействия окружающей среды. Основными достоинствами коаксиальной линии являются следующие:

- отсутствие потерь на вихревые токи и джоулево тепло в окружающих металлических частях;
- минимальное мешающее влияние коаксиальной линии на соседние цепи и малая подверженность помехам извне;
- возможность передачи широкого спектра частот сигналов.

К недостаткам можно отнести малую защищенность от помех в области нижних частот (до 60 кГц).

Электромагнитное поле в коаксиальной линии заключено в пространстве между центральным и внешним проводниками. При передаче по коаксиальному кабелю высокочастотной энергии по проводникам текут переменные токи, которые благодаря скин-эффекту сосредоточены в тонком слое металла (единицы микрометров), причем толщина этого слоя уменьшается с ростом частоты сигнала. Ток, возбуждаемый источником сигнала, протекает по внутренней поверхности оплетки. Токи, создаваемые внешними источниками (помехи), протекают по наружной поверхности оплетки.

Параметрами, характеризующими геометрию коаксиального кабеля, являются:

- диаметр центрального проводника;
- внутренний диаметр оболочки (оплетки);
- наружный диаметр защитной термопластовой оболочки.

Коаксиальные кабели, предназначенные для работы в СВЧ диапазоне, называются еще радиочастотными кабелями.

По ГОСТ 11.326.0–71 радиочастотные кабели разделяются на три типа:

1. **РК** – радиочастотные коаксиальные кабели,
2. **РС** – радиочастотные кабели со спиральными проводниками, центральный проводник у них имеет вид проволочной металлической спирали,
3. **РД** – радиочастотные симметричные кабели, двухжильные или из двух коаксиальных пар.

Последние два вида применяются сравнительно редко.

Для кабелей РК установлены следующие номинальные значения волновых сопротивлений $Z_{\text{в}}$: 50, 75, 100, 150, 200 Ом. Наиболее применяются кабели с $Z_{\text{в}}$ равным 50 и 75 Ом.

1.2 Конструкция коаксиального кабеля

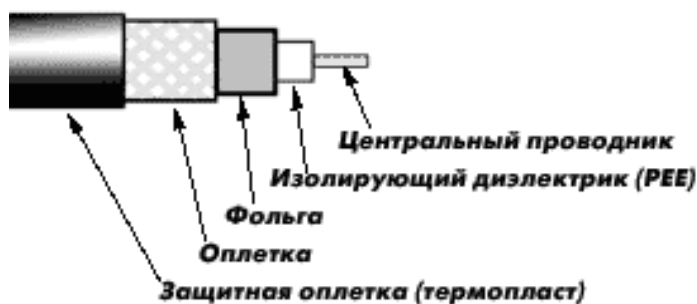


Рис. 1

На рисунке показано устройство коаксиального кабеля. Он состоит из четырех основных элементов:

1. Центральный проводник,
2. Внутренний диэлектрик,
3. Экран,
4. Оболочка.

1. Центральный проводник

Центральный проводник кабеля предназначен для передачи сигнала из одной точки в другую. Его делают из материалов, хорошо проводящих электрический сигнал. Обычно используется медь, которая подходит для этих целей по своим электрическим, механическим и стоимостным параметрам. Другие материалы также могут применяться в каких-то специальных целях. К ним

можно отнести алюминий, серебро и золото. Центральный проводник может быть как одножильный, так и многожильный.

2. Внутренний диэлектрик

Внутренний диэлектрик, называемый также внутренней изоляцией кабеля, выполняет в коаксиальных кабелях важную роль. Прежде всего, это материал, который изолирует центральный проводник от экрана.

Обычно в кабелях общего назначения используется полиэтилен, а для производства негорючих кабелей фторсодержащие полимеры.

Вообще, материал диэлектрика играет огромную роль, влияя на электрические и эксплуатационные свойства кабеля. Дешевые кабели имеют диэлектрик из твердого полиэтилена. Более серьезный производитель использует вспененный полиэтилен, который обеспечивает более низкое затухание сигнала в кабеле на высоких частотах.

3. Экран

Экран выполняет две важных роли. Он работает как второй проводник, подключенный к общему заземляющему проводу оборудования. В то же время он экранирует центральный проводник от посторонних излучений. Существуют различные методы экранировки для кабелей, выполняющих различные задачи. Это экран из фольги, плетеный экран и комбинации из фольги и оплетки.

Оплетка – экран, который изготавливается из множества тонких проводников, сплетенных в виде сетки, охватывающей центральный проводник с внутренним диэлектриком. Оплетка обычно обладает меньшим сопротивлением, чем фольга и обладает лучшей устойчивостью к постороннему электромагнитному полю и электромагнитным наводкам. Наводки могут иметь различный характер и происхождение. Это могут быть низкочастотные наводки (например, от промышленной сети питания), так и высокочастотные (ВЧ шум от работы электронных приборов и при искрении электрических машин). Оплетка может сочетаться с другими видами экранов, например, с алюминиевой или медной фольгой для обеспечения необходимого процента экранировки.

Фольга – может обеспечить до 100% экранировки в сочетании с оплеткой. Учитывая, что оплетка может обеспечить эффективность экранировки до 90%, чтобы получить 100% необходимо две оплетки, что существенно увеличивает стоимость кабеля, его вес и ухудшает гибкость. Гораздо более легко добиться 100% эффективности экранировки можно сочетанием оплетки и фольги.

4. Оболочка

Необходимая защита внутренних компонентов кабеля обеспечивает внешняя оболочка. Оболочка защищает кабель от климатического, химического, и воздействия солнечного света. По типу оболочки кабели можно разделить на кабели стандартного и специального исполнения.

1.3. Основные параметры коаксиального кабеля

1. Волновое сопротивление $Z_{\text{в}}$, [Ом]

Волновое сопротивление – это сопротивление, которое встречает бегущая по линии от генератора к нагрузке электромагнитная волна, причем включенная в конце линии нагрузка имеет чисто активное сопротивление, равное этому же волновому сопротивлению.

$$Z_{\text{в}} = \frac{60}{\sqrt{\epsilon}} * \ln\left(\frac{D}{d}\right) \quad (1)$$

$$Z_{\text{в}} = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (2)$$

Пятидесятиомные линии применяются обычно в диапазоне волн короче 15 – 20 см. В более длинноволновом диапазоне, т.е. на дециметровых и метровых волнах, до последнего времени наиболее часто применялись коаксиальные линии с волновым сопротивлением 75 Ом.

2. Погонная емкость C , [Ф/м]

Важным параметром коаксиальной линии является ее так называемая погонная емкость C_0 , т.е. емкость цилиндрического конденсатора, приходящаяся на единицу его длины.

$$C = 2\pi\epsilon_0\epsilon/\ln(D/d) \quad (3)$$

3. Погонная индуктивность L , [Гн/м]

Другим электрическим параметром коаксиальной линии является ее погонная индуктивность L_0 , которая представляет собой сумму индуктивностей наружного и центрального проводников, приходящихся на единицу длины линии.

$$L = \frac{\mu}{2\pi} * \ln \frac{D}{d} \quad (4)$$

4. Коэффициент затухания α , [дБ/м]:

Коэффициент затухания нормируется обычно на стандартных частотах при температуре окружающей среды 20°C и указывается в технических условиях или спецификациях на кабели конкретных марок.

Малый коэффициент затухания обеспечивается прежде всего высокими электрическими свойствами материалов (медь и полиэтилен) и конструктивным исполнением кабеля – трубчатые проводники и вспененная или кордельная изоляция. В таких кабелях изоляция состоит на 85–90% из воздуха.

Теоретически коэффициент затухания можно рассчитать по следующей формуле

$$\alpha = \frac{4,58}{\sqrt{\varepsilon_0} f \ln \frac{D}{d}} \left(\frac{1}{d \sqrt{\sigma_1}} + \frac{1}{D \sqrt{\sigma_2}} \right) + 9,1 \sqrt{\varepsilon_0} f \operatorname{tg} \delta$$
(5)

где:

α – затухание, дБ/100 м,

ε_0 – относительная диэлектрическая проницаемость изоляции кабеля,

d – диаметр внутреннего проводника кабеля, [мм]

D – диаметр внешнего проводника кабеля, [мм]

σ_1 – проводимость внутреннего проводника, [Мсим/м]

σ_2 – проводимость внешнего проводника, [Мсим/м]

$\operatorname{tg} \delta$ – тангенс угла потерь изоляции

f – частота, [МГц]

На практике коэффициент затухания рассчитывают, измеряя мощность сигнала на входе и выходе волновода по формуле:

$$\alpha = 10 * \ln \frac{P_{вх}}{P_{вых}}$$
(6)

где:

α – затухание сигнала, [дБ/100 м]

$P_{вх}$ – мощность сигнала на входе в волновод, [Вт].

$P_{вых}$ – мощность сигнала после прохода по волноводу, [Вт].

5. Скорость распространения волны в волноводе v , [м/с].

В частотном диапазоне, для которого предназначены коаксиальные кабели, в кабеле распространяется поперечная электромагнитная волна. Скорость ее распространения определяется из соотношения:

$$v = 1/\sqrt{LC}.$$
(6)

Производитель кабелей указывает относительную скорость распространения волны в кабеле [%], которая демонстрирует, насколько последняя отличается от скорости распространения электромагнитной волны в свободном пространстве,

$$v_{отн} = 100/\sqrt{\varepsilon};$$
(7)

6. Коэффициент укорочения длины волны.

Величина, показывающая, во сколько раз длина волны в волноводе, заполненном диэлектриком с $\varepsilon > 1$, меньше длины волны в воздухе, называется коэффициентом укорочения длины волны:

$$k = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon}} \quad (8)$$

7. Погонное сопротивление, [Ом/м].

Так как любой металлический проводник имеет хотя и малое, но конечное сопротивление, то это сопротивление применительно к коаксиальной линии удобно выражать через погонное активное сопротивление обеих токопроводящих жил R_0 , измеряемое в Ом/м (ом на метр). Погонное сопротивление R_0 характеризует тепловые потери в металлических проводниках коаксиальной линии.

8. Погонная проводимость.

Диэлектрик между проводниками, если это не вакуум или воздух, не является идеальным, и его погонную проводимость обозначают G_0 и называют проводимостью изоляции. Погонная проводимость G_0 характеризует тепловые потери передаваемой по линии высокочастотной энергии в диэлектрической изоляции между проводниками коаксиальной линии. Подчеркнем, что проводимость G_0 не является обратной величиной R_0 и не зависит от нее.

9. Напряженность электрического поля, при которой наступает пробой:

$$E_{проб.} = \frac{2U_{max}}{D * \ln(D/d)} \quad (9)$$

1.4. Применение коаксиального кабеля

Коаксиальные кабели, предназначенные для работы в СВЧ диапазоне, называются еще радиочастотными кабелями. Это гибкие коаксиальные линии. Они применяются не только в метровом, дециметровом и сантиметровом диапазоне волн, но и на длинных, средних и коротких волнах радиовещательного диапазона, а также во многих низкочастотных устройствах систем автоматики и телемеханики.

2. Методика расчета параметров электромагнитных волн в коаксиальных кабелях

Методику расчета параметров электромагнитных волн в коаксиальных кабелях рассмотрим на примере расчета основных параметров коаксиального кабеля марки РК-50–3–11

Каждому кабелю присвоено условное обозначение, которое включает буквы, обозначающие марку кабеля, – РК (радиочастотный коаксиальный) и три числа. Первое число указывает на величину номинального волнового сопротивления, второе – на величину номинального диаметра по изоляции, округленную для диаметра 2 мм до ближайшего целого числа, третье число –

двух- или трехзначное. Первая цифра указывает на материал изоляции кабеля, а последующие обозначают порядковый номер конструкции кабеля.

РК-50–3–11 обозначает: радиочастотный коаксиальный кабель с номинальным волновым сопротивлением 50 Ом, с номинальным диаметром по изоляции 3 мм, изоляция из полиэтилена (1), порядковый номер конструкции 1. При этом внешний диаметр с учетом изоляции составляет $5 \pm 0,2$ мм.

Конструктивные и электрические данные берем из справочных данных:

Диаметр центрального проводника $d=0,0009$ м

Внутренний диаметр оболочки $D=0,003$ м

Диэлектрическая проницаемость диэлектрика 2,3

1. Рассчитаем волновое сопротивления по формуле (1):

$$Z_{\epsilon} = \frac{60}{\sqrt{\epsilon}} * \ln\left(\frac{D}{d}\right);$$

$$Z_{\epsilon} = \frac{60}{\sqrt{2,3}} * \ln \frac{0,003_{м}}{0,0009_{м}} = 47,8 \text{ Ом}$$

2. Рассчитаем погонную емкость по формуле (3):

$$C = 2\pi\epsilon_0\epsilon / \ln(D/d);$$

$$C = \frac{2 * 3,14 * 8,85 * 10^{-12} * 2,3}{\ln \frac{0,003_{м}}{0,0009_{м}}} = 105,64 * 10^{-12} \frac{\Phi}{м}$$

3. Погонную индуктивность выразим из формулы (4):

$$L = Z_{\epsilon}^2 * C$$

$$L = Z_{\epsilon}^2 * C = 47,8^2 \text{ Ом}^2 * 105,64 * 10^{-12} \frac{\Phi}{м} = 2,41 * 10^{-17} \frac{Гн}{м}$$

4. Коэффициент затухания сигнала определим по справочным данным, определенным заводом-изготовителем для рабочей частоты 200 МГц:

$$\alpha = 0,028 \text{ дБ/м.}$$

При выполнении расчетов по индивидуальным данным можно воспользоваться графиком, представленном на рисунке 1.

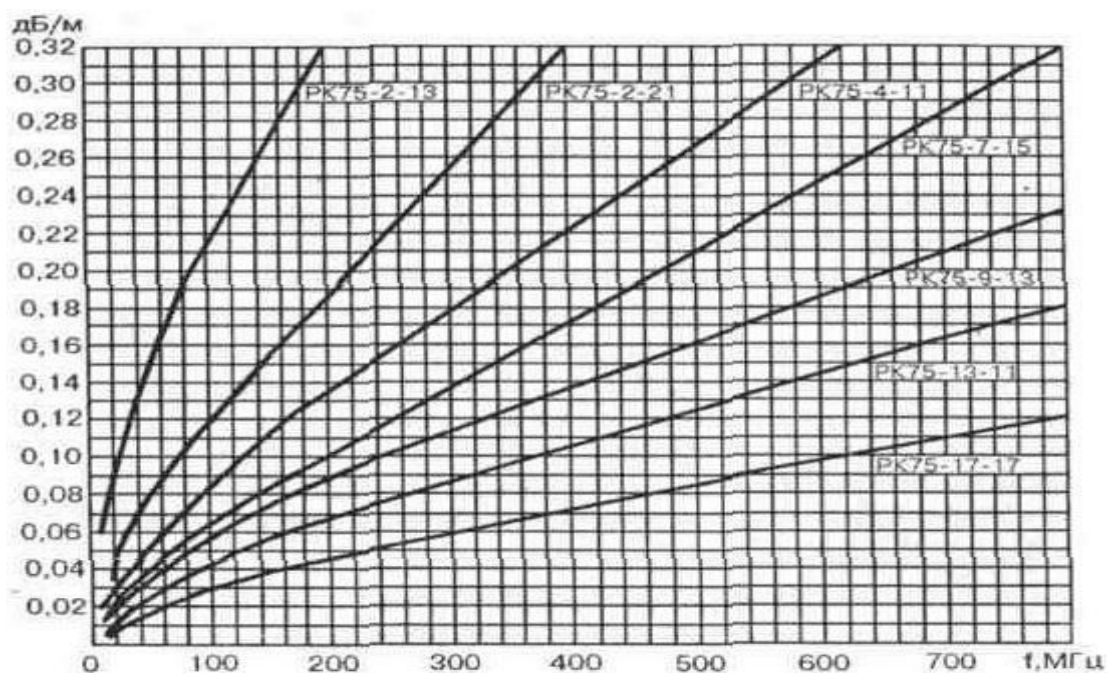


Рисунок 1- Зависимость удельного затухания коаксиального кабеля от частоты сигнала

5. Рассчитаем скорость распространения волны в волноводе по формуле (6):

$$v = 1/\sqrt{LC}.$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{105.64 * 10^{-12} \frac{\Phi}{м} * 2.41 * 10^{-17} \frac{\Gamma_H}{м}}} = 198 * 10^6 \frac{м}{с} = 198000 км / с$$

6. Рассчитаем относительную скорость распространения волны в кабеле по формуле (7):

$$v_{отн} = 100/\sqrt{2.3} = 66\%;$$

7. Рассчитаем коэффициент укорочения длины волны по формуле (8):

$$k = \frac{1}{\sqrt{2.3}} = 0.67$$

8. Рассчитаем напряженность электрического поля, при которой наступает пробой по формуле (9):

$$E_{проб} = \frac{2U_{\max}}{D \cdot \ln(D/d)} = \frac{2 \cdot 2,5 \cdot 10^3}{0,003 \cdot \ln(0,003/0,0009)} = 1,37 \cdot 10^6 \text{ В/м}$$

Выводы по результатам расчета:

При расчетах данного кабеля были получены следующие результаты:

Погонная ёмкость – 105.64 пФ/м;

Погонная индуктивность – $2,41 \cdot 10^{-17}$ Гн/м;

Волновое сопротивление – 47.8 Ом;

Фазовая скорость волны – 198000 км/с

Относительная скорость распространения волны – 66%;

Коэффициент укорочения длины волны – 0,67

Напряженность эл. поля, при которой наступает пробой – $1,37 \cdot 10^6$ В/м

Табличные значения:

Погонная ёмкость – 101 пФ/м;

Волновое сопротивление – 50 Ом;

Фазовая скорость волны – 200000 км/с

Относительная скорость распространения волны – 67%;

Коэффициент укорочения длины волны – 0,76

Погрешность расчета параметров коаксиального кабеля относительно табличных данных:

Волновое сопротивление, погрешность равна:

$$\delta Z_{\text{в}} = \frac{50 - 47,8}{50} \cdot 100\% = 4,4\%$$

Погонная ёмкость, погрешность равна:

$$\delta C = \frac{(105,64 - 101) \cdot 10^{-12}}{101 \cdot 10^{-12}} \cdot 100\% = 4,5\%$$

Фазовая скорость волны, погрешность равна:

$$\delta v = \frac{200000 - 198000}{200000} \cdot 100\% = 1\%$$

Относительная скорость распространения волны, погрешность равна:

$$\delta v_{\text{отн}} = \frac{67 - 66}{67} \cdot 100\% = 1,5\%$$

Коэффициент укорочения длины волны, погрешность равна:

$$\delta_k = \frac{0,76 - 0,67}{0,76} * 100\% = 11\%$$

Погрешность расчета параметров коаксиального кабеля относительно данных предоставленных заводом изготовителем, является следствием не учета факторов окружающей среды.

3. Выполнение расчетов по индивидуальным вариантам исходных данных

Варианты исходных данных представлены в таблице 1.

Таблица 1

Номер вари- анта	1	2	3	4	5	6	7
Тип ка- беля	РК75-2- 13	РК75-2- 21	РК75-4- 11	РК75-7- 15	РК75-9- 13	РК75- 13-11	РК75- 17-17

4. Оформление и защита отчета

Отчёт по работе должен содержать:

1. Цель работы.
2. Результаты расчета параметров кабеля в соответствии с заданным вариантом.
- 3 Результаты оценки погрешности вычисленных параметров.
4. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Какие линии передачи являются коаксиальными?
2. Перечислите основные вектора, характеризующие электромагнитное поле.
3. Как осуществляется маркировка коаксиальных кабелей.
- 5 О чем свидетельствует наличие на входе линии связи отраженного сигнала с полярностью инверсной входному сигналу?
5. От каких параметров зависит предельная и допустимая мощности, передаваемые по коаксиальному кабелю.
6. От каких параметров коаксиального кабеля зависит его коэффициент затухания?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ

Цель работы: исследование параметров ВОЛС с использованием универсального и специализированного оборудования

Учебные вопросы:

1. Схемы измерения параметров ВОЛС с использованием оптического тестера
2. Выполнение исследований соосности соединения на величину затухания оптических сигналов в ВОЛС
3. Оценка влияния электромагнитных помех на работу ВОЛС

1 Схемы измерения параметров ВОЛС с использованием оптического тестера

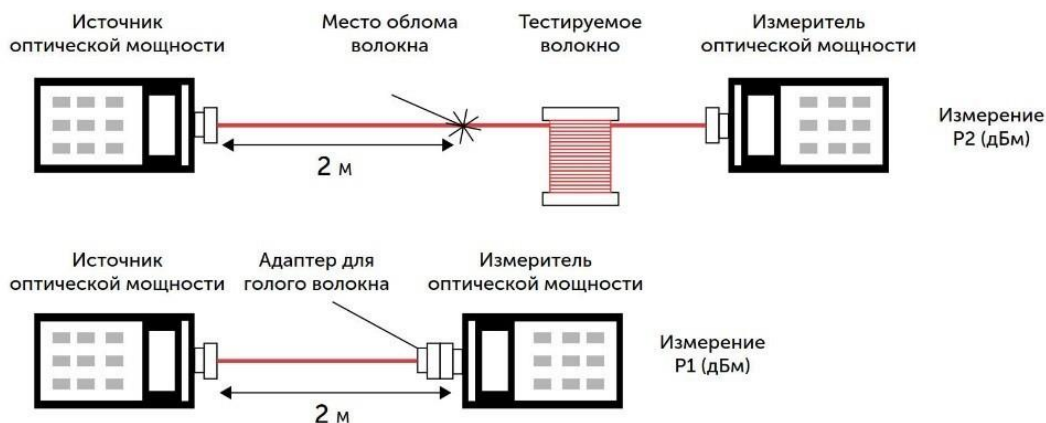
В отличие от оптических рефлектометров, конструкции которых весьма сложны и работа с которыми требуют серьезного навыка, ситуация с оптическими тестерами существенно упрощается.

В общем случае оптический тестер (OLTS) представляет из себя комбинацию генератора оптического излучения и измерителя оптической мощности. Комбинации эти, в зависимости от производителя и модели, могут быть совершенно различными, но принцип измерения потерь остаётся одним и тем же.

В соответствии с требованиями рекомендаций ITU-T G.651 и G.652, а также ГОСТ 26814-86 различают две основных методики измерений с помощью OLTS — метод обрыва волокна и метод вносимых потерь.

Рассмотрим их подробнее.

Схема измерений по методу обрыва представлена на рисунке 1.



Потери в тестируемом волокне:

$$A = P1 - P2, \text{ дБ}$$

Рисунок 1- Измерение по методу обрыва волокна

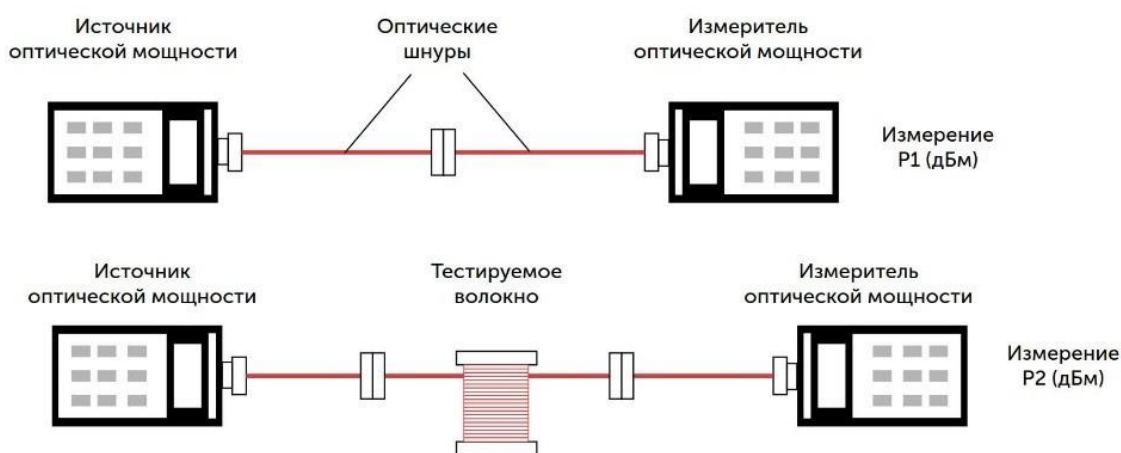
На выходе источника оптического излучения устанавливается оптический шнур (пиг-тейл), который приваривается к тестируемой линии. С другого конца линии, используя адаптер голого волокна, тестируемое волокно подключается к измерителю оптической мощности. Источник излучения включают и регистрируют величину средней оптической мощности, выраженную в дБм, прошедшей через линию (P2). Далее волокно обрывается на расстоянии порядка 2 метров от источника и через адаптер подключается к измерителю. Измеритель регистрирует уровень оптической мощности в отсутствие линии (P1). Искомая величина потерь находится как разница между этими величинами и выражается в дБ.

Необходимо помнить, что для обеспечения наивысшей точности нельзя допускать даже малейших смещений коннектора в разъеме источника, так как это приведёт к изменению значения потерь на этом коннекторе. В случае с адаптером голого волокна на измерителе мощности, перекоммутация волокна не меняет величину потерь, поскольку в этом разъёме отсутствует внутренний коннектор.

При соблюдении всех перечисленных требований получаем эталонное измерение потерь.

Основным недостатком этого метода является необходимость доступа к неограниченному волокну, а этой возможности, как правило, нет, если речь идёт о введенных в эксплуатацию ВОЛС. Этот метод актуален для лабораторных измерений.

На практике же пользуются вторым, альтернативным методом — методом вносимых потерь. Его условно тоже можно разделить на несколько разновидностей. В первом случае на рисунке 2 показана схема измерений с двумя эталонными перемычками.



Потери в линии:
 $A = P1 - P2, \text{ дБ}$

Рисунок 2- Измерение по методу вносимых потерь (две эталонные перемычки)

В источник и измеритель оптической мощности устанавливаются оптические шнуры типа патч-корд. Соединив их между собой в промежуточной оптической розетке, проводятся измерения уровня мощности без линии (P1). Затем, коннекторы из розетки извлекаются, и подключаются к розеткам на концах тестируемой линии. Производится измерение мощности прошедшего через волокно излучения (P2).

Потери в этом волокне определяются так же, как и в предыдущем случае, в виде разницы P1 и P2.

Основное отличие заключается в том, что остаются неизвестными точные потери в коннекторах оптических шнуров. Разъединив их и соединив снова (уже с другими коннекторами), получим некоторое отличие в величине потерь.

Тем не менее, этот метод также обладает большой точностью при измерении суммарных потерь в линии, если сравнивать его с измерением обратного рассеяния (OTDR).

Существует разновидность этого метода, а именно — измерение с одной эталонной перемычкой (рисунок 3). Этот метод рекомендуется стандартом TIA-568-C.3 как единственно правильный. Отличие заключается в том, что опорное значение мощности (P1) измеряется только с одним патч-кордом, который остаётся на источнике. Далее к измерителю подключается второй патч-корд и проводится измерение мощности, прошедшей через линию (P2). Разница заключается в том, что в первом случае получаем потери только с учётом коннекторов тестируемой линии, а во втором к ним прибавляются потери от присоединяемых коннекторов.

Самым правильным решением при выборе методики будет следование пожеланиям заказчика, которому будут сдаваться результаты измерений. В любом случае, необходимо чётко понимать, что и в каком случае измеряем и как можно трактовать полученные результаты.



Потери в линии:

$$A = P1 - P2, \text{ дБ}$$

Рисунок 3- Измерение по методу вносимых потерь

Если говорить об отличиях разных моделей тестеров, то они, разумеется, есть. Конструктивно тестеры могут совмещать в одном корпусе и источник, и измеритель, могут быть выполнены в виде отдельных приборов. В некоторых моделях, имеющих первую конструкцию, предусматривается тестирование линии в дуплексном режиме. То есть, два таких прибора подключаются к двум волокнам линии с обеих сторон, так, чтобы излучающий порт одного прибора соединялся с приёмным портом второго. В этом режиме тестеры позволяют определить также и длину линии.

Отличие может быть в номинальной мощности излучателя и в чувствительности фотоприёмника. Излучение в различных моделях может проводиться не на двух длинах волн, а на трёх. (Приёмники при этом, как правило, позволяют измерять сигнал на любой длине волны). Некоторые, совсем уж продвинутые модели имеют большие и даже цветные дисплеи и позволяют подключать к ним видеомикроскопы для визуализации поверхностей коннекторов...

Несмотря на эти обстоятельства, основную свою задачу — прямое измерение оптических потерь позволяют решать абсолютно все существующие модели.

В качестве примера рассмотрим оптический измеритель мощности DXR-40D (рисунок 4).

Волоконно-оптический измеритель мощности и источник света. FTTH волоконно-оптический источник света и измеритель мощности Предназначен для проверки затухания ВОЛС при установке, эксплуатации и техническом обслуживании волоконно-оптической сети. Это компактное устройство с переключателем подсветки и возможностью автоматического включения и выключения. Кроме того, он обеспечивает следующие характеристики:

- Более 40 часов непрерывной работы;
- Отображение результатов измерения в линейном (мВт) и логарифмическом (дБм) виде;
- Поддержка оптических разъемов FC/SC/ST
- Автоматическое переключение диапазонов длин волн;
- Подсветка дисплея при необходимости;
- Диапазон уровней тестируемого сигнала: -70 до + 10дБм;
- Тип датчика: InGaAs
- Стандартные диапазоны длин волн (nm): 850/980/1300/1310/1490/1550/1625;
- Разрешение дисплея: линейные отображения 0.1%; логарифмический дисплей 0.01dBm;
- Рабочая температура: -10 до + 60С;
- Температура хранения: -25 до + 70С;
- Время автоматического выключения (мин): 10 мин.
- Период работы аккумулятора: не менее чем 40 часов
- Габаритные размеры (мм): 180x83x28



Рисунок 4- Оптический измеритель мощности DXP-40D

2. Выполнение исследований соосности соединения на величину затухания оптических сигналов в ВОЛС

Порядок выполнения работы:

1. Подключите источник оптического сигнала к входу линии. Длина основного оптического кабеля 12 метров. Длина соединительного оптического кабеля -0,5 м. Тип используемого волоконно-оптического кабеля – многомодовый MM 62,5/125 мкм. Тип используемых коннекторов оптических кабелей ST/ST. Электронно-оптический преобразователь выполнен на базе передающего модуля ПОМ 561 (Приложение А). Опто-электрический преобразователь выполнен на базе приемного оптического модуля ПРОМ 364. Радиусы изгиба соединительных оптических кабелей должен быть не менее 40 мм.

Источником оптического сигнала является электронно-оптический преобразователь ПОМ 561 и генератор импульсного сигнала. Установите параметры следующие параметры выходного сигнала генератора: амплитуда 1,5 В, длительность импульса 1-5 мкс, частота 50 кГц.

2. С помощью соединительного оптического кабеля подключите измеритель DXP-40D к выходу оптической линии (10) (рисунок 2).

3. С помощью оптического соединительного кабеля соедините оптический выход (5) с оптическим входом устройства внесения неоднородностей в стык оптического кабеля (6);

4. Подключите вход осциллографа для контроля входного сигнала ко входу (4);

5. Подключите второй вход осциллографа для контроля выходного сигнала к выходу линии (7);

6. Наблюдая сначала визуально за совмещением световодов в устройстве (6) и вращая винты поперечного и продольного перемещения, добейтесь совмещения световодов, а затем по измерителю DXP-40D максимального значения сигнала на выходе. Запишите значение максимального сигнала.

Цена деления ходовых винтов для перемещения оптического волокна 0,005 мм. Вращение винта по часовой стрелке увеличивает расстояние между коннекторами или смещает левый коннектор вверх.

7. Снимите семейство значений зависимости амплитуды выходного сигнала от продольного смещения световодов при различных значениях величины продольного зазора 0,05; 0,5; 1,0; 2,0 (таблица 1)

8. Оцените необходимую точность совмещения оптоволокну исходя из допустимых потерь в 1 dB.

9. Верните регулятор формирования продольного зазора в исходное состояние (минимальное затухание). Снимите семейство значений зависимости амплитуды выходного сигнала от поперечного смещения световодов при различных значениях величины поперечного смещения 0,0125; 0,025; 0,05; 0,075 (таблица 2)

10. Оцените необходимую точность совмещения оптоволокну исходя из допустимых потерь в 1 dB.

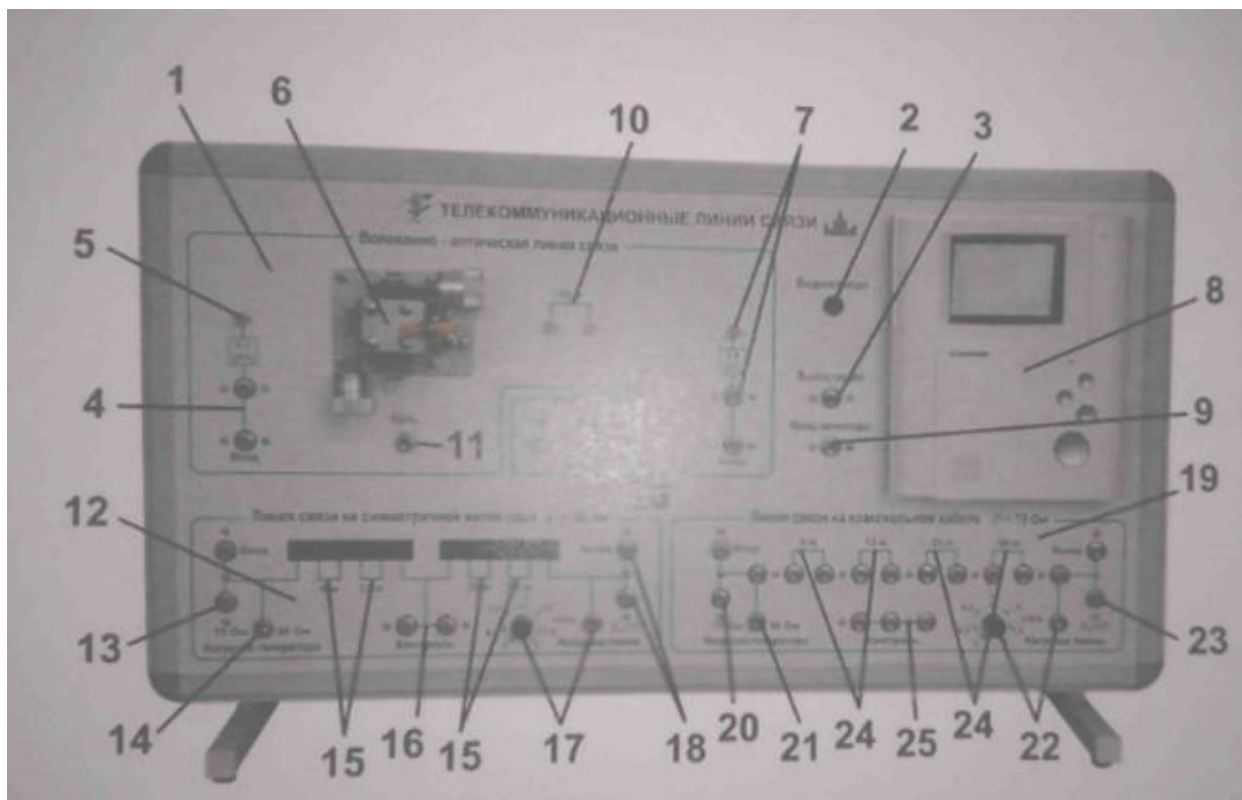


Рисунок 1

Таблица 1

Величина продольного зазора	0,05	0,5	1,0	2,0
Уровень выходного сигнала, мВт				
Уровень затухания, дБ				

Таблица 2

Величина продольного зазора	0,0125	0,025	0,05	0,075
Уровень выходного сигнала, мВт				
Уровень затухания, дБ				

4. Исследование помехозащищенности оптической линии связи

По методике исследований взаимного влияния помехозащищенности симметричных и коаксиальных линий связи (предыдущая лабораторная работа) выполнить исследование влияния генератора внешнего импульсного сигнала на передаваемый сигнал. В качестве источников сигнала последовательно использовать генератор импульсов и телевизионную камеру.

5. Содержание отчёта

Отчёт по работе должен содержать:

1. Цель работы.
2. Результаты экспериментальных исследований.
3. Результаты измерений и вычислений (таблицы 1,2).
4. Графики зависимостей уровней сигнала от величины продольного и поперечного смещений.
5. Анализ влияния электромагнитных помех на работу оптических линий связи.
6. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Какова конструкция световодов со ступенчатым и градиентным распределением показателя преломления?
2. Как распространяется световая волна в ступенчатых и градиентных световодах?
3. Что такое межмодовая дисперсия? Какова величина межмодовой дисперсии в световодах различного типа?
4. Что такое предельный угол и апертура световода? Как они связаны с параметрами световодов?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СКС НА ПЛАТФОРМЕ NANO CAD

Цели работы:

- изучить особенности проектирования структурированных кабельных систем на платформе Nano CAD;
- приобрести первичные навыки создания проекта СКС;

Учебные вопросы:

1. Создание проекта
2. Создание топологии здания
- 3 Расстановка рабочих мест

1. Создание проекта

Для создания нового проекта СКС вызываем окно проекта нажатием кнопки «Менеджер проекта ». В данном окне происходит вся работа по созданию и управлению проектами, добавлению новых планов, созданию чертежей и документов. Для начала работы необходимо создать или открыть уже существующий проект. На панели инструментов окна «Менеджер проекта» (рисунок 1) нажимаем кнопку «Создать проект ».

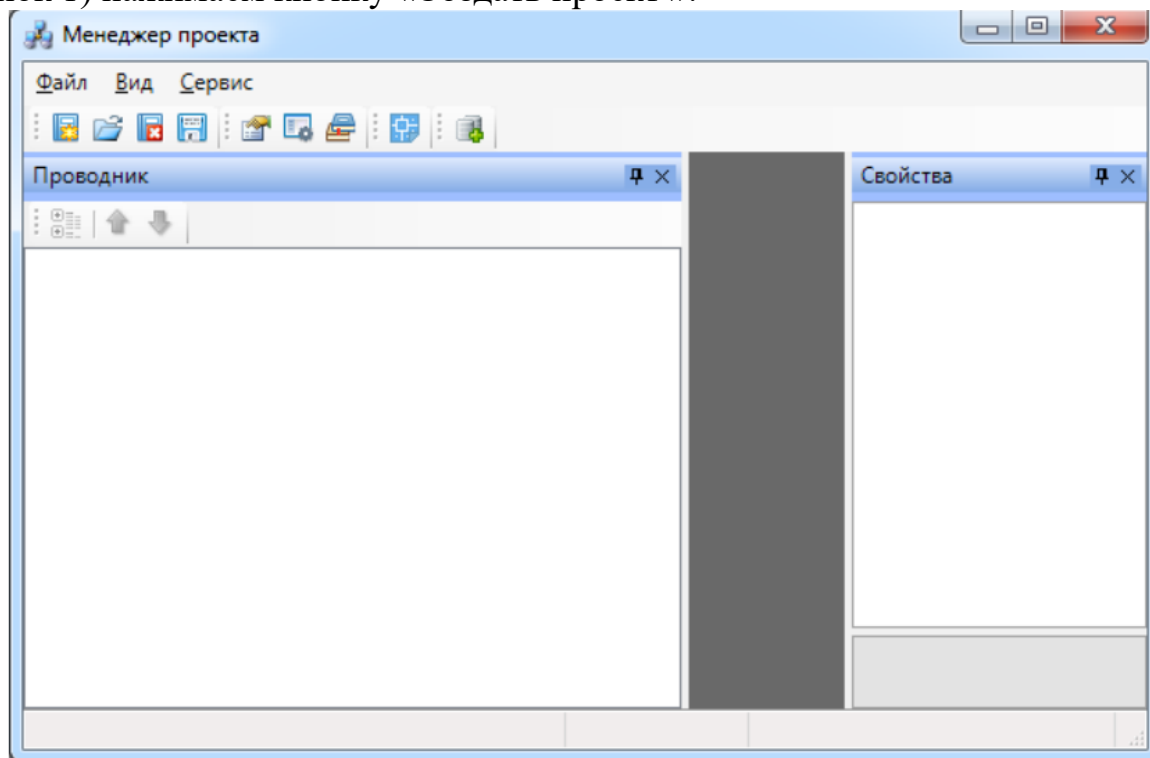


Рисунок 1

Указываем путь, где будет лежать папка проекта, и указываем имя проекта. Нажимаем кнопку «ОК». При создании нового проекта в появившемся окне будет сразу отмечено поле «Использовать базу данных по умолчанию».

В этом случае проект будет создан с новой чистой базой данных оборудования. Если мы уберем отметку «Использовать базу данных по умолчанию», то у нас появится возможность выбрать ранее созданную базу оборудования, например, из другого проекта, где уже внесено наиболее часто используемое оборудование конкретного проектировщика (рисунок 2).

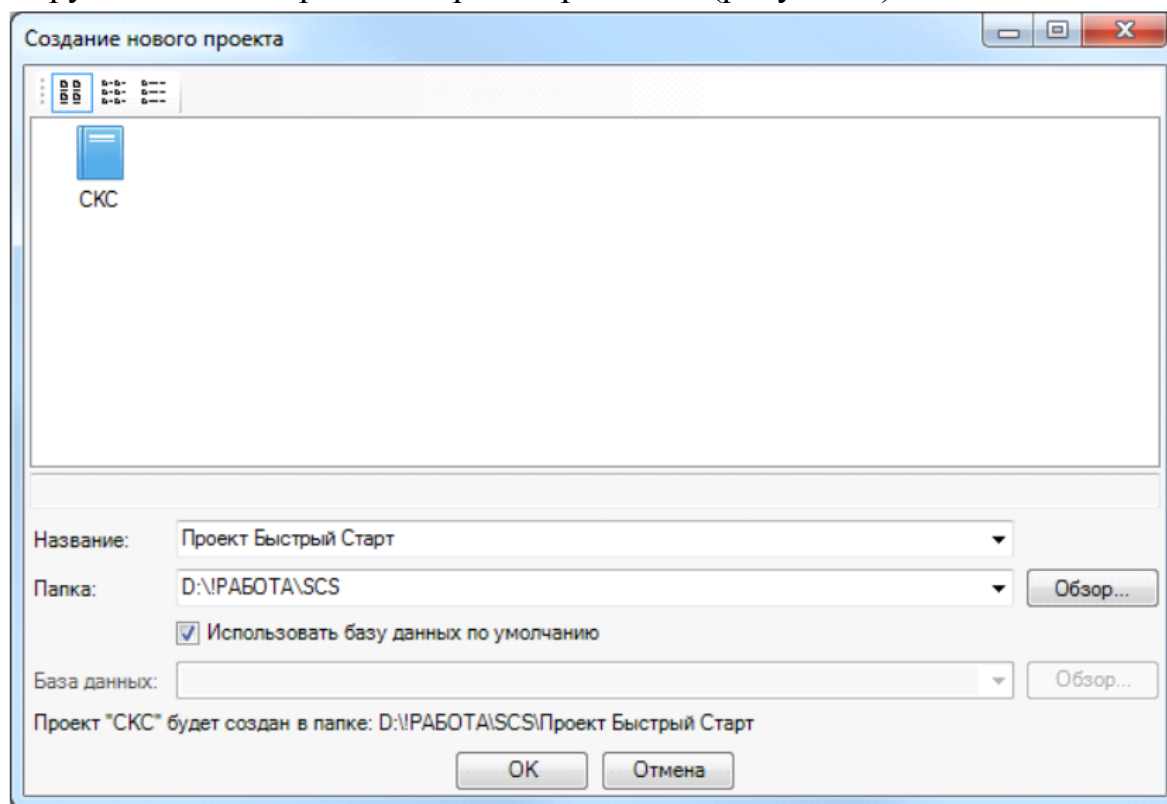


Рисунок 2

Используя эту возможность, отпадет необходимость экспортировать в базу проекта оборудование из баз данных производителей оборудования. Для нашего примера оставляем «Использовать базу данных по умолчанию».

В результате у нас готов к работе новый чистый проект. В проекте содержится набор predetermined документов, база данных проекта. В левом дереве документов можно выбирать нужный узел, в результате чего в странице свойств будут отображены параметры выбранного узла. Встанем на узел «Проект Быстрый Старт» и в окне свойств будут отображены параметры по проекту. Можно заполнить основные параметры проекта, часть из которых может быть использована в штампах (рисунок 3).

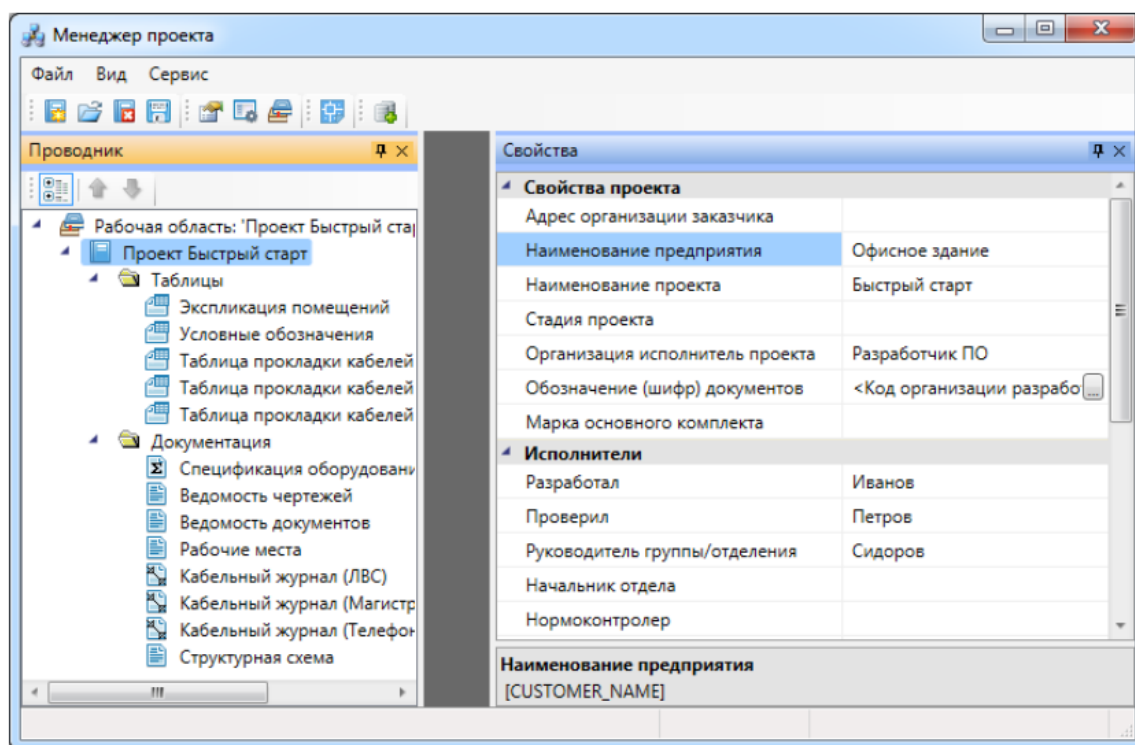


Рисунок 3

В нашем проекте будем проектировать двухэтажное офисное здание. Для этого в проект необходимо добавить планировки с подосновами. Планировки этажей можно найти в примере к Быстрому Старту в папке «Чистые планировки» - «План1» и «План2». Путь к папке выглядит следующим образом:

Добавим в проект «План1» и «План2» при помощи команды контекстного меню проекта «Подключить существующий план» (рисунок 4).

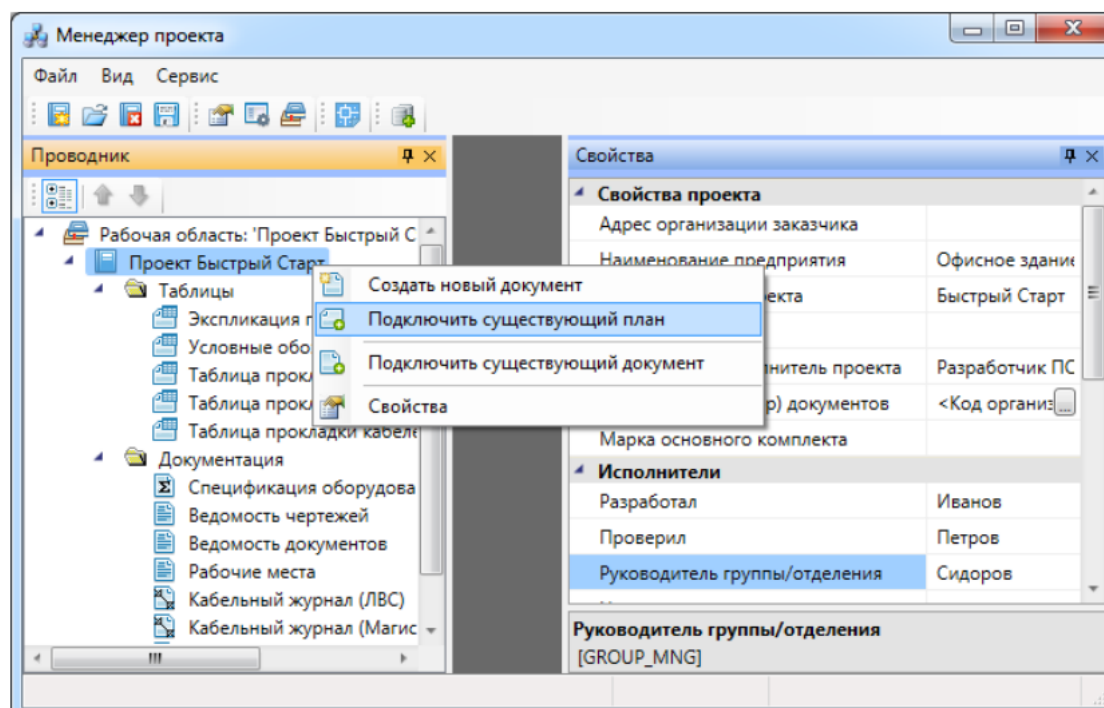


Рисунок 4

Далее, в появившемся окне «Формат чертежа» необходимо задать «Масштаб документа» и «Масштаб модели». По умолчанию нам предлагается работать в масштабе 1 к 100 (Масштаб документа). В одной единице пространства чертежа у нас будет один миллиметр реального пространства (Масштаб модели 1 к 1). Это наиболее часто используемые и рекомендуемые разработчиками значения. Это значит, что имеющиеся планировки с подосновами помещения должны быть выполнены в масштабе модели 1 к 1 (т.е. одна единица чертежа = 1 миллиметру реального пространства). Оставим значения по умолчанию (рисунок 5,6).

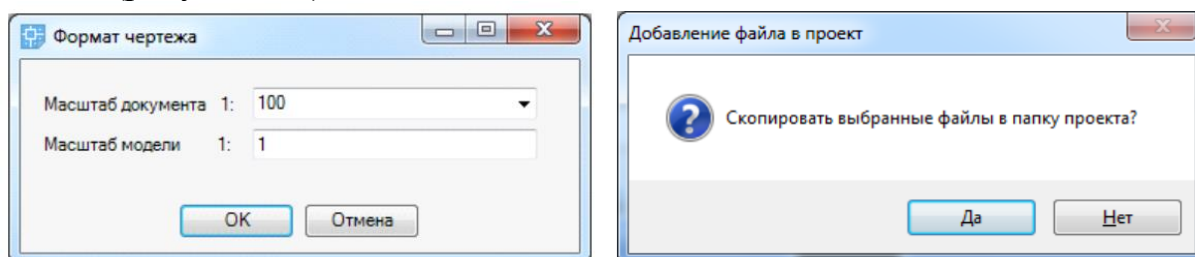


Рисунок 5

В результате в проекте появятся две планировки с подосновами. Зададим им наименования - «Этаж 1» и «Этаж 2» (рисунок 6).

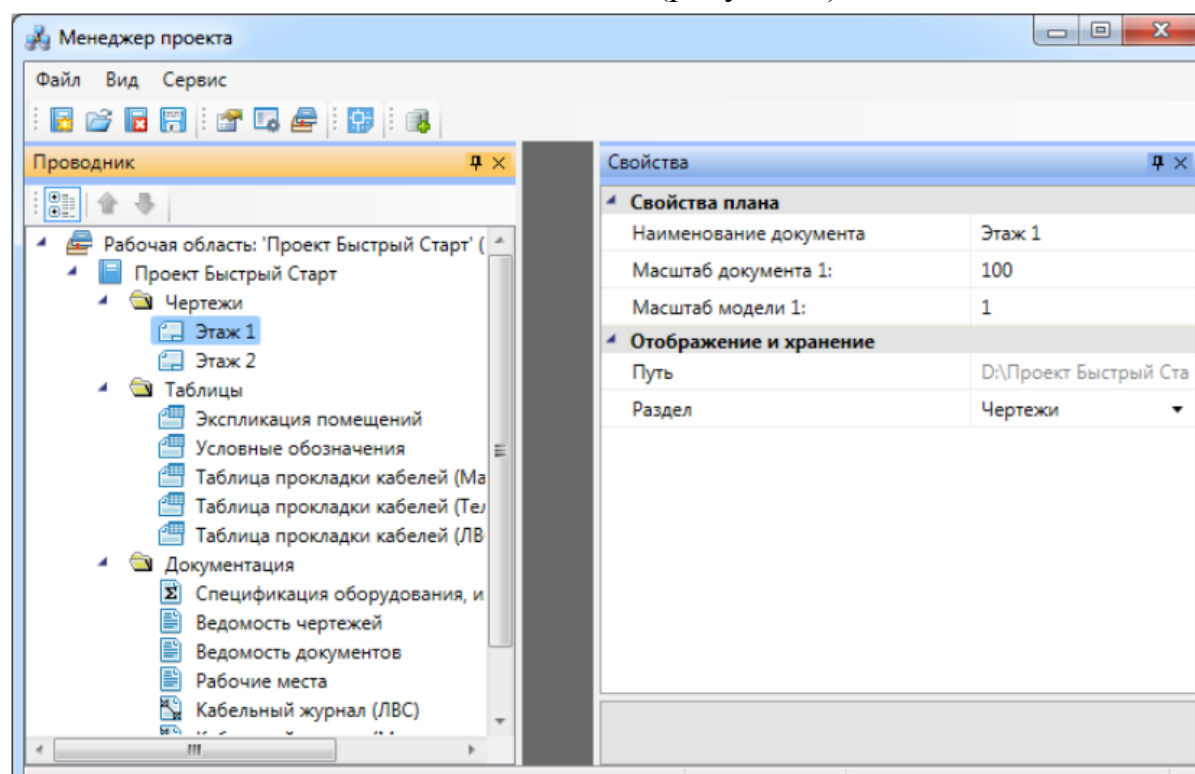


Рисунок 6

Для открытия планировок этажей необходимо сделать по ним двойной щелчок левой кнопкой мыши. Планы будут открыты, и мы будем готовы приступить непосредственно к проектированию объекта. Этаж 1 (рисунок 7).

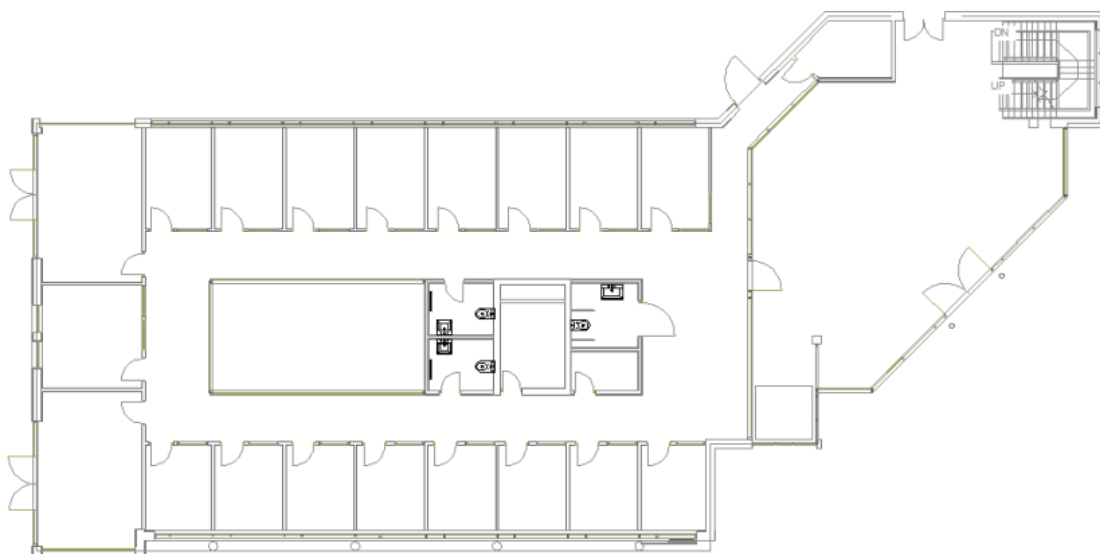


Рисунок 7

Этаж 2:

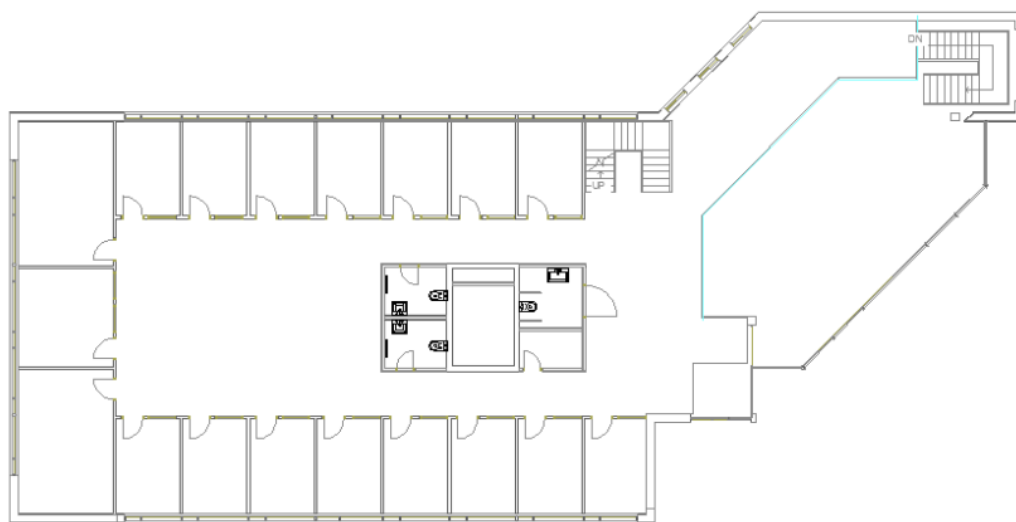


Рисунок 8

2. Создание топологии здания

Определим этажи и помещения в здании. Это необходимо для целого ряда операций, таких как маркировка объектов, создание спецификаций и т.д.

(везде, где может понадобиться определение принадлежности объекта к зданию/этажу/помещению).

Для создания контура этажа необходимо воспользоваться кнопкой «Создать этаж» главной панели инструментов. Создадим контур вокруг планировки так, чтобы она полностью оказалась внутри этого контура. Соблюдать границы этажа не надо, достаточно поместить его в прямоугольник. Эта операция определяет область, все объекты которой будут автоматически принадлежать этажу.

Сразу после нажатия кнопки «Создать этаж» в командной строке можно выбрать один из режимов отрисовки контура этажа – по 2-м точкам, по 3-м точкам, полилинией или в режиме выбора контура (если нарисован контур средствами CAD и его необходимо определить как этаж) (рисунок 9).

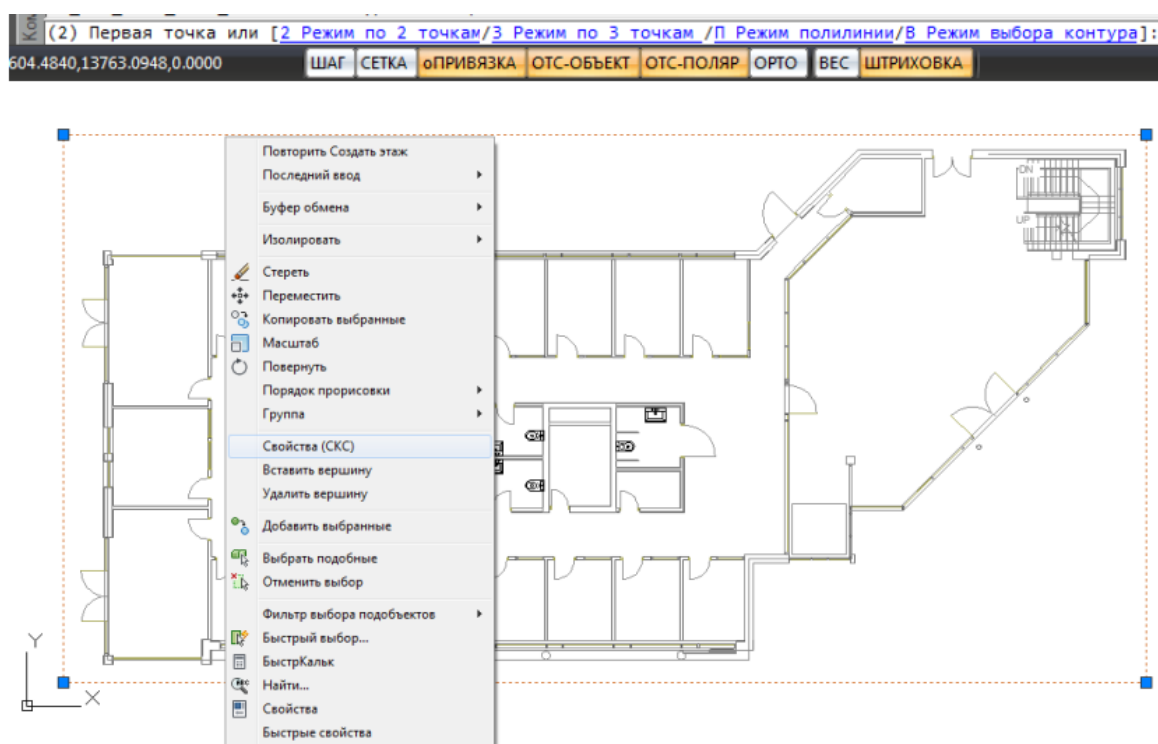


Рисунок 9

Вызываем страницу свойств этажа и задаем там номер этажа и номер здания. Не обязательно каждый этаж помещать в отдельный файл, можно работать в одном файле чертежа и там делать несколько этажей, в случае если проектируемые объекты не большие. Ставим номер этажа 1, номер здания 1 (рисунок 10).

▲ Параметры здания	
Номер здания	1
Наименование здания	
▲ Параметры этажа	
Номер этажа	1
Наименование этажа	
Высотная отметка этажа, мм	0
Высота этажа, мм	3000
Высота помещений этажа, мм	3000
Устанавливать стоякам высоту этаж...	Нет
▲ Параметры контура	
Слой контура	CW_FLOOR_CONTOUR_LAYER
Печатать контур	Да
▲ Параметры круговой выноски	
Отображать круговую выноску	Нет
Высота текста, мм	2.5
Диаметр окружности, мм	5
Слой круговой выноски	CW_FLOOR_CONTOUR_LAYER
Номер этажа	
Заккрыть	

Рисунок 10

На втором плане аналогично создаем второй этаж (рисунок 11).

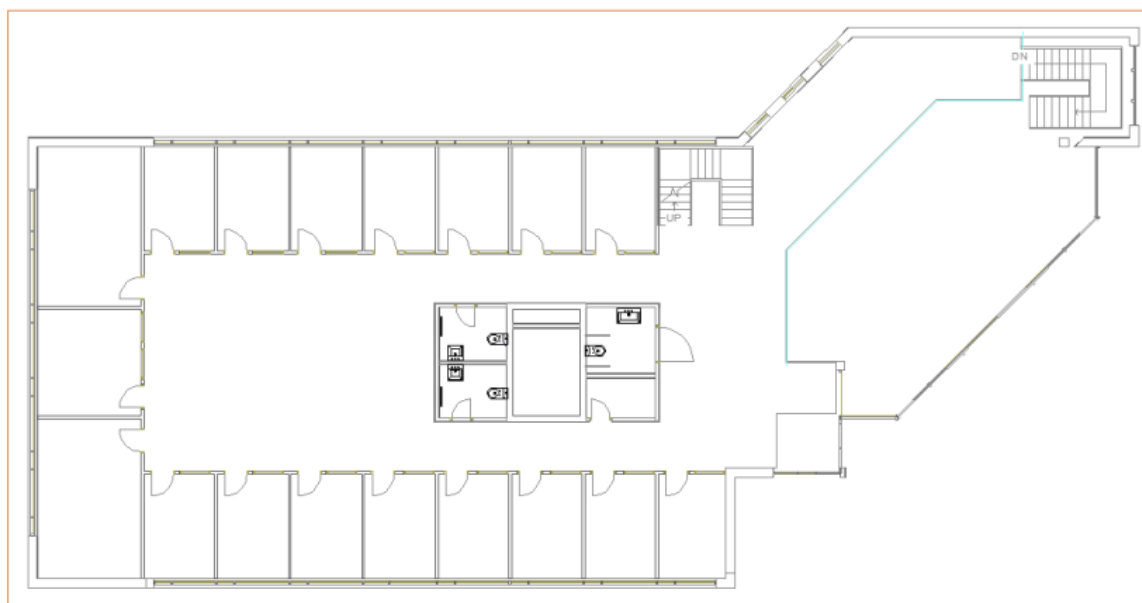


Рисунок 11

Далее необходимо создать на этаже набор помещений. Для создания помещения можно воспользоваться кнопкой «Создать помещение» главной панели инструментов. Сразу после нажатия кнопки выберем в командной строке один из режимов отрисовки контура помещения – по 2-м точкам, по 3-м точкам или полилинией. Вызвав страницу свойств контура, можно задать номер помещения и его название (рисунок 12, 13).

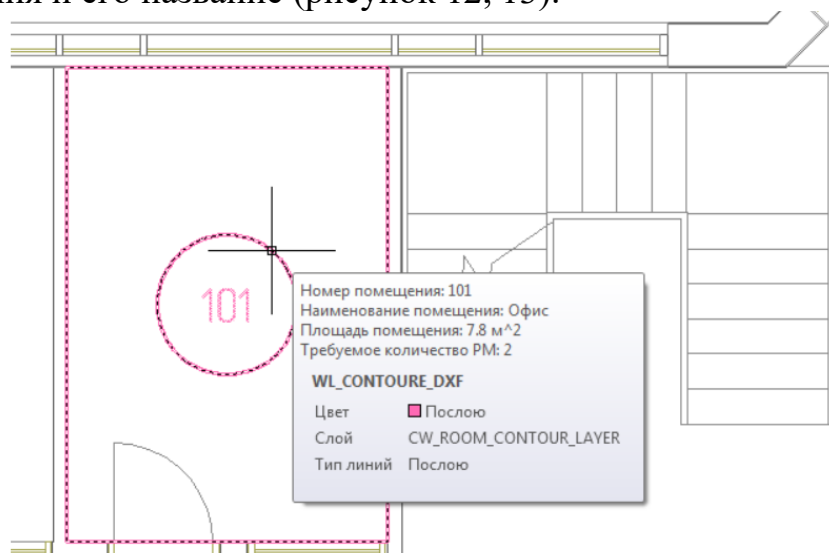


Рисунок 12

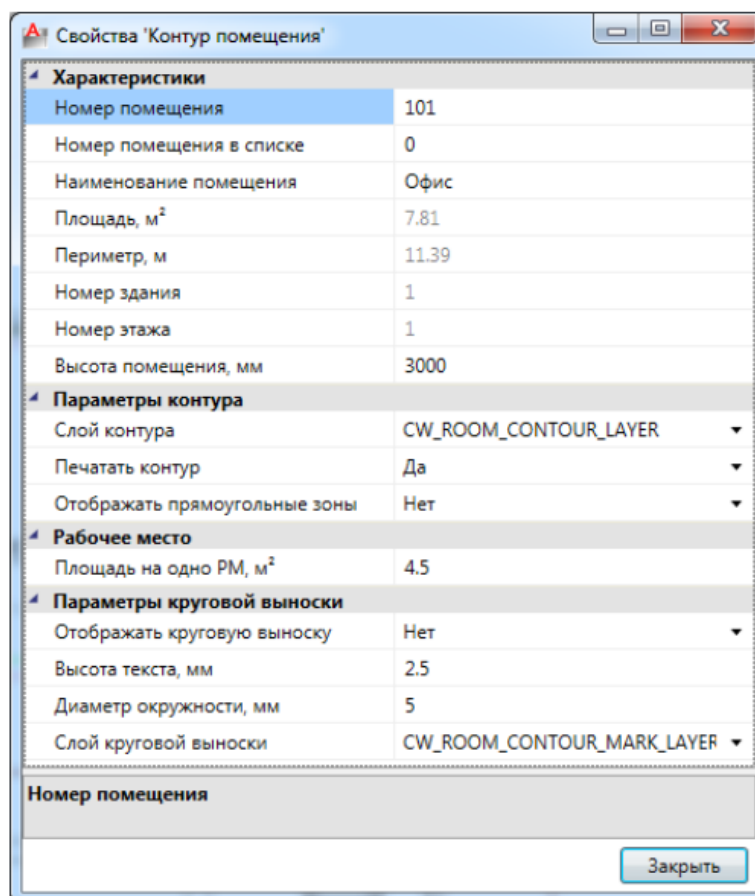


Рисунок 13

Размещать помещения на плане можно и более удобным способом - при помощи кнопки «Автоматически определить помещение» главной панели инструментов. Для этого необходимо курсором мыши указать любую точку внутри замкнутой области и помещение будет создано. Для данного способа имеется ряд ограничений! Во-первых, необходимо убедиться, что помещение замкнуто и полностью находится в зоне видимости экрана, во-вторых, рекомендуется отключить все слои, не имеющие отношения к контуру помещения. В результате на планах Этажей 1 и 2 мы получаем набор помещений как на рисунках этажей (рисунок 14).



Рисунок 14

Просмотреть структуру помещений можно в окне «Модель здания/объекта», которое вызывается соответствующей кнопкой на главной панели инструментов (рисунок 15).

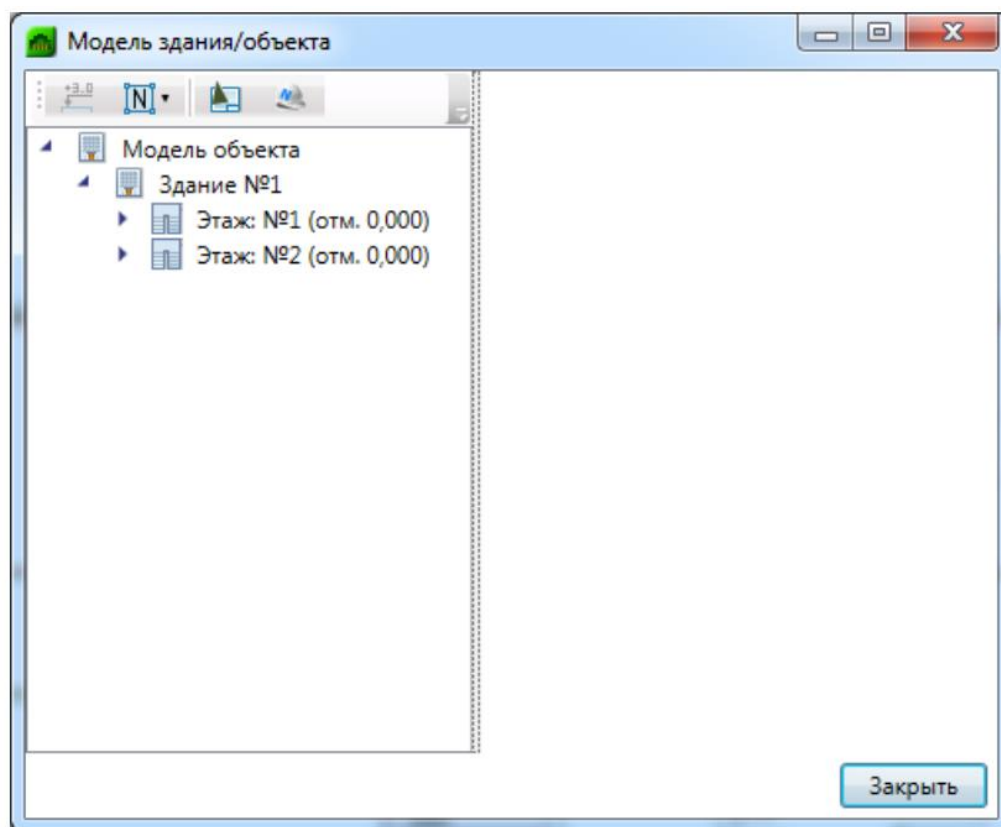


Рисунок 15

Автоматическая нумерация помещений производится при помощи кнопки «Нумерация помещений» окна «Модель здания/объекта». Помещения будут пронумерованы в порядке установки на план.

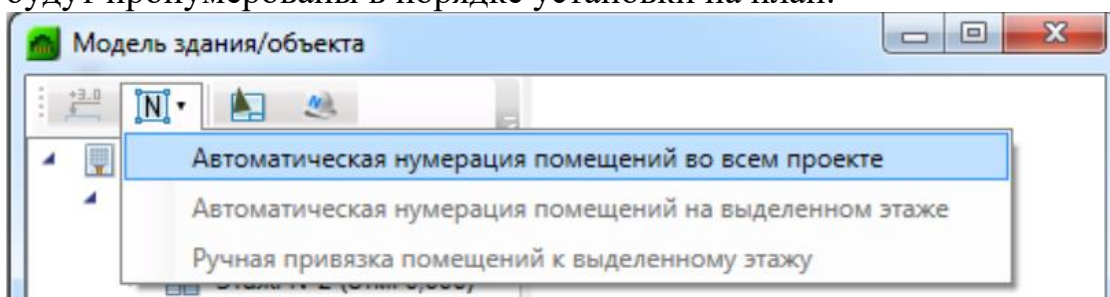


Рисунок 16

При ручной привязке помещений можно задавать, с какой позиции на этаже начинать нумерацию, указывая последовательность помещений. Так же, выбрав набор помещений, можно открыть страницу свойств для группы и одинаковым помещениям задать разом наименование

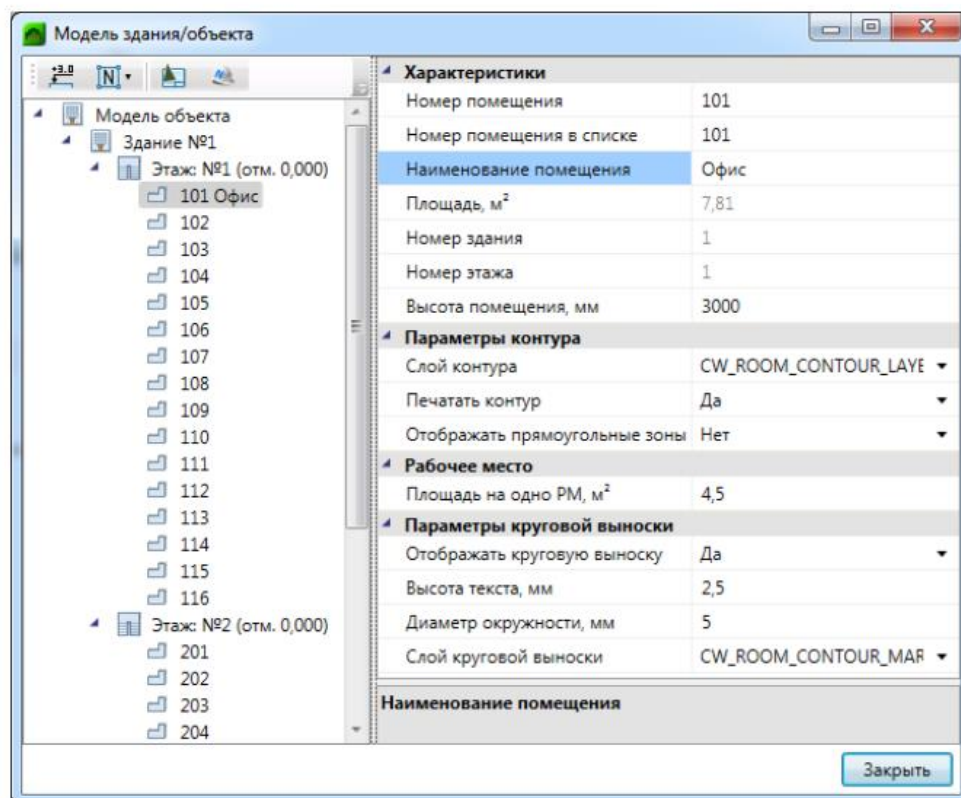


Рисунок 17

Выше видно, что для ряда помещений можно задавать условные многобуквенные обозначения. Размер текста круговой выноски и размер окружности можно настраивать в странице свойств. Круговые выноски этажей и помещений можно отключить на страницах их свойств. Для корректного построения питающих сетей необходимо в окне «Модель здания/объекта» рассчитать высотные отметки этажей относительно первого этажа при помощи соответствующей кнопки (рисунок 18).

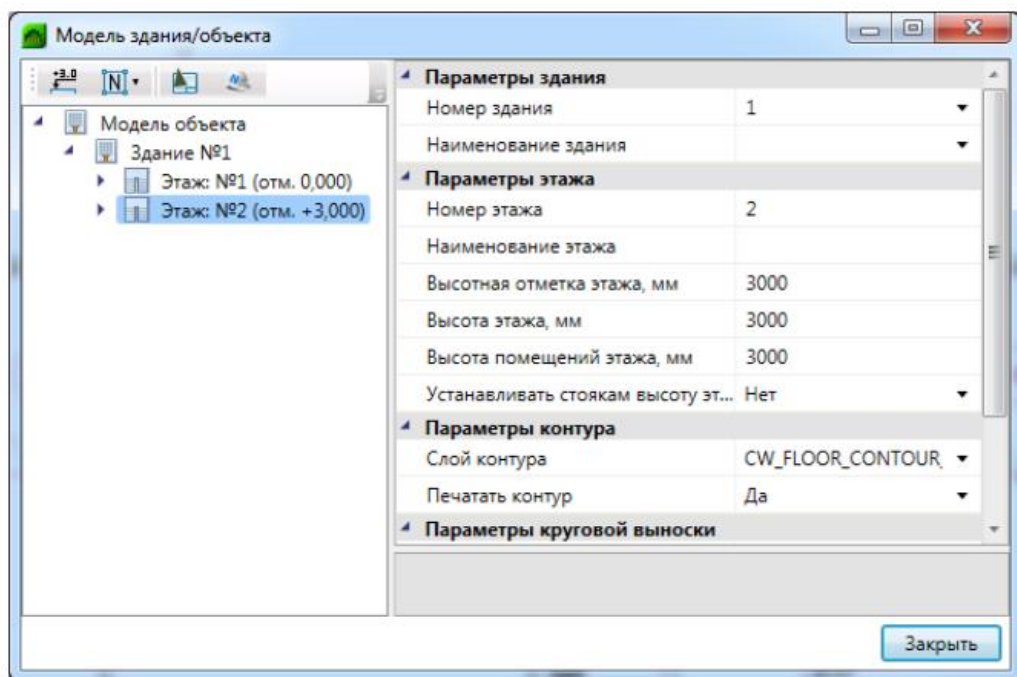


Рисунок 18

Если помещения были созданы с круговыми выносками, то их можно отключить на странице свойств помещения. Для этого необходимо выделить всё и вызвать команду «Свойства» главной панели инструментов (рисунок 19)

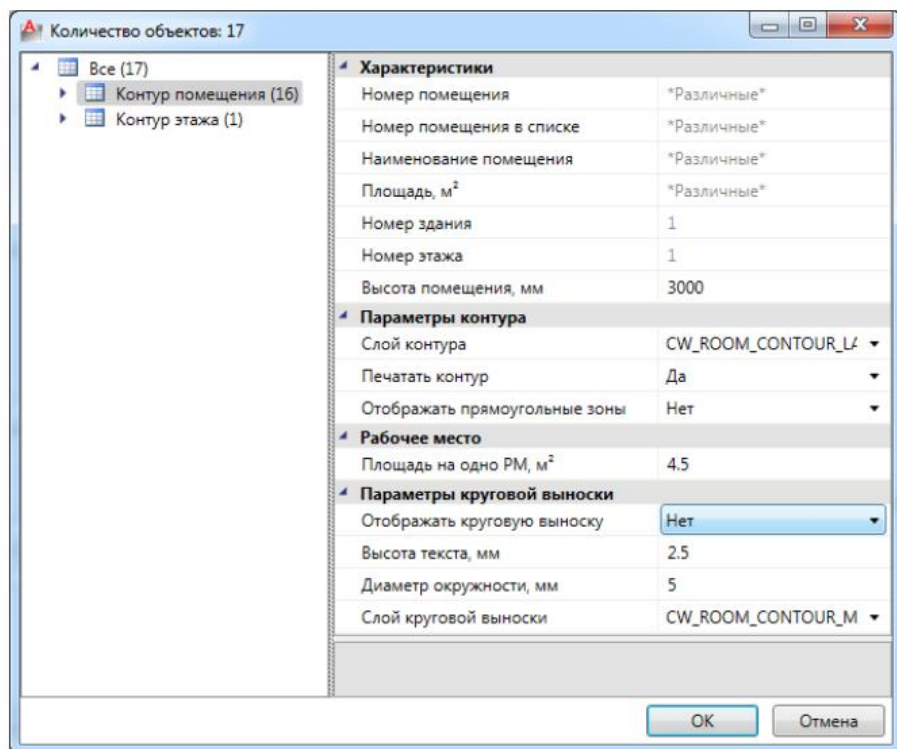


Рисунок 19

3. Расстановка рабочих мест

Для расстановки рабочих мест создадим нужную для них конфигурацию. Откроем «Мастер конфигурации рабочих мест», нажатием соответствующей кнопки на главной панели инструментов (рисунок 20).

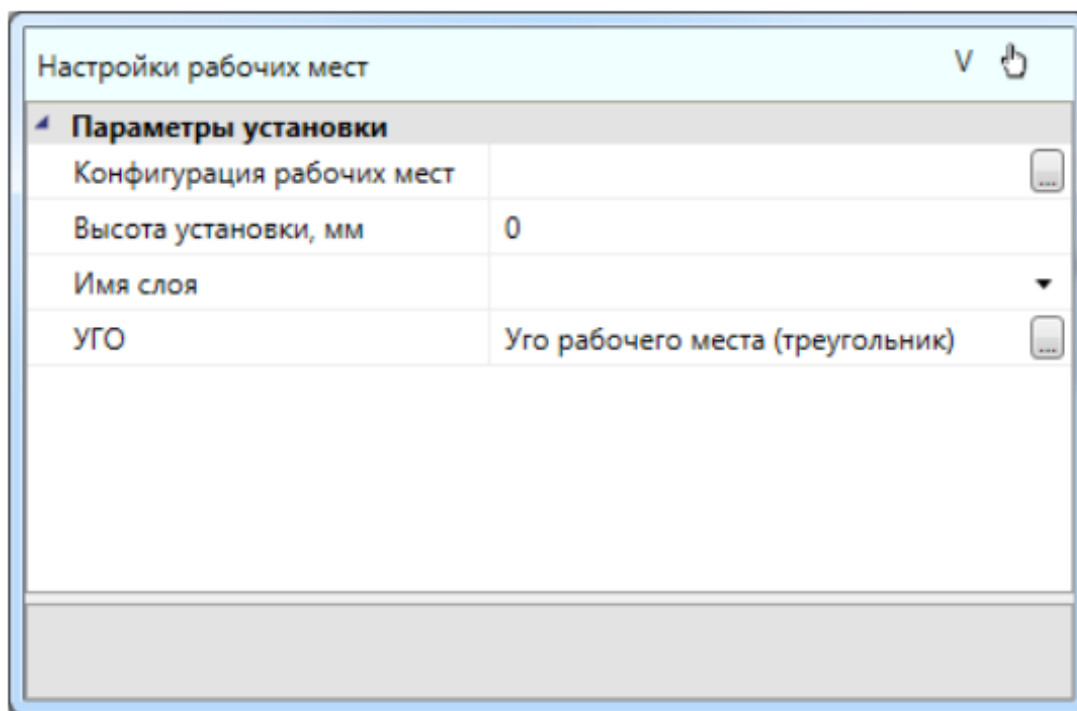


Рисунок 20

В появившемся диалоге с помощью кнопки «Базы данных» откроем базу данных конфигурации рабочих мест (рисунок 21).

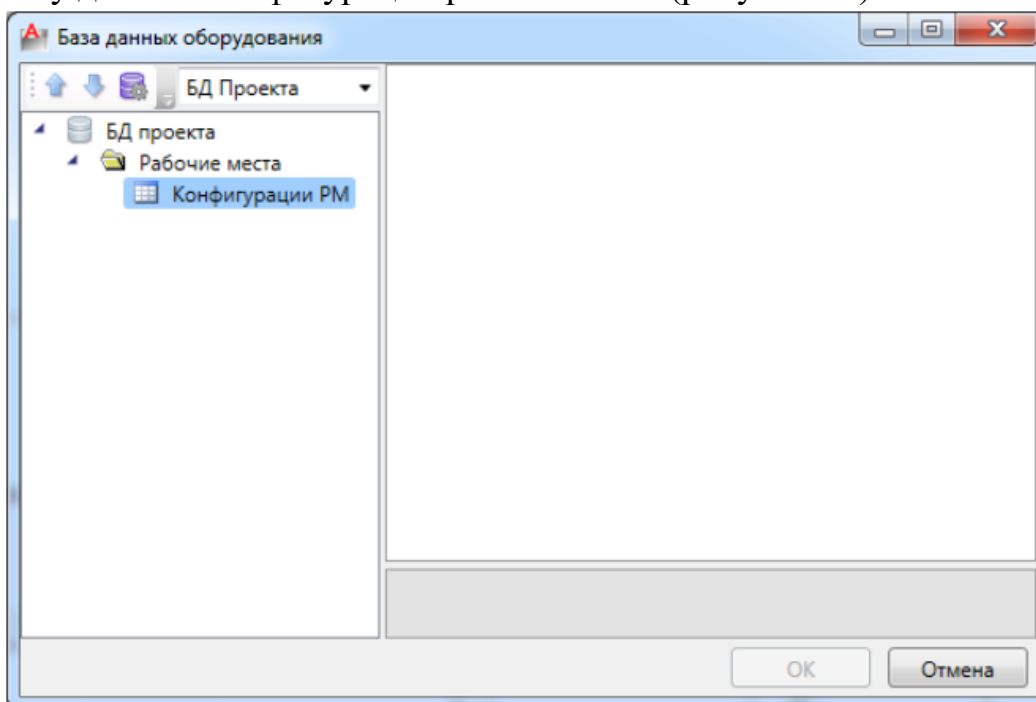


Рисунок 21

Через контекстное меню таблицы «Конфигурации РМ» добавим новую конфигурацию. Зададим ей имя «В короб». Заполним остальные поля, как показано на рисунке 22.

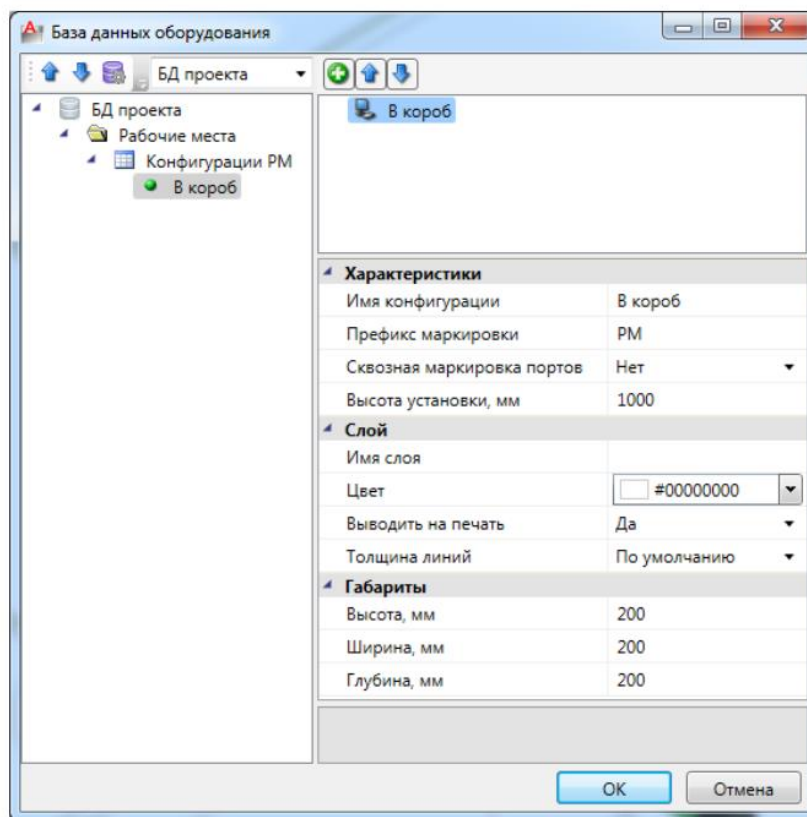
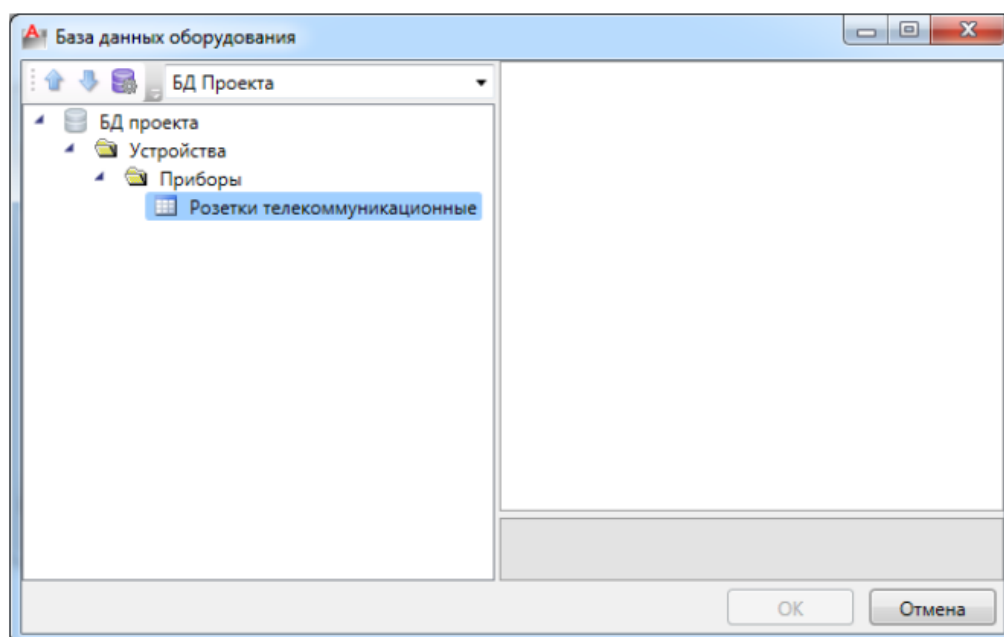


Рисунок 22

Далее добавим элементы, из которых будет состоять наша конфигурация. Для этого нажмем на кнопку «Добавить» на панели инструментов окна структуры. В появившемся диалоге необходимо выбрать привязку элемента к записи в БД (рисунок 23).



В нашем случае проект новый и был создан с пустой базой, поэтому необходимо экспортировать оборудование из баз данных производителей. Для этого в выпадающем списке переключимся с базы проекта «БД проекта» на демонстрационную базу «Демонстрационная БД». Для создания соединений горизонтальной подсистемы нужно, чтобы в конфигурации рабочего места присутствовал тип элементов розеток «Модуль». Выбираем элемент, нажимаем «ОК», и он автоматически экспортируется в базу проекта (рисунок 24).

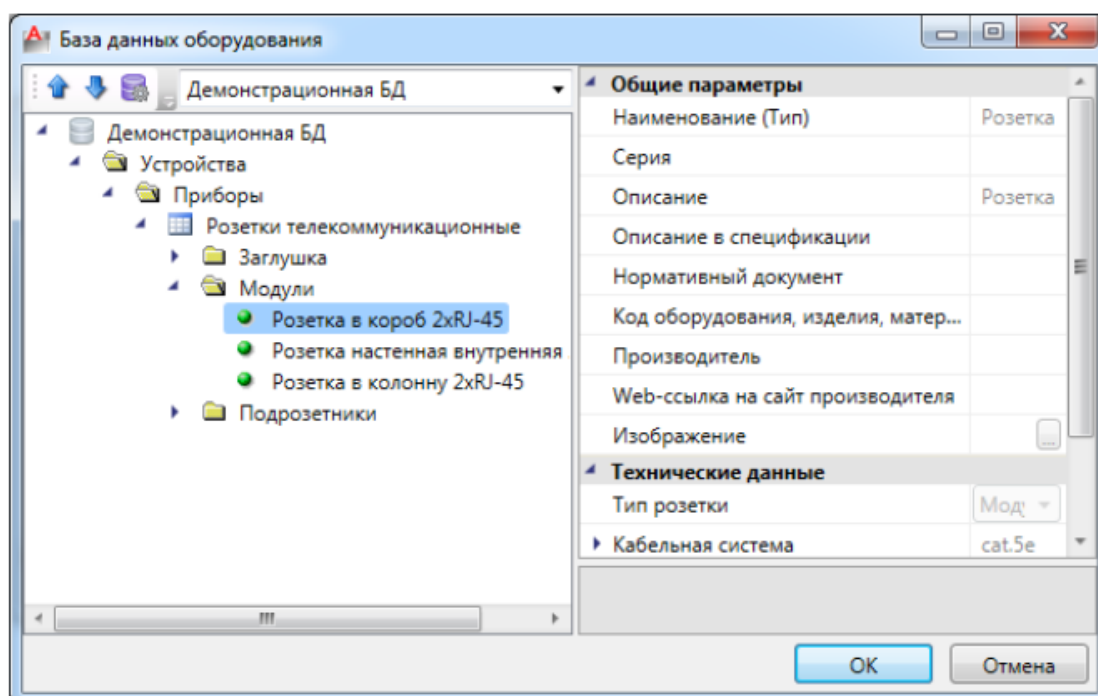


Рисунок 24

В структуре появится информация о розетках и портах рабочего места. Установим для портов различные маркировку и учет соединения, а так же, выберем используемый кабель, импортировав его из демонстрационной базы данных (рисунок 25 – порт L СКС, рисунок 26 -Р СКС).

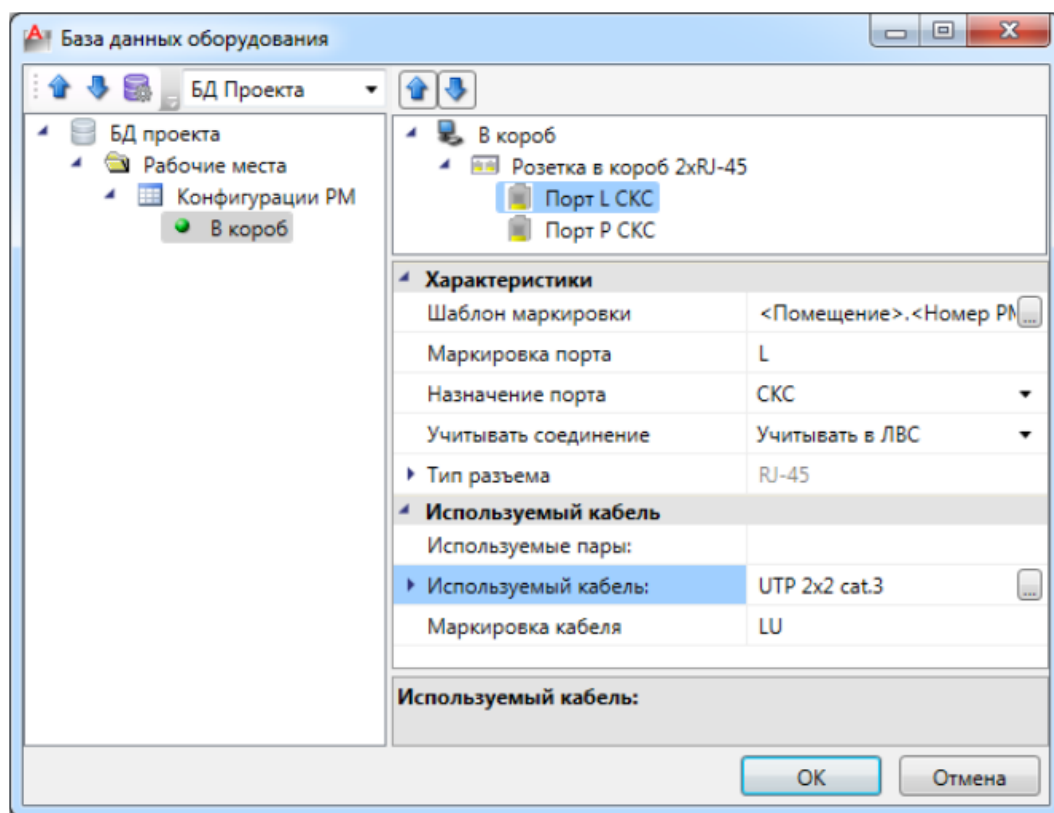


Рисунок 25

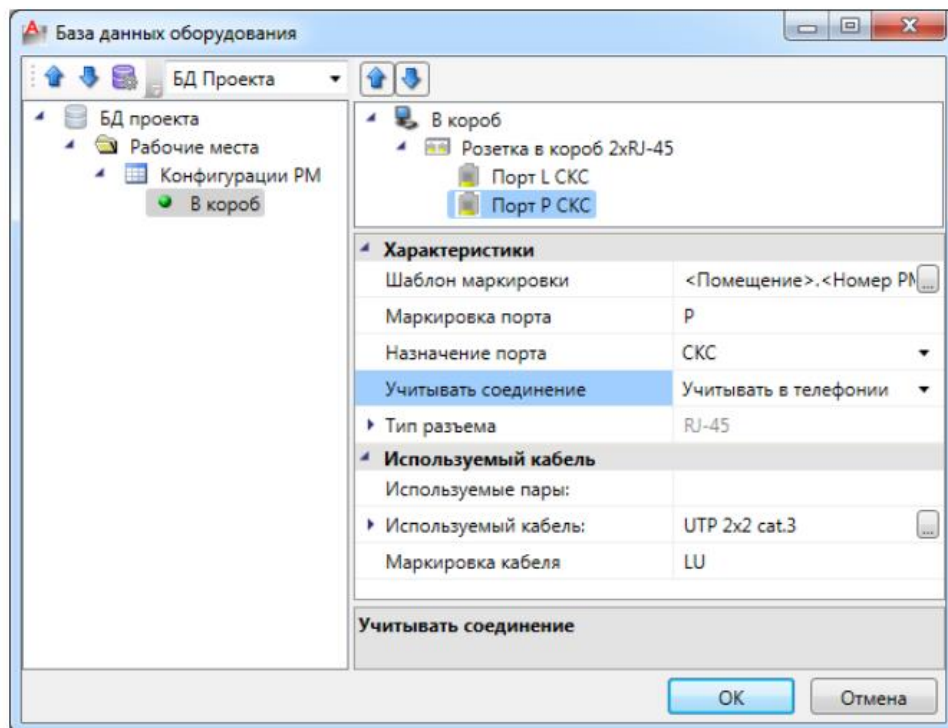


Рисунок 26

Нажмем кнопку «ОК», выберем УГО рабочего места 2xRJ-45 и установим его на план (рисунок 27).

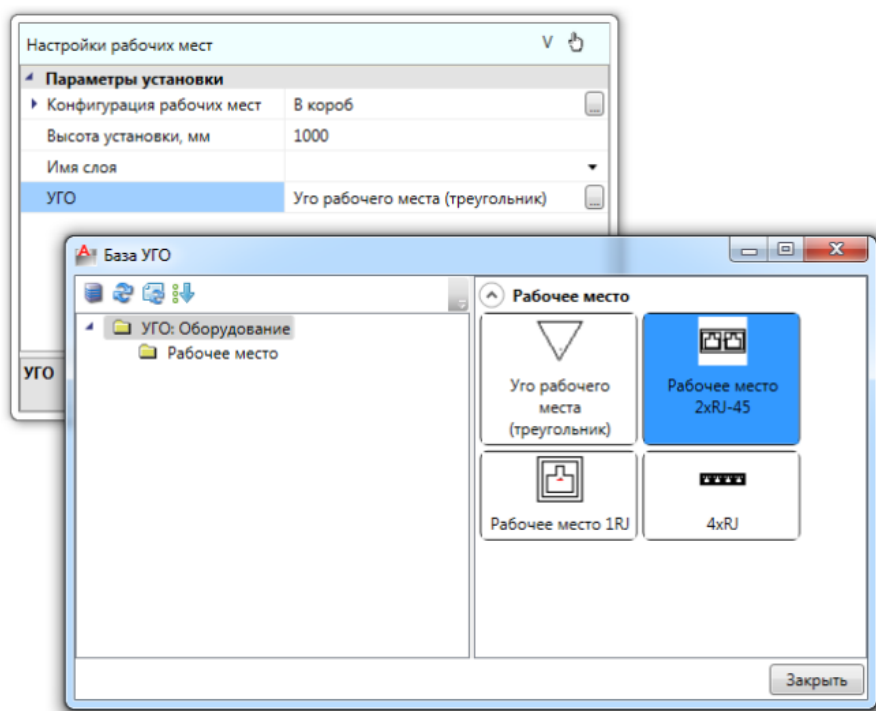


Рисунок 27

Установим рабочие места в помещении (рисунок 28).

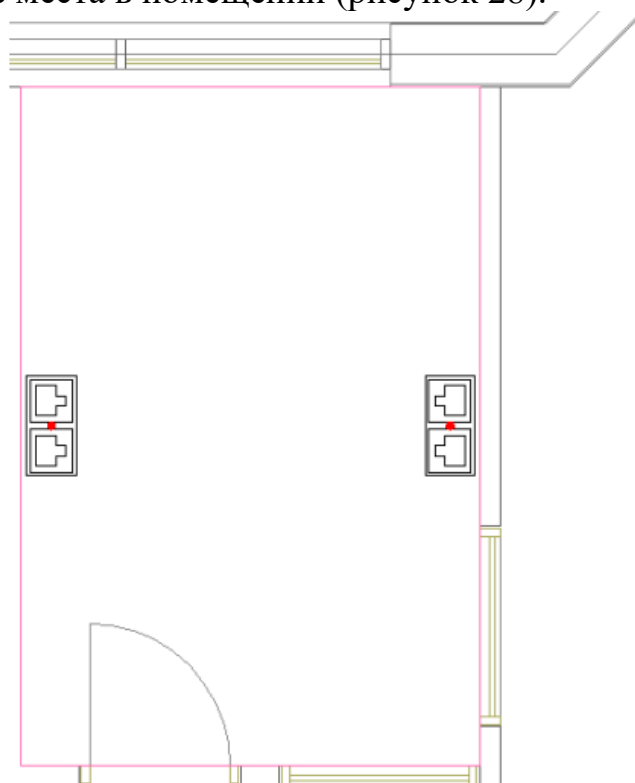


Рисунок 28

В nanoCAD BIM СКС есть возможность устанавливать рабочие места автоматически. Для этого необходимо вызвать контекстное меню помещения и выбрать в нем пункт «Сервис -> Расставить РМ вдоль длинной стены» (рисунок 29).

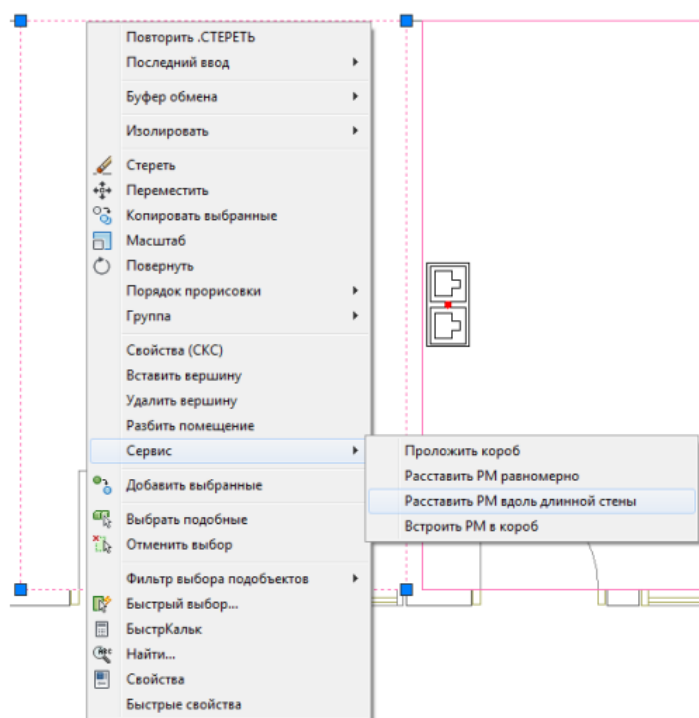
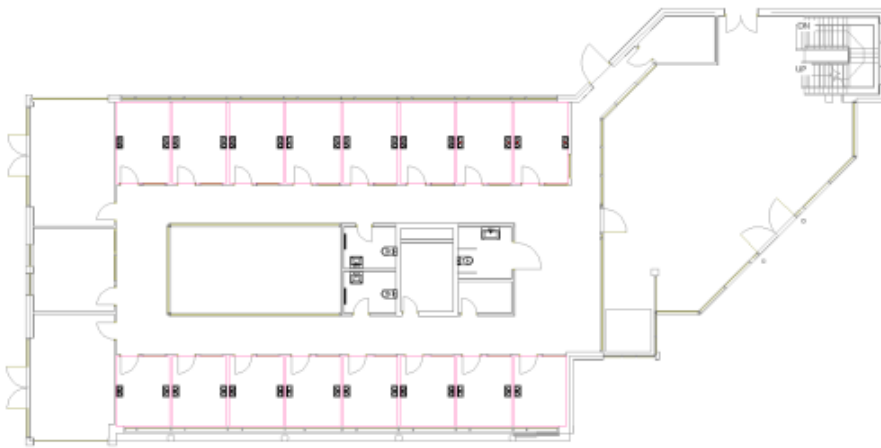
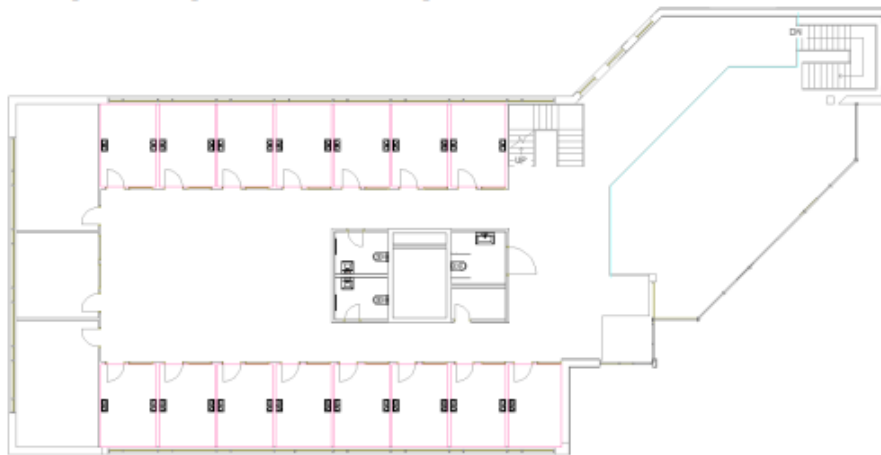


Рисунок 29

В появившемся окне «Автоматическая расстановка рабочих мест» выбираем конфигурацию РМ, ставим высоту установки 1000мм, отступ от стены 150мм и нажимаем «ОК». Рабочие места установятся в выбранном помещении. Если РМ устанавливаются в помещения с одинаковыми настройками, можно выделить все помещения и воспользоваться автоматической установкой для всех помещений. В помещениях, где будет находиться монтажный шкаф, оставим по одному РМ (рисунок 30).



Также расставим рабочие места на втором этаже.



Задание для самостоятельной работы

Для произвольно выбранного двухэтажного здания произвести расстановку рабочих мест в соответствии с рассмотренной выше методикой.

Содержание отчета по лабораторной работе

1. План здания с отдельной прорисовкой каждого этажа. На этаже должно быть 5-7 рабочих помещений. Количество рабочих мест в помещении составляет 3-5. Необходимо предусмотреть 1-2 вспомогательных помещения и одно помещение для размещения монтажного шкафа.
2. Результаты конфигурирования рабочих мест в виде экранных копий.
3. Размещение рабочих мест по помещениям на плане этажа.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СКС В СРЕДЕ NANOCAD СКС

Цель работы: Приобрести навыки проектирования СКС в системе автоматизированного проектирования NANOCAD СКС

Учебные вопросы

1. Установка на план монтажного шкафа
2. Подключение рабочих мест к монтажному шкафу
3. Прокладка трасс с КНС

1. Установка на план монтажного шкафа

Разместим на плане монтажный шкаф. Для этого открываем базу УГО, выбираем монтажный шкаф и устанавливаем его на плане. При привязке монтажного шкафа к БД импортируем монтажный шкаф из демонстрационной базы (рисунок 1, рисунок 2)

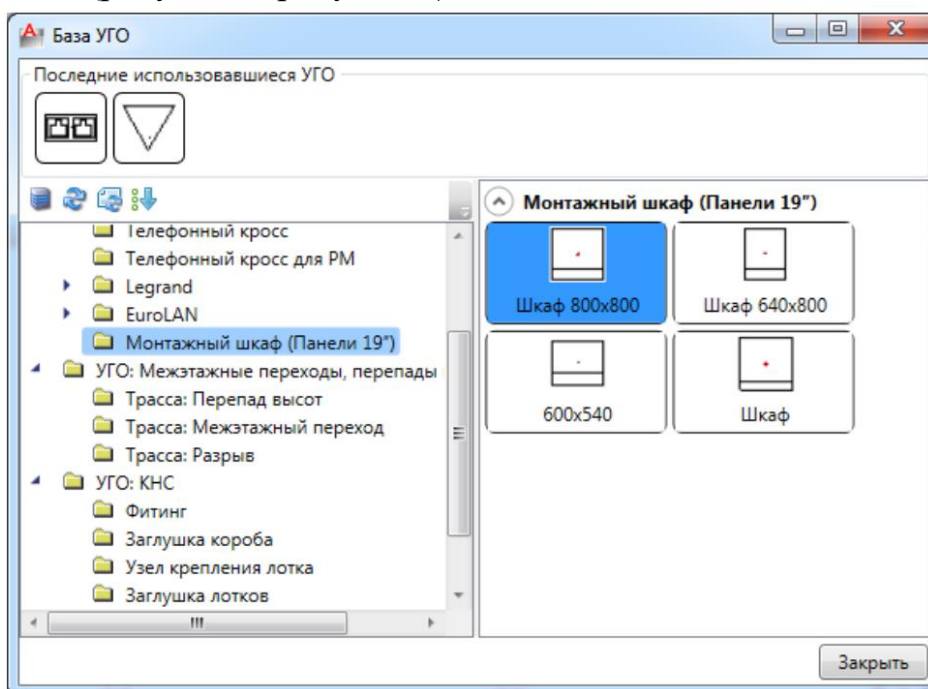


Рисунок 1

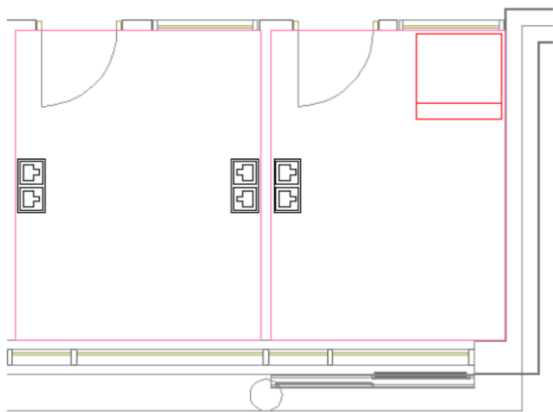


Рисунок 2

Далее откроем и заполним свойства поставленного на план монтажного шкафа (рисунок 3).

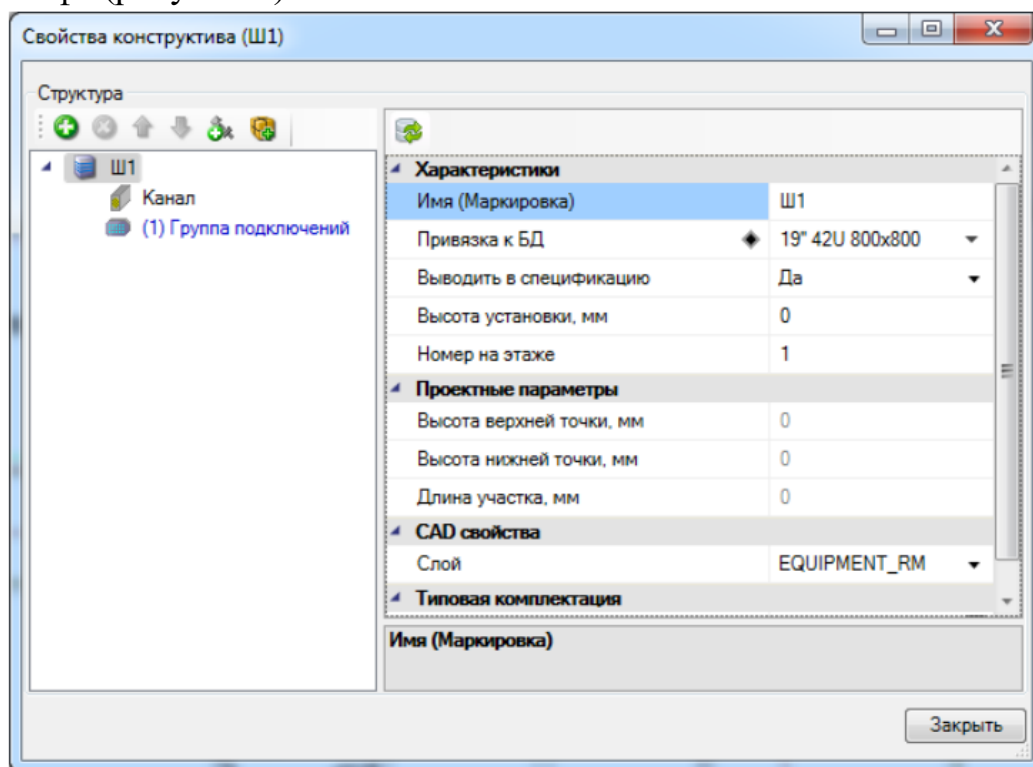


Рисунок 3

Создадим структуру монтажного шкафа. Для этого в свойствах монтажного шкафа выберем слева монтажный шкаф и нажмем кнопку «Добавить новый элемент». В появившемся диалоге импортируем коммутационную панель из демонстрационной базы данных. Выберем нужную панель и нажмем кнопку «ОК» (рисунок 4).

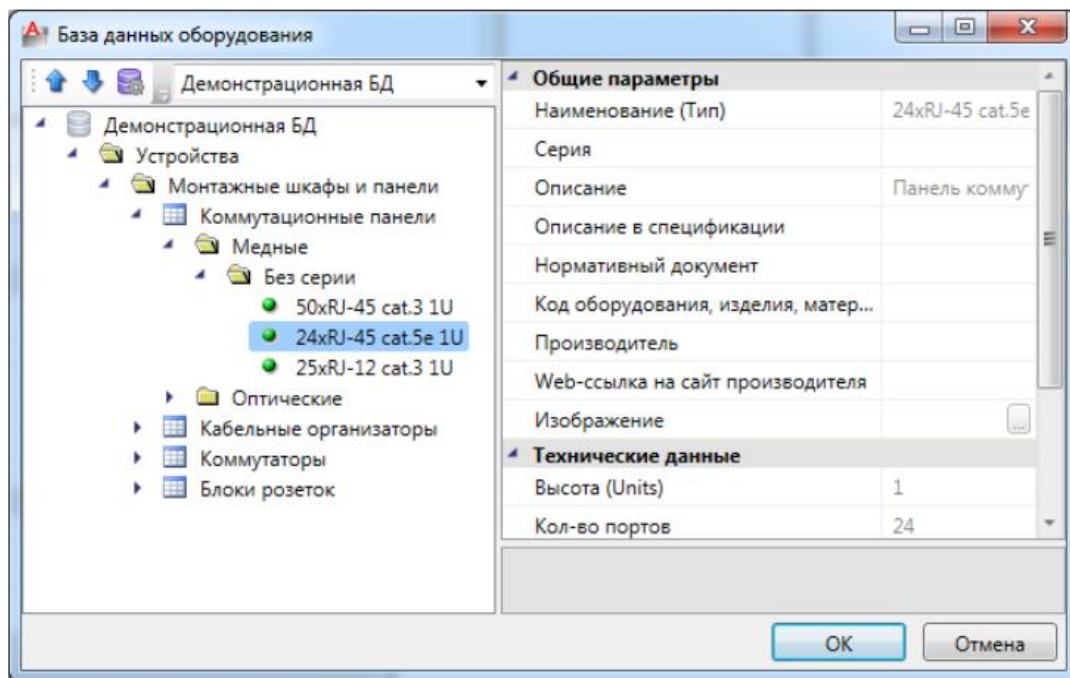
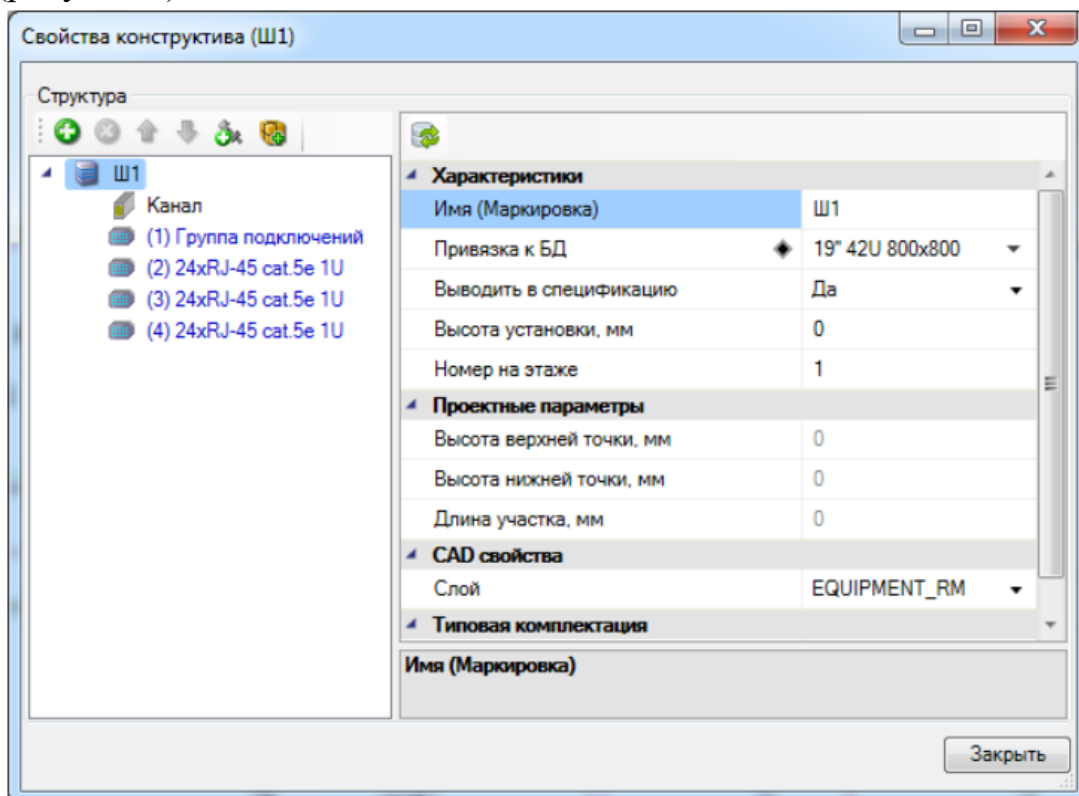


Рисунок 4

Добавим также еще несколько панелей и закроем свойства монтажного шкафа (рисунок 5).



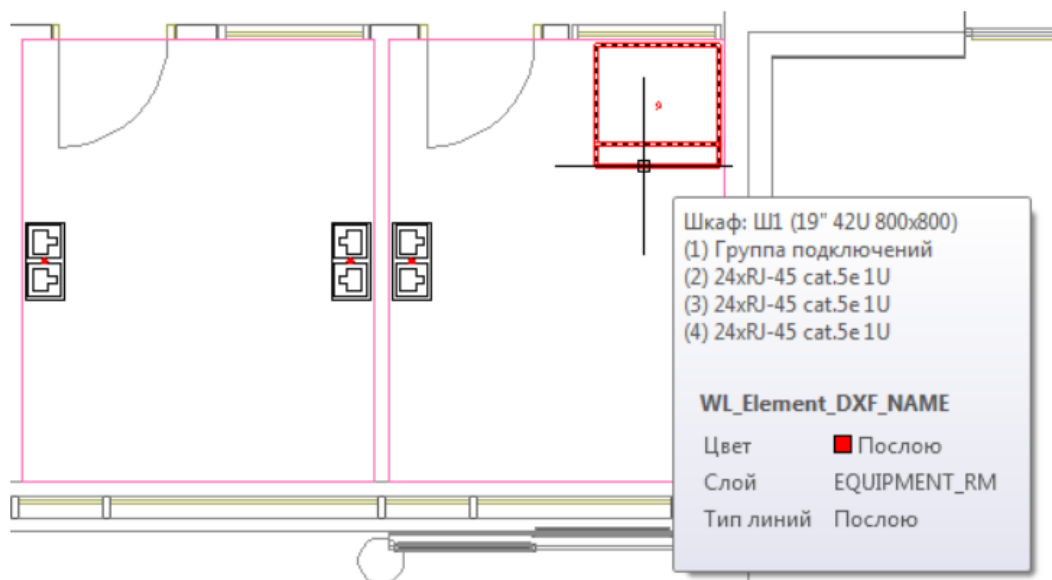


Рисунок 5

Поставим аналогичный монтажный шкаф на втором этаже и назовем его Ш2 (рисунок 6).

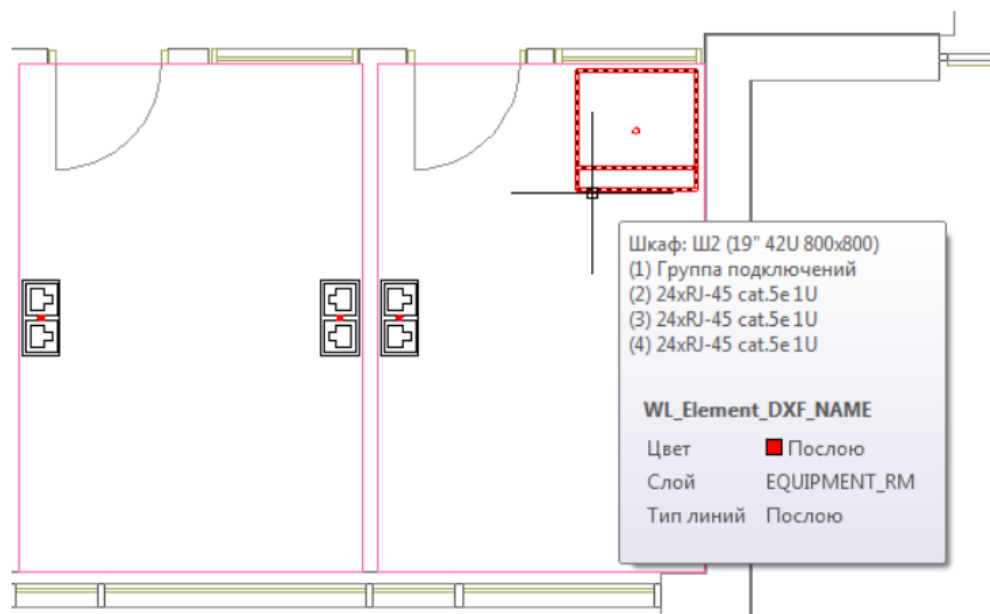


Рисунок 6

2. Подключение рабочих мест к монтажному шкафу

Прежде, чем подключить оборудование к монтажному шкафу, промаркируем его. Для этого необходимо нажать на кнопку главной панели инструментов «Обновить модель» (рисунок 7).

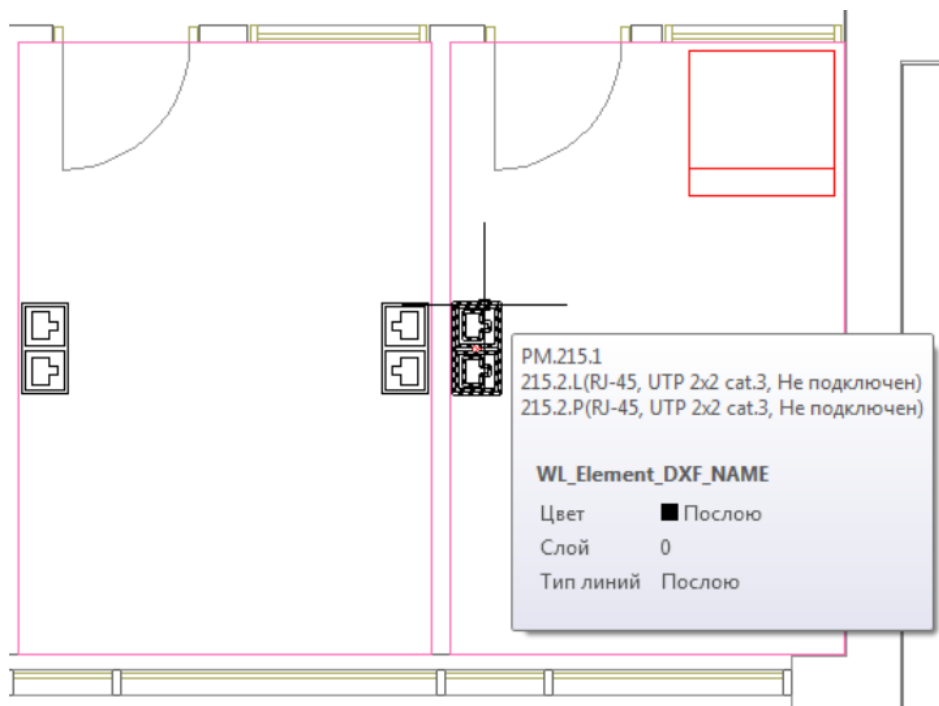


Рисунок 7

Откроем электротехническую модель проекта (ЭТМ), нажав на кнопку «Электротехническая модель» главной панели инструментов. В поле оборудования воспользуемся кнопкой «Сортировка по оборудованию» и выделим все рабочие места на первом этаже (рисунок 8).

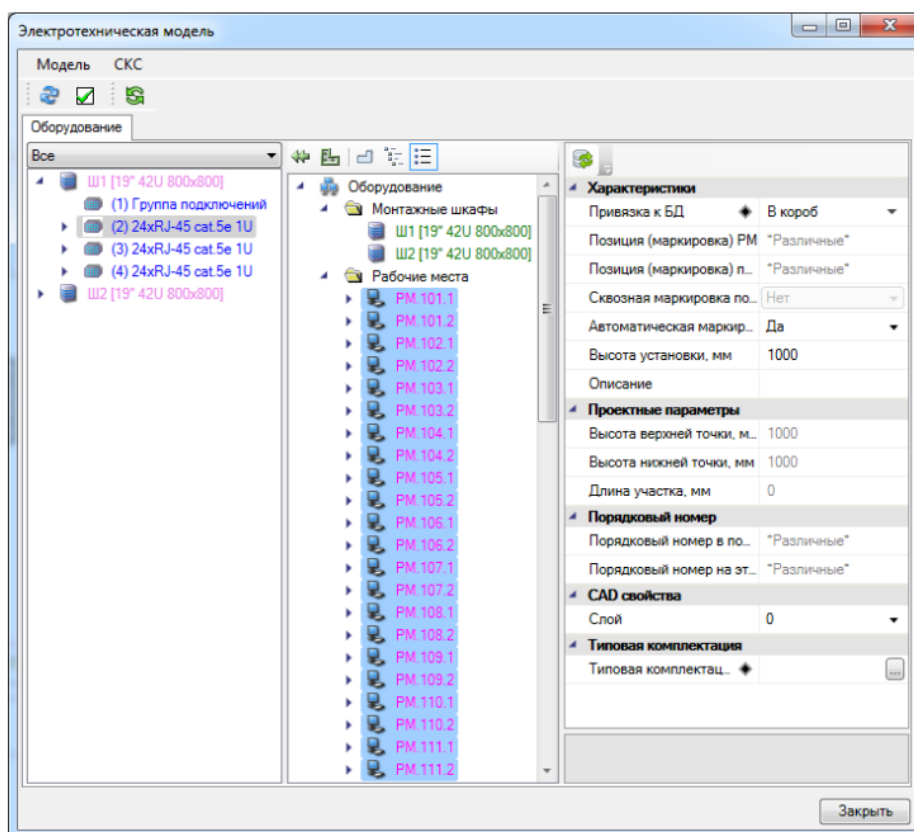


Рисунок 8

В поле слева раскроем структуру монтажного шкафа Ш1, выберем одну панель для подключения горизонтальной подсистемы этажа и нажмем кнопку «Подключить» (рисунок 9).

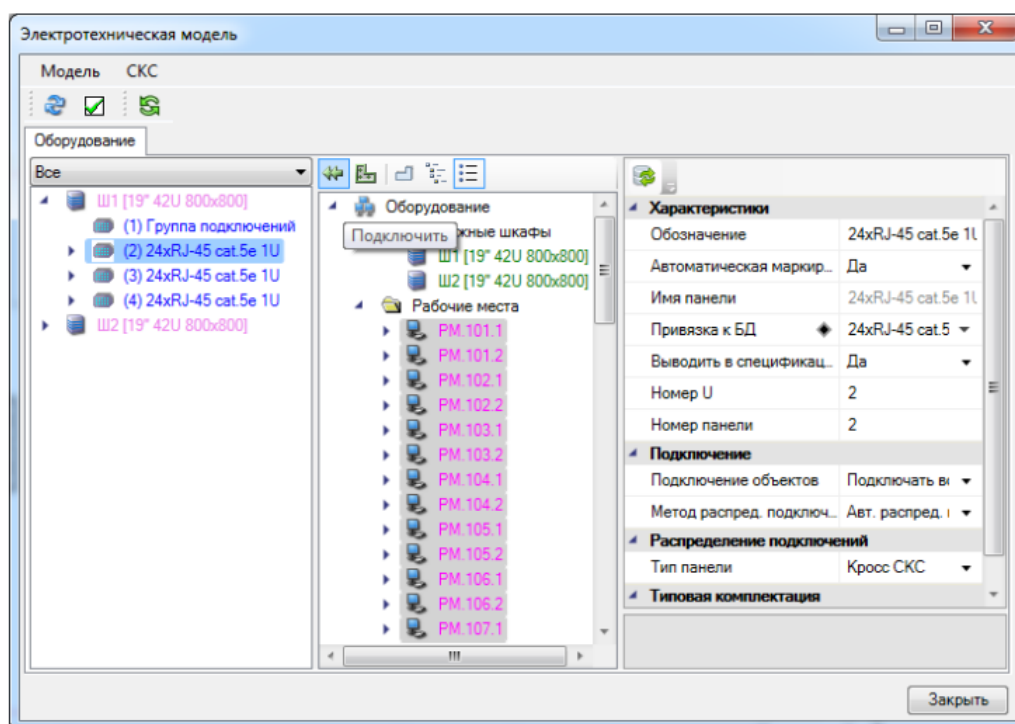


Рисунок 9

В структуре шкафа появились все порты рабочих мест первого этажа. В нашем примере всем портам не хватило места на одной панели, появились излишние подключения. Поставим всем трем панелям на странице свойств (справа) в свойстве «Метод распределения подключений» значение «Авт. распред. по группе панелей», в свойстве «Имя группы подключений» поставим значение T1 (рисунок 10). Далее выберем в контекстном меню монтажного шкафа Ш1 «Автоматическое распределение» (рисунок 11).

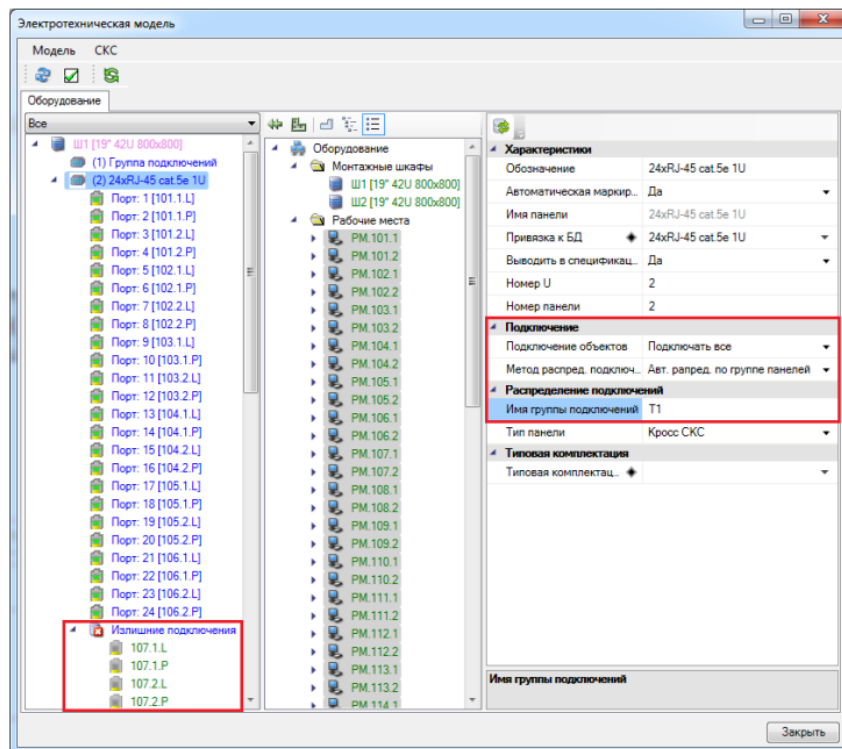


Рисунок 10

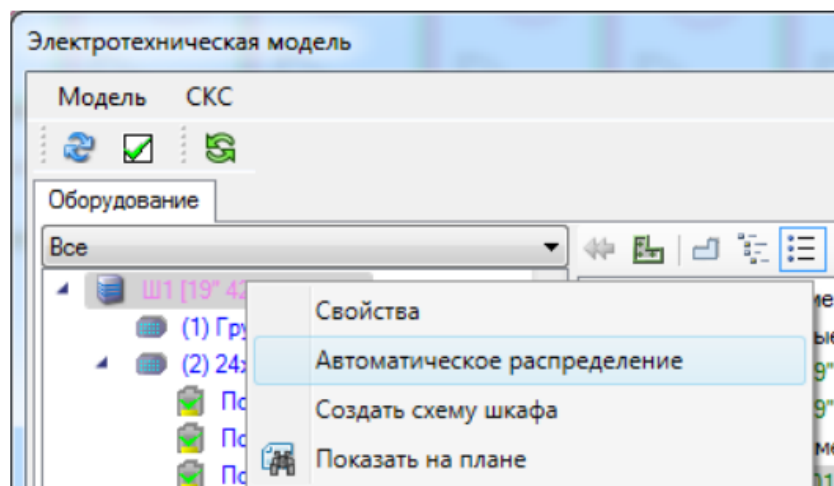


Рисунок 11

После этого подключения распределятся по панелям согласно количеству портов панелей (рисунок 12).

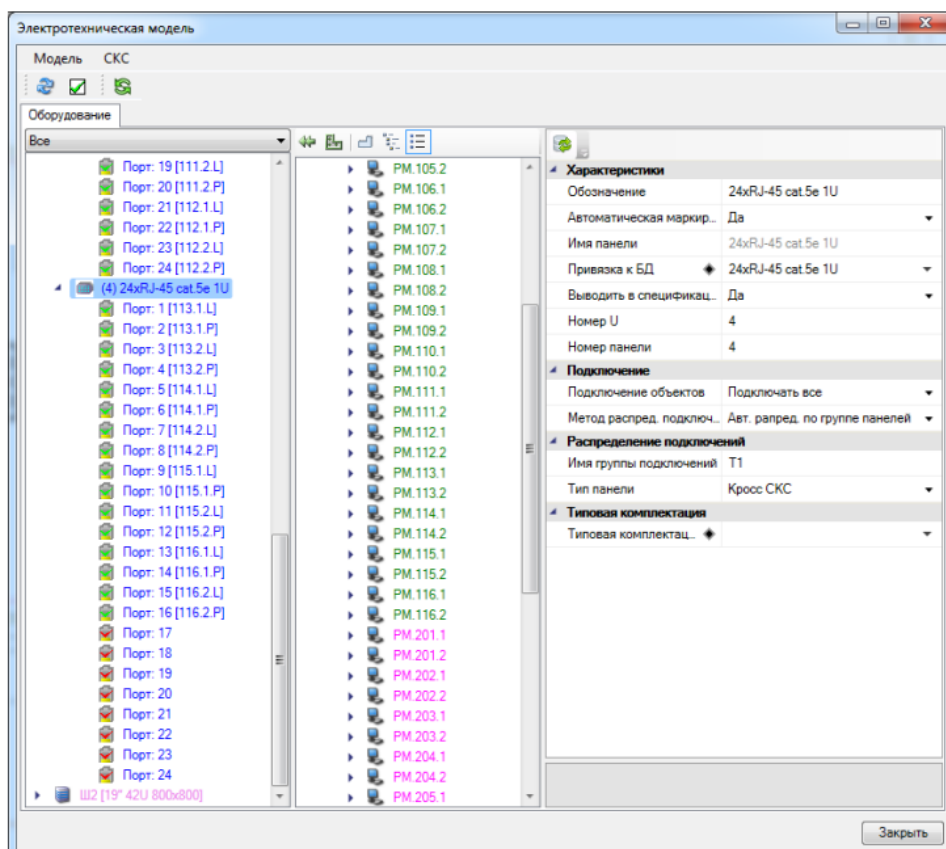


Рисунок 12

Повторим эти операции для оборудования и шкафа Ш2 на втором этаже.

3. Прокладка трасс с КНС

Далее нам нужно соединить оборудование на плане трассами. Перед тем, как начать прокладку трасс, экспортируем «Кабеленесущие системы» из демонстрационной базы в базу проекта при помощи кнопки «Импорт/экспорт оборудования» (рисунок 13).

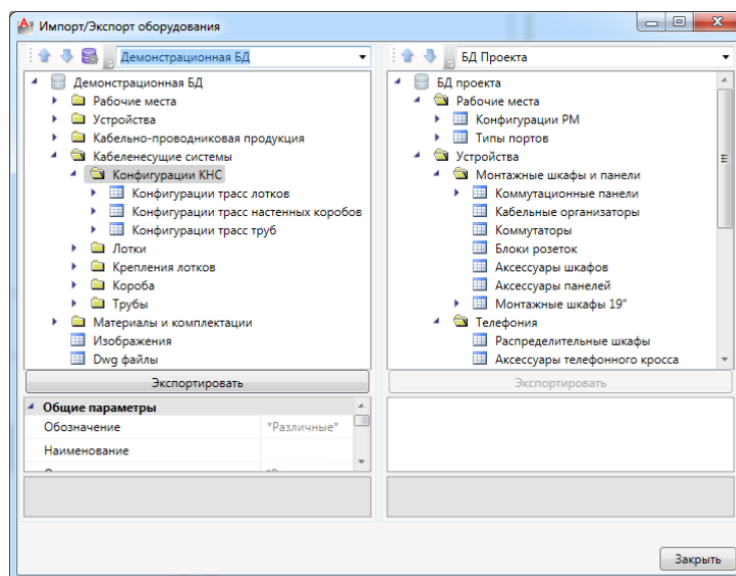


Рисунок 13

Для прокладки трасс с КНС необходимо воспользоваться кнопкой «Проложить трассу с каналом» главной панели инструментов (рисунок 14).

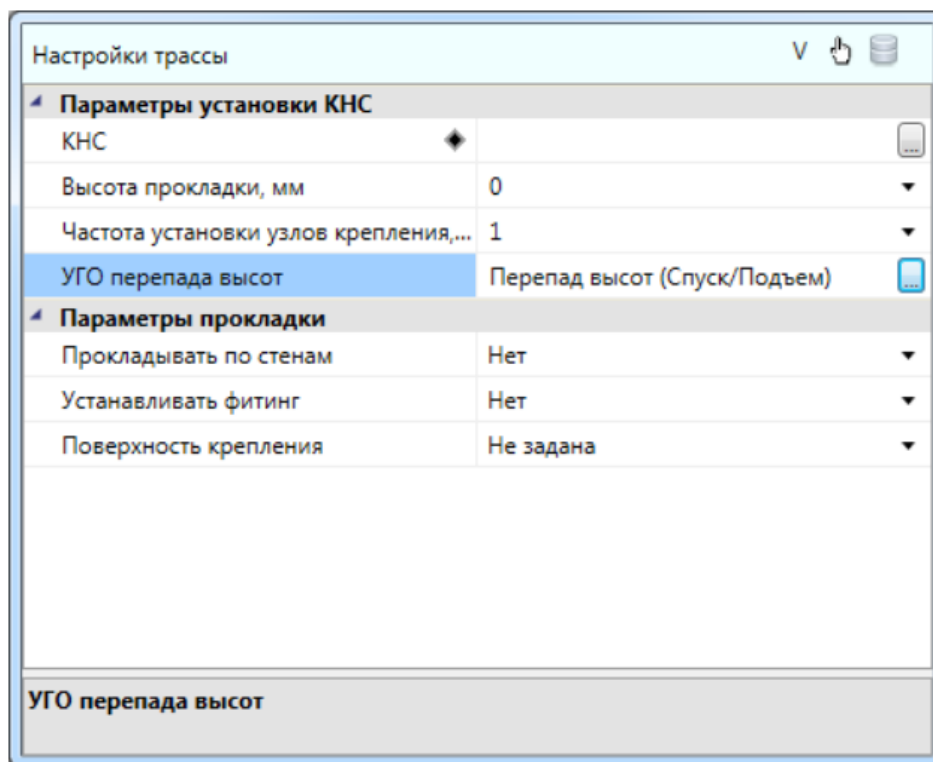


Рисунок 14

В данном проекте мы будем прокладывать трассы в коридоре на высоте 2700 мм, а в помещениях на высоте 1000 мм. КНС выберем для коридора «Лоток проволочный на шпильке», в помещениях это будет «Короб настенный», а между ними проложим «Гофру». Начнем с коридора. Выберем в окне «Настройки трассы» КНС при помощи кнопки «Выбрать из БД». Выбранное

значение появится в строке «КНС». Высота прокладки 2700 мм (рисунок 15,16).

Настройки трассы	
Параметры установки КНС	
КНС	Лоток проволочный на шпильке
Высота прокладки, мм	2700
Частота установки узлов крепления, ...	1,5
УГО перепада высот	Перепад высот (Спуск/Подъем)
Параметры прокладки	
Прокладывать по стенам	Нет
Устанавливать фитинг	Нет
Поверхность крепления	Не задана
Слой	
Имя слоя	Лоток1
Цвет	Maroon
Выводить на печать	Да
Толщина линий	0,50

Рисунок 15

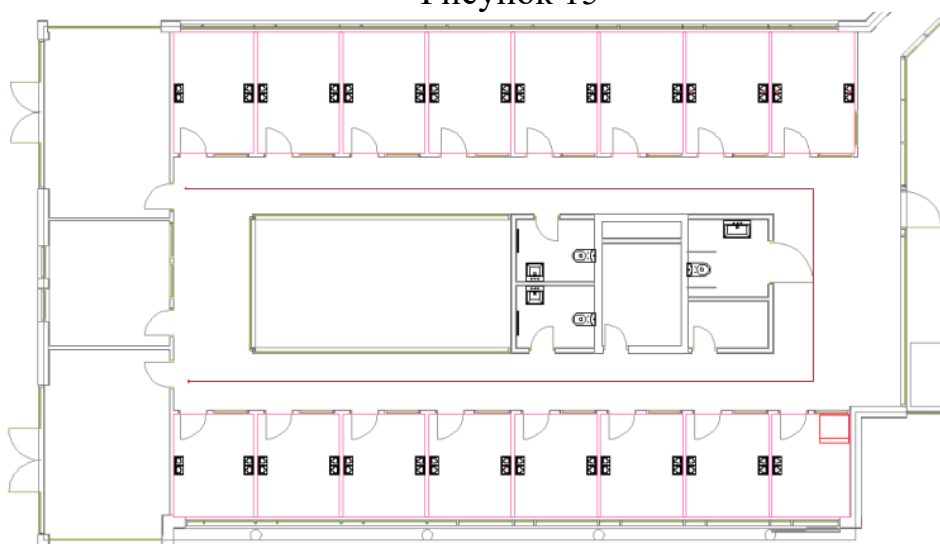


Рисунок 16

Далее соединим рабочие места в помещениях между собой. Снова вызываем окно «Настройки трассы». Выбираем КНС «Короб настенный» из базы проекта, высота прокладки – 1000 мм.

Для удобства прокладки трассы воспользуемся функцией «Прокладывать по стенам» и зададим расстояние от стены на плане 150мм (рисунок 17).

Настройки трассы

Параметры установки КНС	
КНС	Короб настенный
Высота прокладки, мм	1000
Частота установки узлов крепления,...	1
УГО перепада высот	Перепад высот (Спуск/Подъем)
Параметры прокладки	
Прокладывать по стенам	Да
Отступ от стены на плане, мм	150
Устанавливать фитинг	Нет
Поверхность крепления	Не задана
Слой	
Имя слоя	Короб
Цвет	Lime
Выводить на печать	Да
Толщина линий	0,30

КНС

Рисунок 17

На рисунке 18 показан результат прокладки трассы на плане.

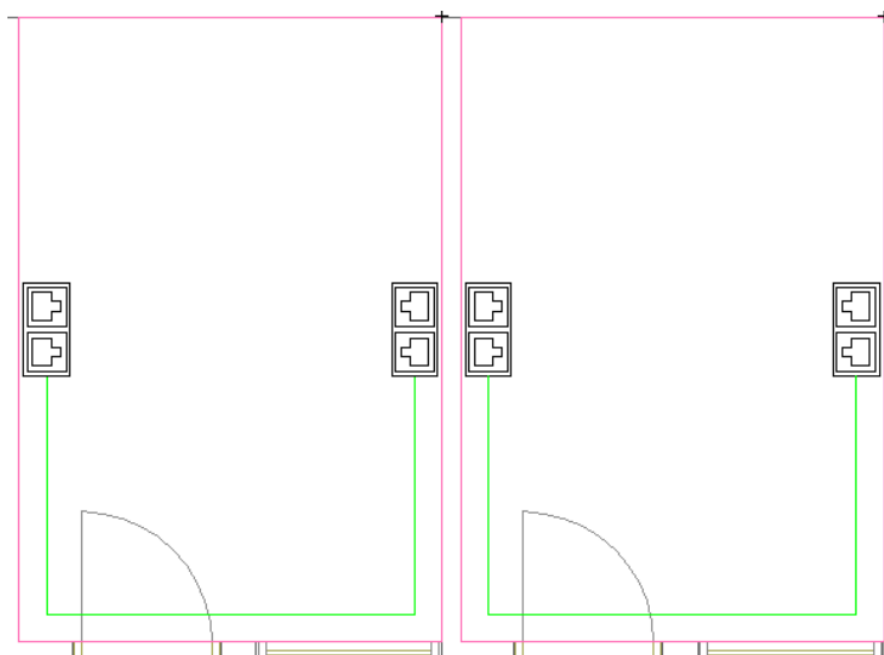


Рисунок 18

При помощи команды «Установить перепад высот» расставим дополнительные перепады высот, чтобы «обойти» дверные проемы в помещениях. В появившемся окне воспользуемся кнопкой «Последние использовавшиеся

конфигурации» и выберем конфигурацию с коробом. Также сменим УГО перепада высот на «Опуск короба» (рисунок 19).

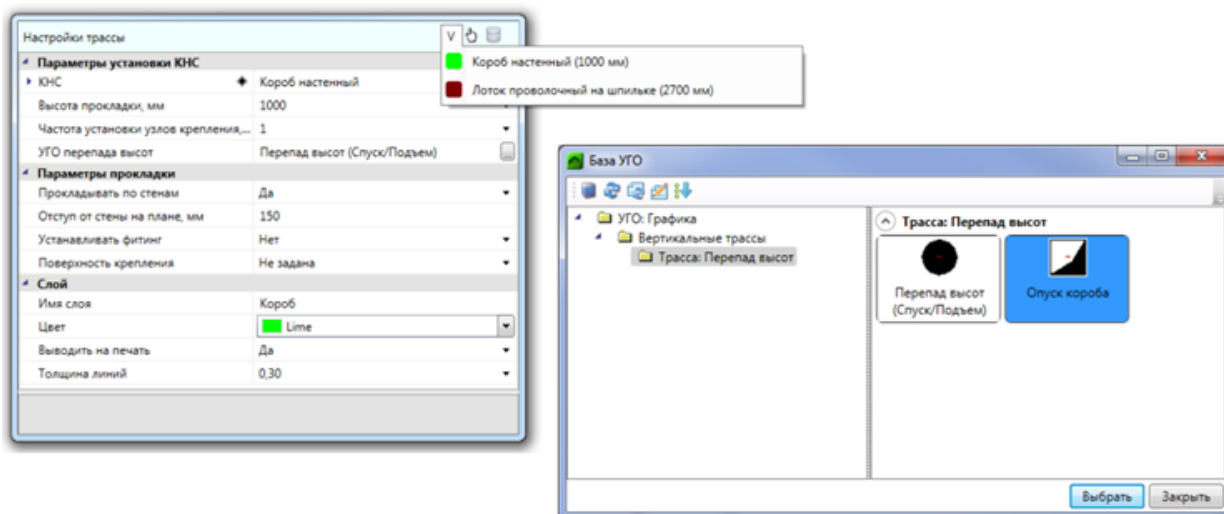
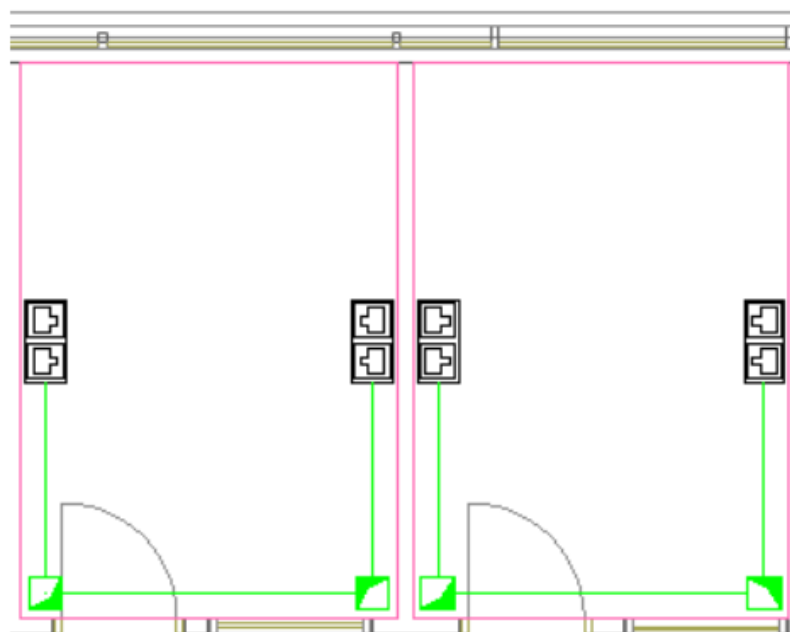


Рисунок 19



После расстановки вертикальных переходов изменим высоты трасс над входами в помещения на 2700мм (рисунок 20).

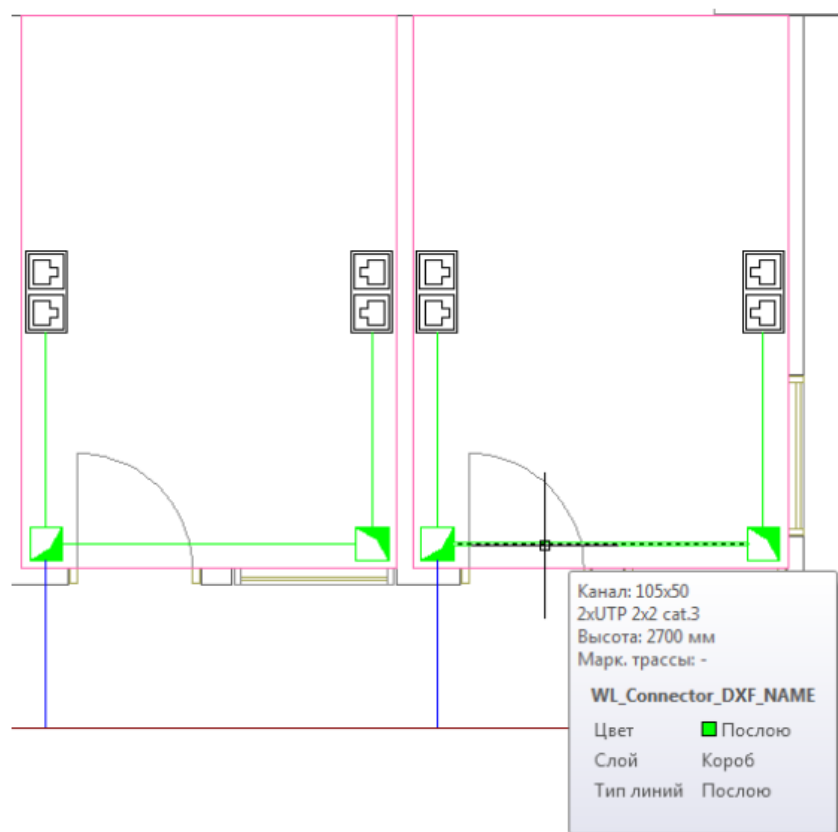


Рисунок 20

Соединим рабочие места с трассой в коридоре командой «Соединить трассой объекты или объект с трассой перпендикуляром». Поменяем в окне «Настройки трассы» короб на гофру, высоту поставим 2700мм. Для этого надо по очереди выбрать на плане перепад высот и трассу в коридоре (рисунок 21).

Настройки трассы

Параметры установки КНС	
КНС	Гофра
Высота прокладки, мм	2700
Частота установки узлов крепления, ...	1
УГО перепада высот	Опуск короба
Параметры прокладки	
Прокладывать по стенам	Да
Отступ от стены на плане, мм	150
Устанавливать фитинг	Да
Поверхность крепления	Не задана
Слой	
Имя слоя	Гофра
Цвет	Blue
Выводить на печать	Да
Толщина линий	0,30

Высота прокладки, мм

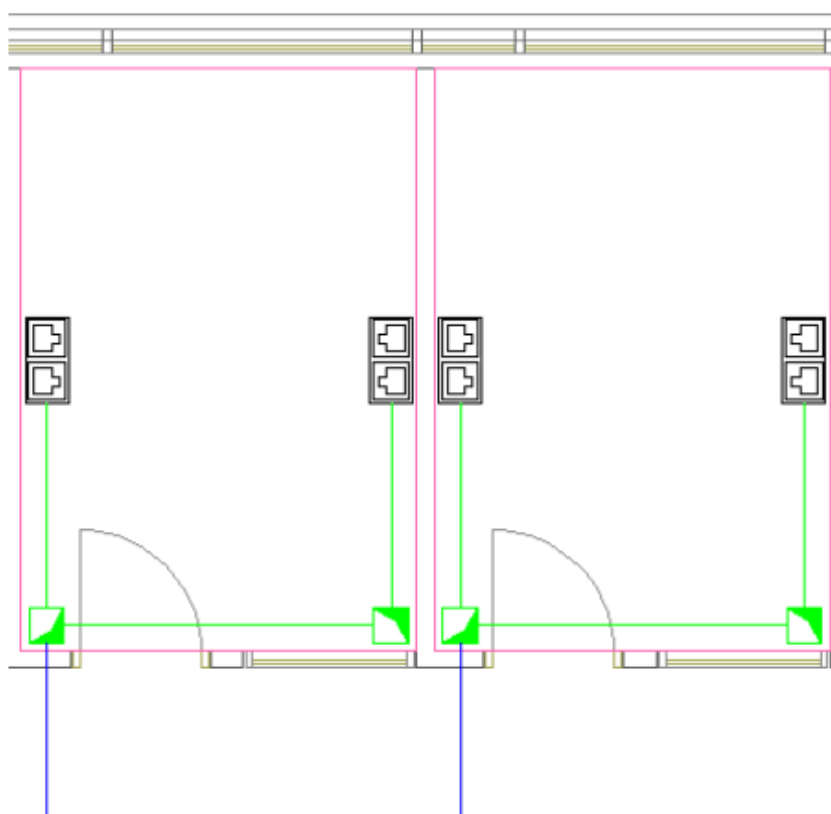


Рисунок 21

По аналогии проведем трассы на втором этаже. Для облегчения процесса смены параметров при прокладке трасс с КНС в окне «Настройки трассы» предусмотрена возможность копировать параметры из существующей трассы

при помощи кнопки «Получить параметры из существующей трассы » или использовать последние выбранные конфигурации КНС.

Для первого этажа получим следующее (рисунок 22).

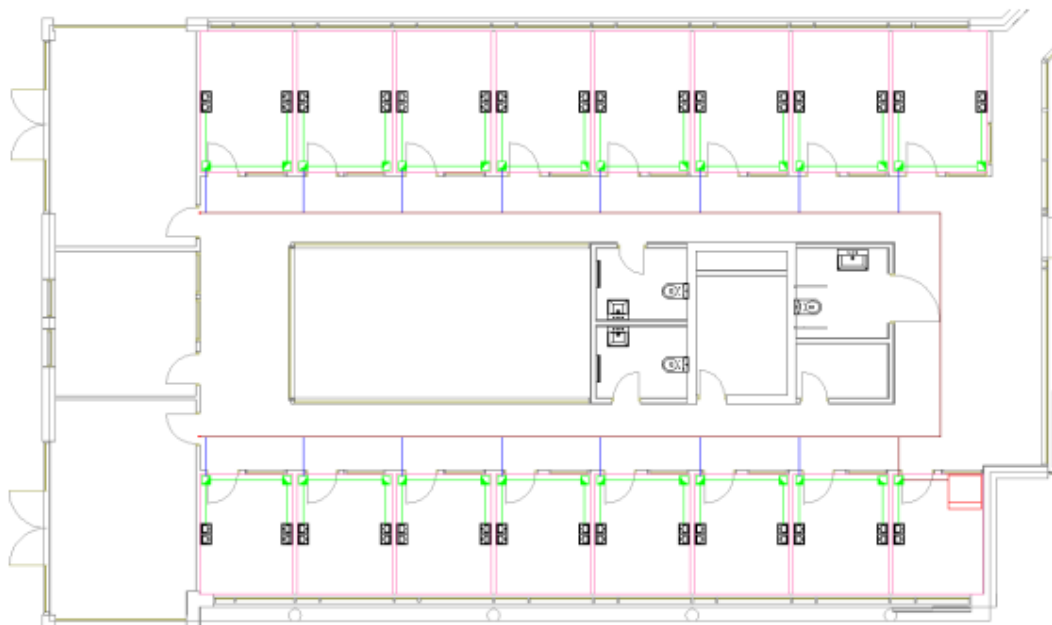


Рисунок 22

Результат прокладки трассы по второму этажу показан на рисунке 23.

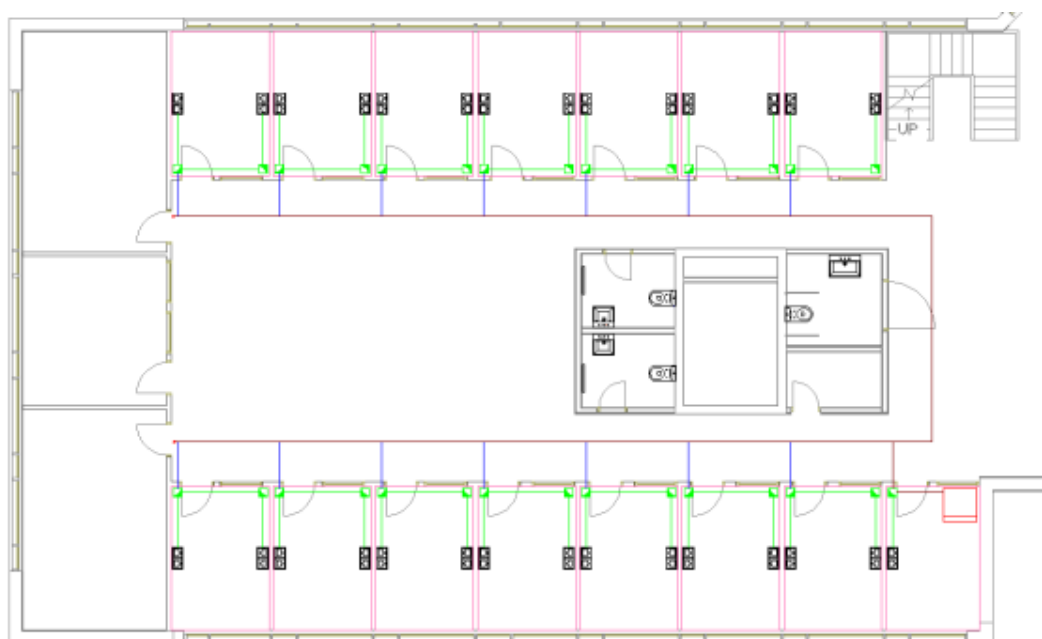


Рисунок 23

Далее нужно соединить трассы на первом и втором этажах. Для этого нужно поставить на план стояк и соединить его трассой со шкафом. Для создания стояка необходимо вызвать базу УГО и установить на всех этажах, через

которые проходит стояк, межэтажные переходы. При помощи кнопки «Проложить канал в существующих трассах» главной панели инструментов проложим КНС в установленном перепаде высот (рисунок 24).

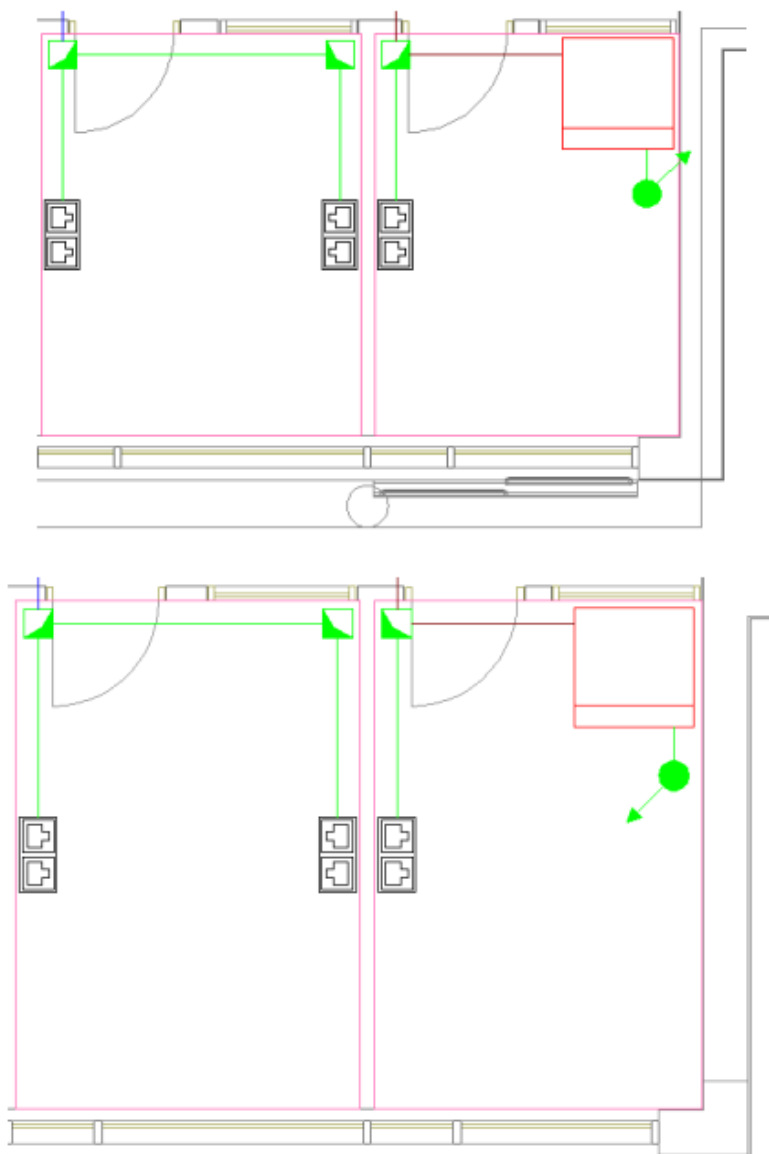
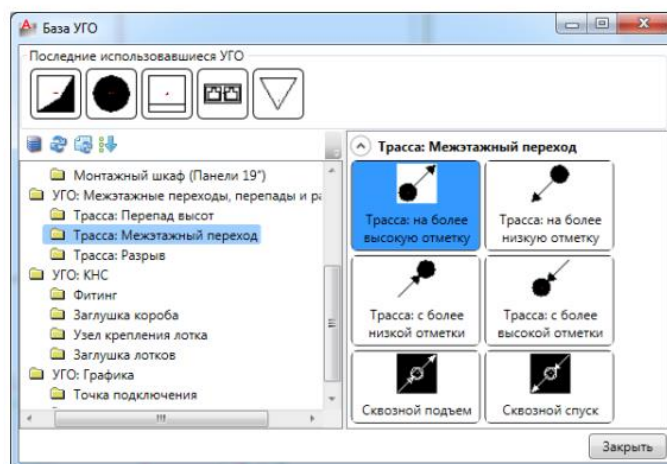


Рисунок 24

После установки на план элементов вертикальных стояков, необходимо задать им в странице свойств одинаковое имя стояка («Ст-1»). Используя имя стояка, будет автоматически произведено соединение участков в модели (рисунок 25).

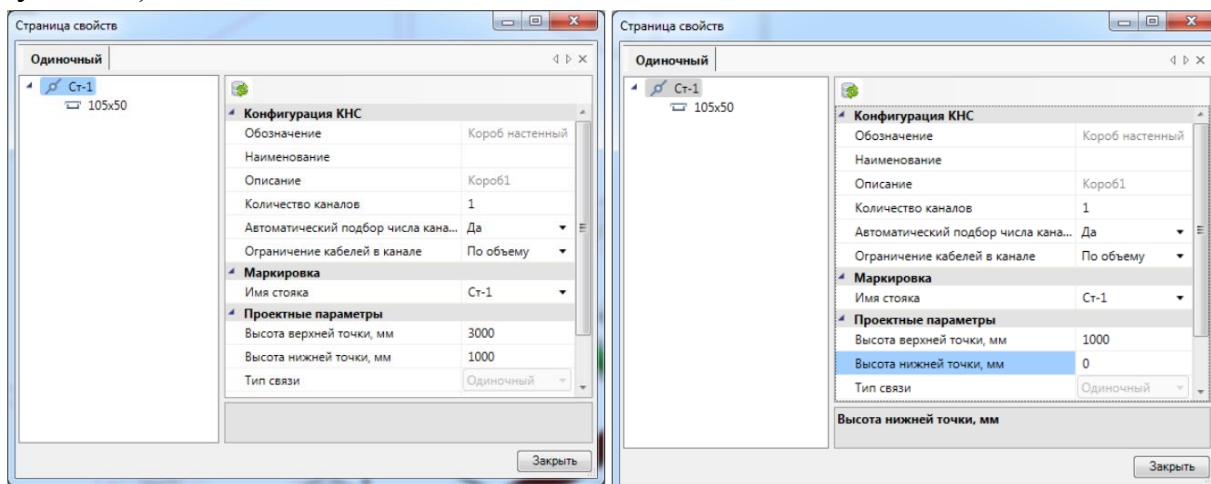


Рисунок 25

Теперь нужно подключить монтажный шкаф Ш1 к монтажному шкафу Ш2. Для этого откроем свойства монтажного шкафа Ш2. Добавим в структуру оптическую коммутационную панель нажатием кнопки «Добавить новый элемент» (рисунок 26).

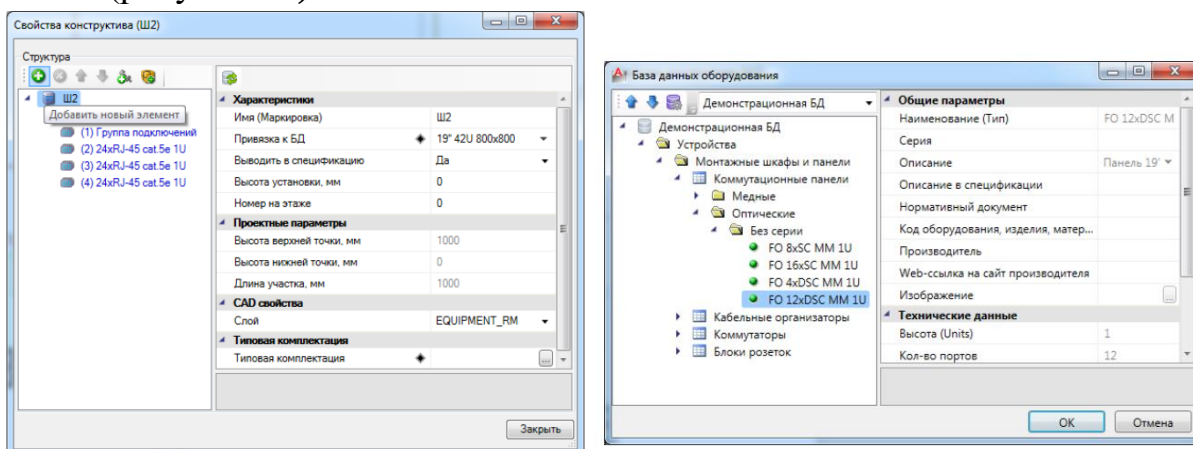


Рисунок 26

Выберем появившуюся панель и нажмем на кнопку «Добавить новый элемент» (рисунок 27).

Выберем появившееся соединение и нажмем кнопку «+» в поле свойств «Используемые кабели». В появившемся диалоге нажмем на кнопку «Добавить новый элемент» и выберем нужный кабель (рисунок 28).

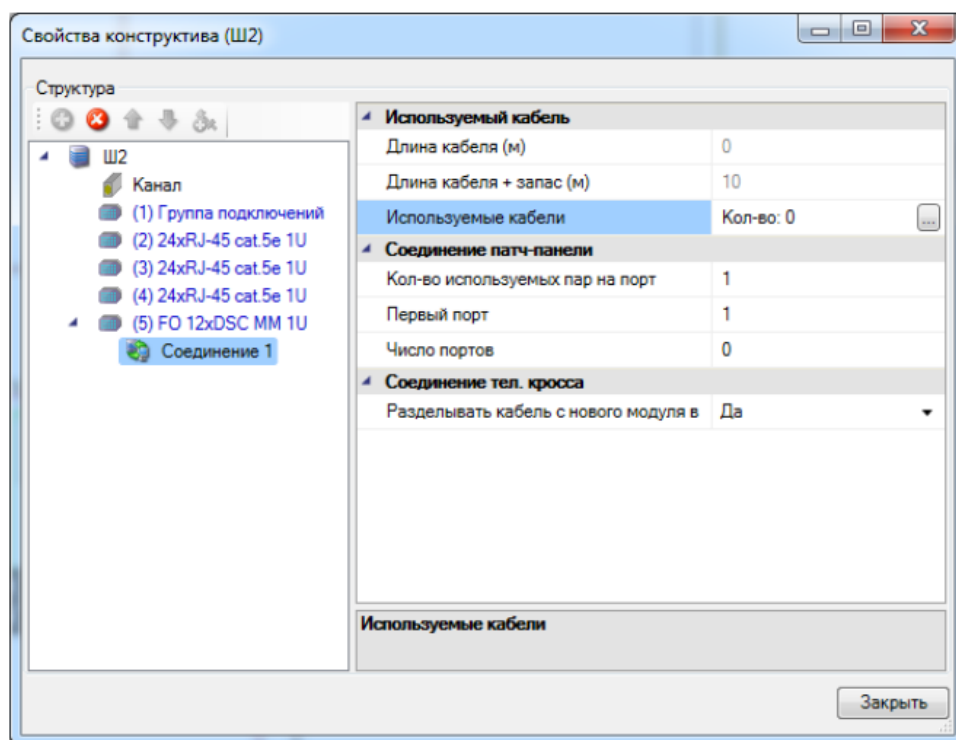


Рисунок 27

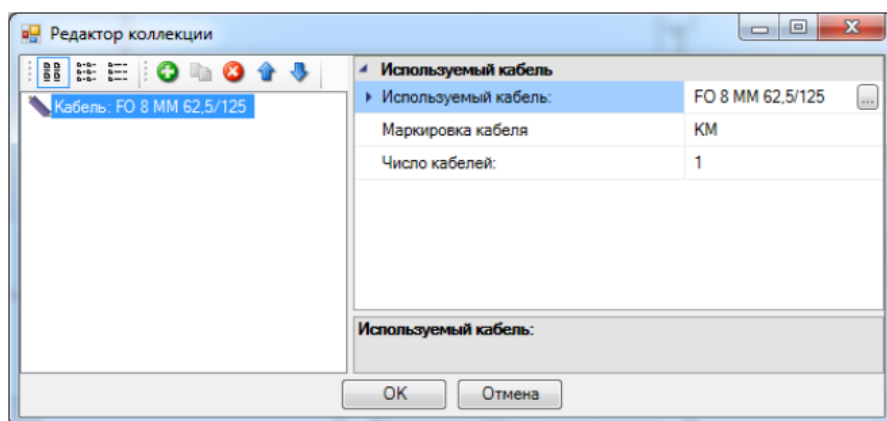
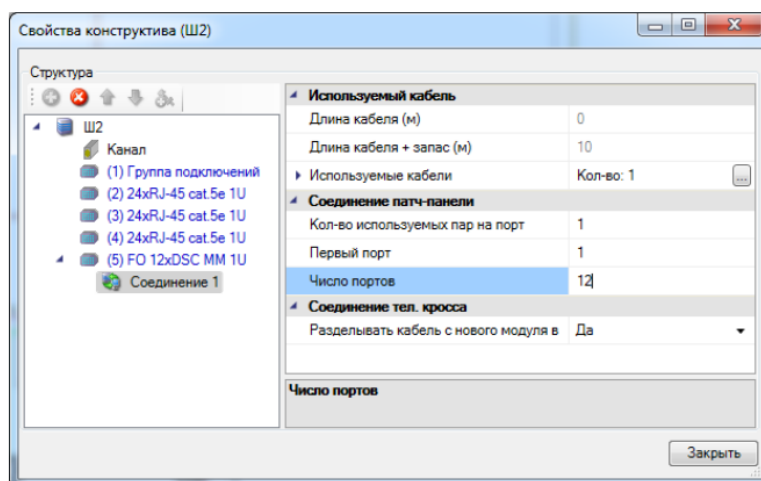


Рисунок 28

Закроем диалог и заполним свойства соединения (рисунок 29).



Далее закроем свойства шкафа Ш2 и откроем «Электротехническую модель» проекта. Выберем в контекстном меню монтажного шкафа Ш1 «Свойства» и добавим в структуру оптическую панель (рисунок 30).

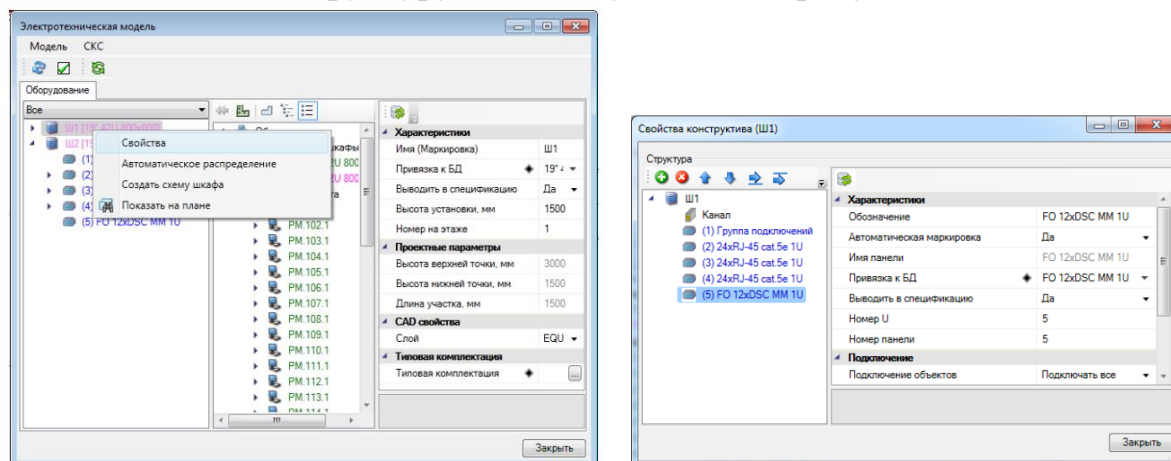


Рисунок 30

Теперь выберем созданное соединение в Ш2 в области оборудования (рисунок 31) и подключим его к оптической панели монтажного шкафа Ш1 (рисунок 32).

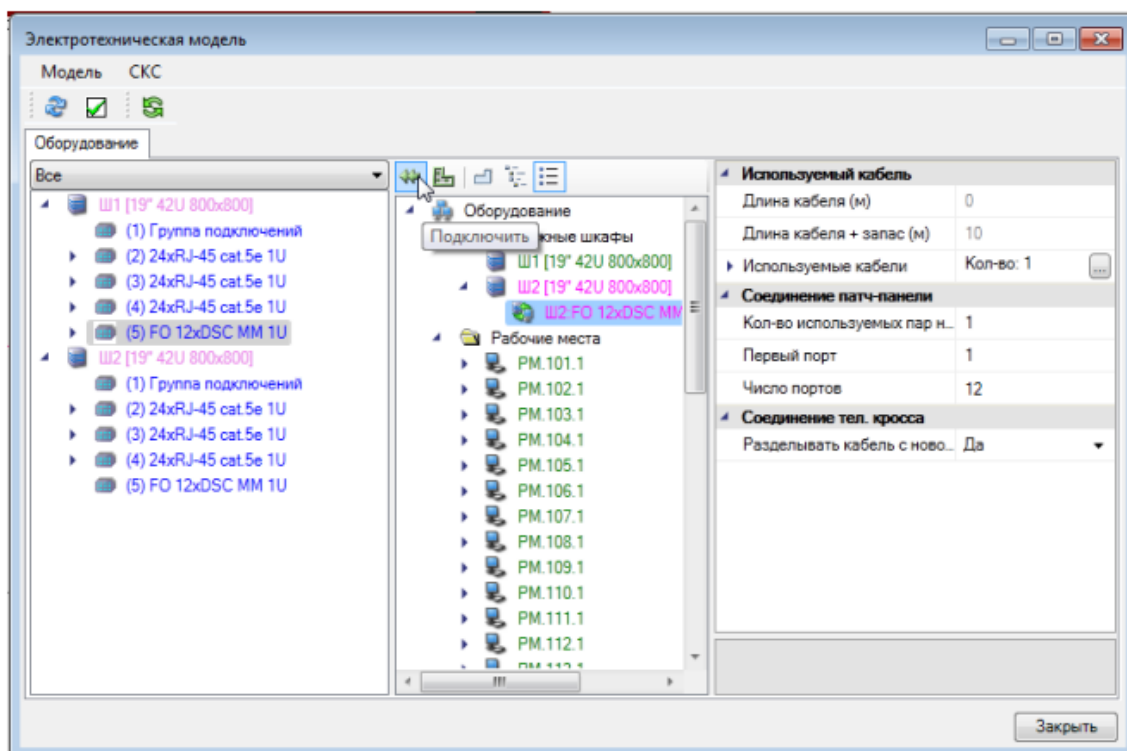


Рисунок 31

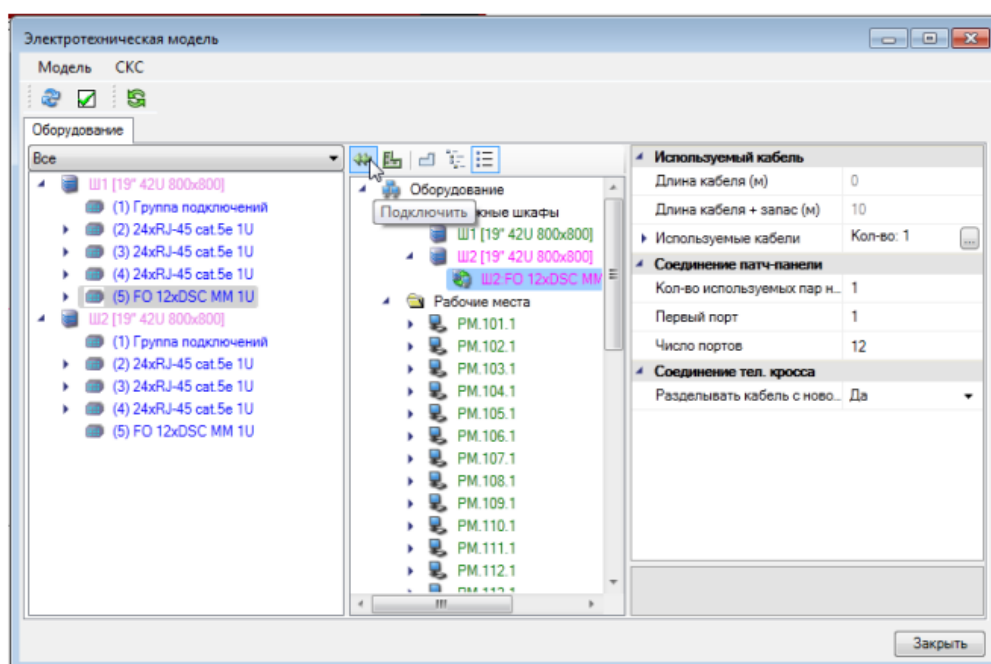


Рисунок 32

Закроем электротехническую модель и нажмем на кнопку «Обновить модель» главной панели инструментов.

Задание для самостоятельной работы

Для двухэтажного здания, план которого был разработан на предыдущей лабораторной работе произвести установку монтажных шкафов, размещение трассы по помещениям и выполнить межэтажное соединение. С использованием средств документирования выполнить расстановку выносок и сформировать выходную документацию по проекту.

Содержание отчета по лабораторной работе

1. План здания с отдельной прорисовкой каждого этажа. С размещением трасс кабельной системы
2. Результаты конфигурирования соединений в монтажных шкафах.
3. Схемы монтажных шкафов и кабельные журналы по этажам.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СКС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ И ПРОТОКОЛА STP

Цели работы:

лабораторная работа помогает получить практические навыки по изучению следующих тем:

Включение и отключение STP/RSTP.

Процедура изменения режима STP коммутатора.

Процедура изменения приоритетов мостов для управления выбором корневого моста.

Учебные вопросы:

1. Включение STP.
2. Изменение приоритетов мостов, чтобы контролировать выбор корневого моста.
3. Изменение параметров порта, чтобы определить роль порта.
4. Изменение протокола на протокол RSTP.
5. Настройка граничных портов.

Общая информация

В коммутируемой сети Ethernet для реализации резервирования путей связи и повышения сетевой доступности используются резервные каналы. Однако серьезным недостатком их применения является образование петель, которые могут вызывать широковещательные шторма, нестабильность таблицы MAC-адресов, ухудшение или даже прерывание связи. Чтобы предотвратить образование петель, ассоциация IEEE разработала протокол связующего дерева (Spanning Tree Protocol, STP).

STP, определенный в стандарте IEEE 802.iD, был усовершенствован до протокола быстрого связующего дерева (Rapid Spanning Tree Protocol, RSTP), определенного в стандарте IEEE 802.iW, и протокола множественного связующего дерева (Multiple Spanning Tree Protocol, MSTP), определенного в стандарте IEEE 802.iS.

С помощью этой лабораторной работы вы узнаете базовую конфигурацию STP, поймете принципы и некоторые особенности RSTP.

Процедура изменения приоритетов портов для управления выбором корневого порта и назначенного порта.

Процедура изменения стоимости портов для управления выбором корневого порта и назначенного порта.

Процедура настройки граничных портов.

Включение и отключение RSTP.

Топология сети. В целях повышения сетевой доступности, компании необходимо создать резервные каналы в своей коммутируемой сети уровня 2. Кроме того, необходимо развернуть протокол STP, чтобы предотвратить образование петель на резервных каналах, вызывающих широковещательный шторм и нестабильность MAC-адресов. На рисунке 1 показана топология сети на которой будет выполняться исследование протокола STP.

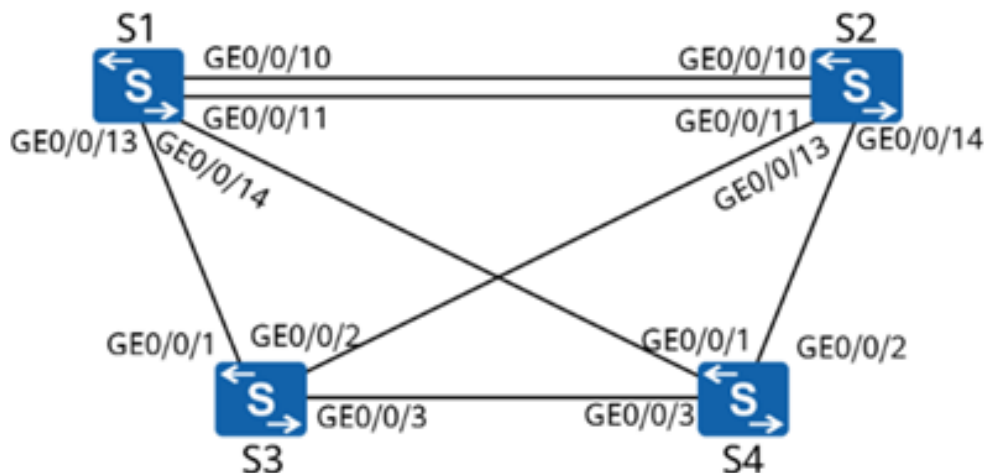


Рисунок 1. Топология сети для конфигурирования STP, используемая в данной лабораторной работе

Включение STP

Шаг 1. Отключите ненужные порты.

Отключите порт GigabitEthernet0/0/12 между S1 и S2.

```
[S1]interface GigabitEthernet 0/0/12
[S1-GigabitEthernet0/0/12]shutdown
```

```
[S2]interface GigabitEthernet 0/0/12
[S2-GigabitEthernet0/0/12]shutdown
```

Шаг 2 Включите STP.

Включите STP глобально.

```
<S1>system-view
Enter system view, return user view with Ctrl+Z. [S1]stp enable
```

Команда `stp enable` позволяет включить протокол STP, RSTP или MSTP на коммутационном устройстве или порте. По умолчанию на коммутаторах включен протокол STP, RSTP или MSTP.

Измените режим связующего дерева на STP.

```
[S1]stp mode stp
```

Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a moment...done.

С помощью команды `stp mode {mstp | rstp | stp}` можно установить режим работы протокола связующего дерева на коммутационном устройстве. По умолчанию коммутационное устройство работает в режиме MSTP. Режим связующего дерева текущего устройства был изменен на STP.

```
[S2]stp mode stp
```

Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a moment...done.

```
[S3]stp mode stp
```

Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a moment...done.

```
[S4]stp mode stp
```

Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a moment...done.

Выведите на экран статус связующего дерева. В данном случае для примера используется коммутатор S1.

```
[S1]display stp
```

-----[CIST Global Info][Mode STP]-----

CIST Bridge	:32768.4c1f-cc33-7359	//Идентификатор моста устройства.
Config Times	:Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20	
Active Times	:Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20	
CIST Root/ERPC	:32768.4c1f-cc10-5913 / 20000	//Идентификатор и стоимость маршрута текущего корневого моста.
CIST RegRoot/IRPC	:32768.4c1f-cc33-7359 / 0	
CIST RootPortId	:128.14	
BPDU-Protection	:Disabled	
TC or TCN received	:47	
TC count per hello	:0	
STP Converge Mode	:Normal	
Time since last TC	:0 days 0h:0m:38s	
Number of TC	:15	
Last TC occurred	:GigabitEthernet0/0/14	

Выведенная информация также включает данные состояния порта, которые не были включены в предыдущий командный вывод.

Выведите на экран краткую информацию о связующем дереве на каждом коммутаторе.

[S1]display stp brief

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
o	GigabitEthernet0/0/10	DESI	FORWARDING	NONE
o	GigabitEthernet0/0/11	DESI	FORWARDING	NONE
o	GigabitEthernet0/0/13	DESI	FORWARDING	NONE
o	GigabitEthernet0/0/14	ROOT	FORWARDING	NONE

[S2]display stp brief

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
o	GigabitEthernet0/0/10	ALTE	DISCARDING	NONE
o	GigabitEthernet0/0/11	ALTE	DISCARDING	NONE
o	GigabitEthernet0/0/13	DESI	FORWARDING	NONE
o	GigabitEthernet0/0/14	ROOT	FORWARDING	NONE

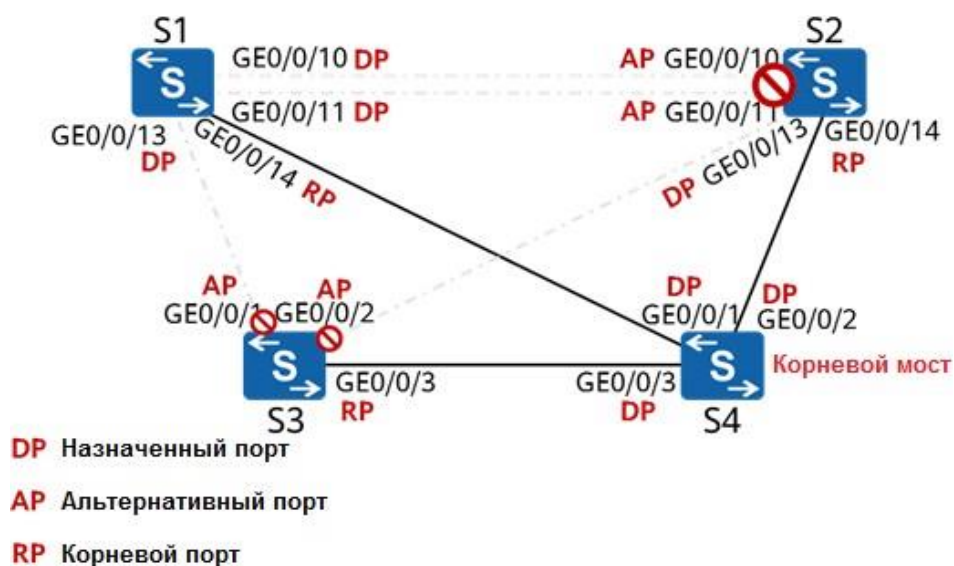
[S3]display stp brief

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
o	GigabitEthernet0/0/1	ALTE	DISCARDING	NONE
o	GigabitEthernet0/0/2	ALTE	DISCARDING	NONE
o	GigabitEthernet0/0/3	ROOT	FORWARDING	NONE

[S4]display stp brief

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
o	GigabitEthernet0/0/1	DESI	FORWARDING	NONE
o	GigabitEthernet0/0/2	DESI	FORWARDING	NONE
o	GigabitEthernet0/0/3	DESI	FORWARDING	NONE

На основании идентификатора корневого моста и информации о порте каждого коммутатора текущая топология выглядит следующим образом:



Пунктирной линией показаны каналы, которые не передают служебные данные.

Данная топология приводится исключительно в справочных целях, поэтому может не совпадать с фактической топологией связующего дерева в лабораторной среде.

Шаг 3 Измените параметры устройства, чтобы сделать S1 корневым мостом, а S2 — резервным корневым мостом.

Измените приоритеты мостов S1 и S2.

```
[S1]stp root primary
```

Так как корневой мост играет очень важную роль в сети, то в качестве него обычно выбирается коммутатор с высокой производительностью и высоким уровнем сетевой иерархии. Однако такое устройство может иметь невысокий приоритет. Поэтому необходимо установить коммутатору высокий приоритет, чтобы он мог быть выбран в качестве корневого моста. С помощью команды `stp root` можно настроить коммутатор в качестве корневого моста или резервного корневого моста связующего дерева.

Команда `stp root primary` позволяет задать коммутатор в качестве корневого коммутационного устройства. В этом случае коммутатор получит приоритет в связующем дереве, равный 0, и его нельзя будет изменить.

Команда `stp root secondary` позволяет задать коммутатор в качестве резервного корневого моста. В этом случае коммутатор получит приоритет, равный 4096, и его нельзя будет изменить.

```
[S2]stp root secondary
```

Выведите на экран статус STP на S1.

```
[S1]display stp
-----[CIST Global Info][Mode STP]-----
CIST Bridge           :0       .4c1f-cc33-7359           //Идентификатор моста устройства.
Config Times Ac-      :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
tive Times CIST       :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
Root/ERPC             :0       .4c1f-cc33-7359 / 0         //Идентификатор и стоимость маршрута текущего
корневого моста.
CIST RegRoot/IRPC     :0       .4c1f-cc33-7359 / 0
CIST RootPortId       :0.0
BPDU-Protection       :Disabled
CIST Root Type        :Primary root
TC or TCN received    :84
TC count per hello STP :0
Converge Mode Time    :Normal
since last TC Number  :0 days 0h:1m:44s
of TC                 :21
Last TC occurred      :GigabitEthernet0/0/10
```

В этом случае идентификатор моста S1 совпадает с идентификатором корневого моста, а стоимость корневого маршрута равна 0, что указывает на то, что S1 является корневым мостом текущей сети.

Выведите на экран краткую информацию о статусе STP на всех устройствах.

[S1]display stp brief

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	GigabitEthernet0/0/10	DESI	FORWARD- ING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/11	DESI	FORWARD- ING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/13	DESI	FORWARD- ING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/14	DESI	FORWARD- ING	NONE

[S2]display stp brief

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	GigabitEthernet0/0/10	ROOT	FORWARD- ING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/11	ALTE	DISCARD- ING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/13	DESI	FORWARD- ING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/14	DESI	FORWARD- ING	NONE

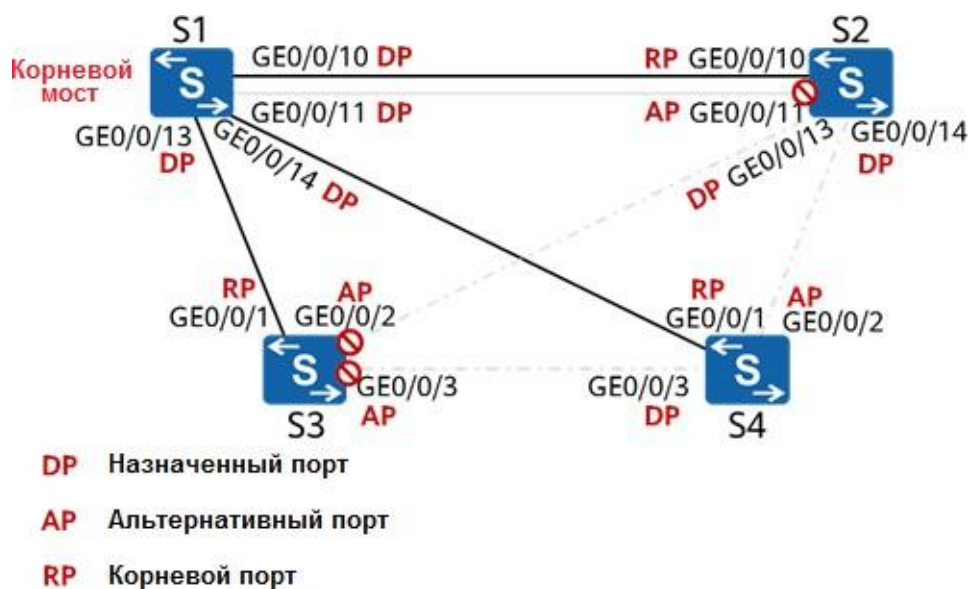
[S3]display stp brief

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	GigabitEthernet0/0/1	ROOT	FORWARD- ING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/2	ALTE	DISCARD- ING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/3	ALTE	DISCARD- ING	NONE

[S4]display stp brief

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	GigabitEthernet0/0/1	ROOT	FORWARD- ING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/2	ALTE	DISCARD- ING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/3	DESI	FORWARD- ING	NONE

На основании идентификатора корневого моста и информации о порте каждого коммутатора текущая топология выглядит следующим образом:



Шаг 4 Измените параметры устройства, чтобы назначить порт GigabitEthernet0/0/2 коммутатора S4 корневым портом.

Выведите на экран информацию STP на S4.

```
[S4]display stp
-----[CIST Global Info][Mode STP]-----
CIST Bridge           :32768.4c1f-cc10-5913
Config Times          :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop
Active Times          :20
CIST Root/ERPC        :0 .4c1f-cc33-7359 / 20000
CIST Re-               :32768.4c1f-cc10-5913 / 0
gRoot/IRPC CIST       :128.1
RootPortId            :Disabled
```

```

TC or TCN received    93
TC count per hello    0
STP Converge Mode     :Normal
Time since last TC    :0 days 0h:9m:5s
Number of TC          18
Last TC occurred      :GigabitEthernet0/0/1

```

Стоимость корневого маршрута от S4 до S1 имеет значение 20000.

Измените стоимость STP порта GigabitEthernet 0/0/1 коммутатора S4 на 50000.

```

[S4]interface GigabitEthernet 0/0/1
[S4-GigabitEthernet0/0/1]stp cost 50000

```

Выведите на экран краткую информацию о статусе STP.

```

[S4]display stp brief

```

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	Giga-bitEthernet0/0/1	ALTE	DISCARD-ING	NONE
0	Giga-bitEthernet0/0/2	ROOT	FORWARD-ING	NONE
0	Giga-bitEthernet0/0/3	ALTE	DISCARD-ING	NONE

Порт GigabitEthernet0/0/2 на S4 стал корневым портом.

Выведите на экран информацию о текущем статусе STP.

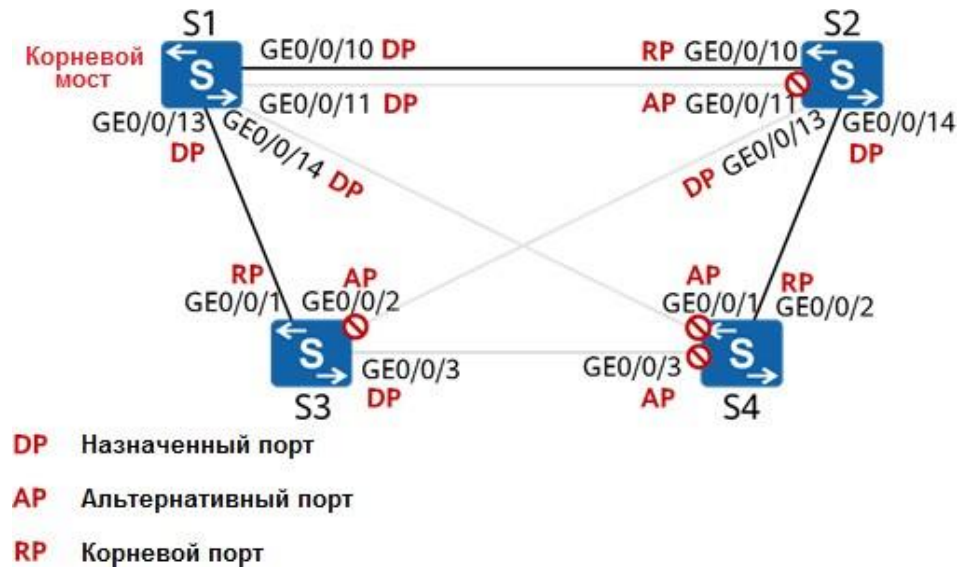
```

[S4]display stp
-----[CIST Global Info][Mode STP]-----
CIST Bridge           :32768.4c1f-cc10-5913
Config Times          :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
Active Times          :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
CIST                  :0 .4c1f-cc33-7359 / 40000 //Стоимость корневого маршрута = 20000 + 20000 = 40000
Root/ERPC

```

CIST RegRoot/IRPC :32768.4c1f-cc10-5913 / 0
CIST RootPortId :128.2
BPDU-Protection :Disabled
TC or TCN received 146
TC count per hello0
STP Converge Mode :Normal
Time since last TC:0 days 0h:2m:25s Number of TC 20
Last TC occurred :GigabitEthernet0/0/2

Текущая топология выглядит следующим образом:



Шаг 5 Измените режим связующего дерева на RSTP.

Измените режим связующего дерева на всех устройствах.

```
[S1]stp mode rstp
```

Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a moment...done.

```
[S2]stp mode rstp
```

Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a moment...done.

```
[S3]stp mode rstp
```

Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a moment...done.

```
[S4]stp mode rstp
```

Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a moment...done.

Выведите на экран статус связующего дерева. В данном случае для примера используется S1.

```

[S1]display stp
-----[CIST Global Info][Mode RSTP]-----
CIST Bridge           :0       .4c1f-cc33-7359
Config Times          :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop
Active Times          :20
CIST Root/ERPC        :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop
CIST                   :20
gRoot/IRPC CIST       :0       .4c1f-cc33-7359 / 0
RootPortId BPDU-      :0       .4c1f-cc33-7359 / 0
Protection CIST       :0.0
Root Type             :Disabled
Root Type              :Primary root

```

TC count per hello	0
STP Converge Mode	:Normal
Time since last TC	:0 days 0h:0m:44s
Number of TC	27
Last TC occurred	:GigabitEthernet0/0/11

После изменения режима топология связующего дерева не изменилась.

Шаг 6 Настройте граничные порты.

Порты GigabitEthernet 0/0/10-0/0/24 коммутатора S3 подключены только к терминалам, поэтому их необходимо настроить в качестве граничных портов.

```
[S3]interface range GigabitEthernet 0/0/10 to GigabitEthernet 0/0/24
```

Устройство предоставляет несколько портов Ethernet, многие из которых имеют одинаковую конфигурацию. Настраивать их по очереди утомительно и чревато возможными ошибками. Самый простой способ — добавить эти порты в группу портов и выполнить настройку всей группы сразу. Система автоматически выполнит команды на всех портах в группе.

ПРИМЕЧАНИЕ

Эта функция может быть недоступна для некоторых продуктов.

```
[S3-port-group]stp edged-port enable
```

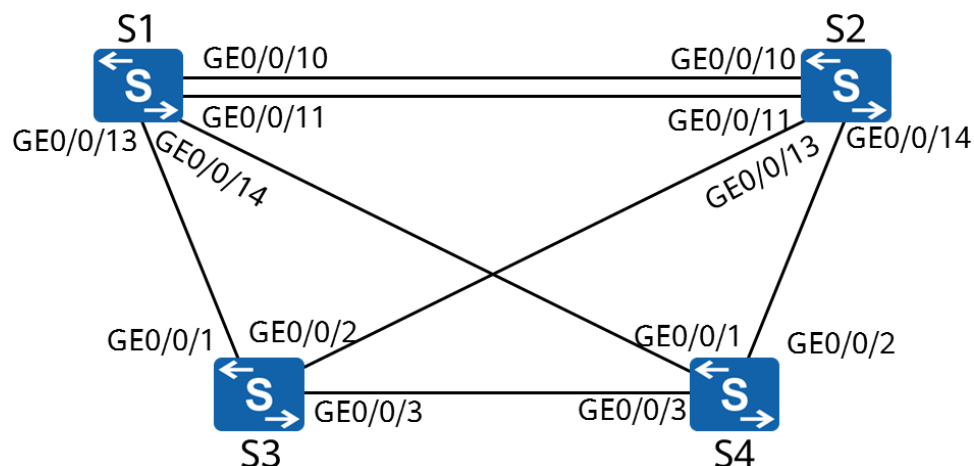
Команда **stp edged-port enable** позволяет задать текущий порт в качестве граничного порта. Если после настройки граничный порт коммутационного устройства получает BPDU, коммутационное устройство автоматически отменяет настройки порта в

качестве граничного порта и пересчитывает связующее дерево.

----Конец

3.2.1 Проверка

Отметьте корневой мост и роль каждого порта в лабораторной среде на основании фактической конвергенции сети.



Отключите какой-нибудь порт на любом коммутаторе и проверьте, может ли трафик передаваться на другие коммутаторы по резервным каналам.

3.2.2 Справочные конфигурации

Конфигурация на S1

```
# sysname S1
# stp mode rstp stp instance 0 root primary
# interface GigabitEthernet0/0/12 shutdown
# return
```

Конфигурация на S2

```
# sysname S2
# stp mode rstp stp instance 0 root secondary
# interface GigabitEthernet0/0/12 shutdown
# return
```

Конфигурация на S3

```
#sysname S3
# stp mode rstp
# interface GigabitEthernet0/0/10 stp edged-port enable
# interface GigabitEthernet0/0/11 stp edged-port enable
# interface GigabitEthernet0/0/12 stp edged-port enable
# interface GigabitEthernet0/0/13 stp edged-port enable
# interface GigabitEthernet0/0/14 stp edged-port enable
# interface GigabitEthernet0/0/15 stp edged-port enable
```

```
#interface GigabitEthernet0/0/16 stp edged-port enable
# interface GigabitEthernet0/0/17 stp edged-port enable
# interface GigabitEthernet0/0/18 stp edged-port enable
# interface GigabitEthernet0/0/19 stp edged-port enable
# interface GigabitEthernet0/0/20 stp edged-port enable
# interface GigabitEthernet0/0/21 stp edged-port enable
# interface GigabitEthernet0/0/22 stp edged-port enable
#interface GigabitEthernet0/0/23 stp edged-port enable
#interface GigabitEthernet0/0/24 stp edged-port enable
# return
```

Конфигурация на S4

```
# sysname S4
# stp mode rstp
# interface GigabitEthernet0/0/1 stp instance 0 cost 5000
# return
```

3.2.3 Вопросы для контроля

1. Можно ли будет достичь желаемого результата, если на шаге 3 изменить стоимость GigabitEthernet 0/0/14 коммутатора S1 на 50000? Почему?
2. Как необходимо изменить конфигурацию в текущей топологии, чтобы назначить порт GigabitEthernet0/0/11 коммутатора S2 корневым портом?
3. Могут ли два канала между S1 и S2 одновременно находиться в режиме передачи данных? Почему?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Семенов, А.Б.; Структурированные кабель-ные системы / А.Б. Семенов, С.К. Стрижаков, И.Р. Сунчелей. - Структури-рованные кабельные системы, 2024-09-24. - Электрон. дан. (1 файл). - Саратов: Профобразование, 2019. - 640 с. - электронный. - Книга находится в пре-миум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-5-4488-0092-4, экземпляров не-ограничено
2. Направляющие системы электросвязи: учебник / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский, Т.1, Теория передачи и влияния. - [7-е изд., пере-раб. и доп.]. - М.: Горячая линия - Телеком, 2011. - 424 с.: ил. - Гриф: Рек. ГОУ ВПО МТУСИ. - Библиогр.: с. 412-416. - ISBN 978-5-9912-0092-9, экземпляров 15.
3. Скляр О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи [Электронный ресурс] / О.К. Скляр. - Электрон. текстовые данные. -М.: СО-ЛОН-ПРЕСС, 2009. - 266 с. - 5-98003-147-2. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8660.html>, экземпляров неограниченно.
4. Семенов А.Б. Структурированные кабельные системы [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Б. Семенов, Э.Л. Портнов, А.Л. Зубилевич. - Электрон. текстовые данные. -М.: Московский технический университет связи и информатики, 2010. - 103 с. - 2227-8397. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63363.html>, экземпляров неограниченно.
5. Семенов А.Б. Проектирование и расчет структурированных кабель-ных систем и их компонентов [Электронный ресурс] / А.Б. Семенов. - Элек-трон. текстовые данные. - Саратов: Профобразование, 2008. - 416 с. - 978-5-4488-0120-4. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63954.html> - 7 эк-земпляров.
6. Методические рекомендации к лабораторным работам по дисцип-лине «Структурированные кабельные системы»: Направление подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». Квалифи-кация выпускника – бакалавр / Сост. М.В. Самус. – Электронный ресурс. – Ставрополь: СКФУ, 2026. экземпляров неограниченно.
7. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Структурированные кабельные системы»: Направление подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». Квалификация вы-пускника – бакалавр / Сост. М.В. Самус. – Электронный ресурс. – Ставро-поль: СКФУ, 2026, экземпляров неограниченно.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «Структурированные кабельные системы»
для студентов направления подготовки
11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
Направленность (профиль)
«Интеллектуальная обработка данных в инфокоммуникационных
системах и сетях»

Ставрополь 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	9
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА.....	12
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНСПЕКТИРОВАНИЮ ПЕРВОИСТОЧНИКОВ	12
4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	16
5. ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ЛИТЕРАТУРЫ	17
6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАЧЕТУ С ОЦЕНКОЙ.....	17

ВВЕДЕНИЕ

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины: формирование у студентов профессиональных компетенций направленных на применение средств измерений для оценки качественных и количественных показателей работы инфокоммуникационного оборудования.

Задачи освоения дисциплины:

1. Систематизация фундаментальных знаний по теории электрических цепей и методов измерения параметров электрических сигналов.
2. Формирование системы знаний, умений и навыков по проведению всех видов измерений, организации и выполнению мероприятий по метрологическому обеспечению инфокоммуникационного оборудования;
3. Формирование представлений по осуществлению контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации к требованиям, предъявляемыми национальными стандартами и нормативными документами, международными рекомендациями и техническими регламентами в области инфокоммуникационных сетей и систем.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Структурированные кабельные системы относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений и относится к модулю «Инфокоммуникационные системы и сети».

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1. Способен к развитию коммутационных подсистем и сетевых платформ, сетей передачи данных, транспортных сетей и сетей радиодоступа, спутниковых систем связи	ИД-1 _{ПК-1} понимает и ориентируется в принципах построения и работы сетей связи, в том числе их составляющих подсистем, и протоколов сигнализации, стандартах качества передачи данных, голоса и видео, применяемых в сетях связи, в Законодательстве Российской Федерации в области связи.	Понимает и ориентируется в принципах построения и работы структурированных кабельных систем
	ИД-2 _{ПК-1} анализирует статистические параметры трафика, вырабатывает решения по оперативному переконfigurированию сети, изменению параметров коммутационной подсистемы, сетевых	Вырабатывает решения по оперативному переконfigurированию структурированных кабельных систем (СКС), параметров коммутационной подсистемы, транспортных сетей и сетей передачи

	платформ, по применению оборудования новых технологий; изменению и корректировке параметров коммутационной подсистемы, транспортных сетей и сетей передачи данных, по организации новых и расширению имеющихся направлений связи.	данных, по организации новых и расширению имеющихся инфокоммуникационных сетей на основе технологии СКС
	ИД-4 _{ПК-1} разрабатывает схемы организации связи и интеграции новых сетевых элементов, осуществляет построение и расширение коммутационной подсистемы и сетевых платформ; выполняет работы на коммутационном оборудовании, развертывает оборудование сервисных платформ, оборудование новых технологий на сети, выполняет планы по расширению существующего оборудования сетевых платформ и новых технологий.	Проектирует структурированные кабельные системы с возможностью реализации планов по расширению существующего оборудования сетевых платформ и новых технологий.
ПК-3. Способен проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфо-коммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ	ИД-1 _{ПК-3} понимает нормативно-правовые, нормативно-технические и организационно-методические документы, регламентирующие проектную подготовку, внедрение и эксплуатацию систем связи (телекоммуникационных систем), строительство объектов и линий связи.	Понимает и применяет в практической деятельности международные и национальные стандарты, нормативную документацию по проектированию структурированных кабельных систем
	ИД-3 _{ПК-3} проводит расчеты параметров и характеристик сети и средств инфокоммуникаций, анализирует их качественные показатели на основе данных статистики и радиоизмерений, использует	Проводит расчеты параметров структурированных кабельных систем в том числе и с использованием специализированного программного обеспечения.

	специализированное программное обеспечение для проектирования.	
	ИД-4 _{ПК-3} выявляет и анализирует преимущества и недостатки вариантов проектных решений, оценивает риски, связанные с реализацией проекта.	Выявляет и анализирует преимущества и недостатки вариантов проектных решений структурированных кабельных систем
	ИД-5 _{ПК-3} осуществляет сбор исходных данных для проектирования сети и средств инфокоммуникаций, определения оптимальной конфигурации и топологии транспортной сети; вырабатывает технические решения по реализации системы связи (телекоммуникационной системы) и ее компонентов.	Осуществляет сбор исходных данных для проектирования структурированных кабельных систем и их компонентов.
ПК-5. Способность осуществлять монтаж, настройку, регулировку тестирование оборудования, отработку режимов работы, контроль проектных параметров работы и испытания оборудования связи, обеспечение соответствия технических параметров инфокоммуникационных систем и /или их составляющих, установленным эксплуатационно-техническим нормам	ИД-1 _{ПК-5} понимает действующие отраслевые нормативы, определяющие требования к параметрам работы оборудования, каналов и трактов; методики проведения проверки технического состояния оборудования, трактов и каналов передачи.	Понимает и соблюдает требования стандартов, технических регламентов и отраслевых нормативных документов определяющих требования к проектированию структурированных кабельных систем
	ИД-2 _{ПК-5} соблюдает технологии выполнения работ по настройке, регулировке и испытаниям оборудования связи (телекоммуникаций), правила эксплуатации и методики применения измерительного и тестового оборудования.	Соблюдает технологии выполнения работ по монтажу и настройке оборудования структурированных кабельных систем
	ИД-5 _{ПК-5} выбирает и использует соответствующее тестовое и измерительное оборудование, использует программное обеспечение оборудования при его настройке.	Выбирает и использует тестовое и измерительное оборудование для монтажа и настройки структурированных кабельных систем

4. Объем учебной дисциплины (модуля) и формы контроля *

Объем занятий:	З.е.	Академ. ч.	Из них в форме практической подготовки
Всего:	3	108	
Из них аудиторных:			
Лекций		6	
Лабораторных работ		6	6
Практических занятий			
Самостоятельной работы		96	
Формы контроля:			
Зачет с оценкой			

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием количества часов и видов занятий

5.1. Тематический план дисциплины (модуля)

№	Раздел (тема) дисциплины	Реализуемые компетенции, индикаторы	Контактная работа обучающихся с преподавателем, часов				Самостоятельная работа, часов
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Групповые консультации	
6 семестр							
1	Введение в структурированные кабельные системы	ПК-1 ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-4 _{ПК-1} ПК-3 ИД-1 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ИД-5 _{ПК-3} ПК-5 ИД-1 _{ПК-5} ИД-2 _{ПК-5} ИД-5 _{ПК-5}	2.00		2.00		14.00
2	Электрические линии связи	ПК-1 ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-4 _{ПК-1} ПК-3 ИД-1 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ИД-5 _{ПК-3} ПК-5 ИД-1 _{ПК-5} ИД-2 _{ПК-5}	2.00		4.00		14.00

		ИД-5 _{ПК-5}					
3	Оптические линии связи	ПК-1 ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-4 _{ПК-1} ПК-3 ИД-1 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ИД-5 _{ПК-3} ПК-5 ИД-1 _{ПК-5} ИД-2 _{ПК-5} ИД-5 _{ПК-5}	2.00				14.00
4	Компоненты ВОЛС	ПК-1 ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-4 _{ПК-1} ПК-3 ИД-1 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ИД-5 _{ПК-3} ПК-5 ИД-1 _{ПК-5} ИД-2 _{ПК-5} ИД-5 _{ПК-5}					14.00
5	Проектирование структурированн ых кабельных систем	ПК-1 ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-4 _{ПК-1} ПК-3 ИД-1 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ИД-5 _{ПК-3} ПК-5 ИД-1 _{ПК-5} ИД-2 _{ПК-5} ИД-5 _{ПК-5}					14.00
6	Повышение надежности и производительно сти СКС	ПК-1 ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-4 _{ПК-1} ПК-3 ИД-1 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ИД-5 _{ПК-3} ПК-5 ИД-1 _{ПК-5} ИД-2 _{ПК-5} ИД-5 _{ПК-5}					14.00
7	Монтаж и эксплуатация СКС	ПК-1 ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1}					12.00

		ИД-4 _{ПК-1} ПК-3 ИД-1 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ИД-5 _{ПК-3} ПК-5 ИД-1 _{ПК-5} ИД-2 _{ПК-5} ИД-5 _{ПК-5}					
	ИТОГО за 6 семестр		6.00		6.00		96.00
	ИТОГО		6.00		6.00		96.00

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Все виды самостоятельной работы по дисциплине "Структурированные кабельные системы" приведены в таблице «Технологическая карта самостоятельной работы». В основу самостоятельной работы студентов по дисциплине положено конспектирование лекций и рекомендуемых источников, подготовка к компьютерному тестированию знаний, оформление и подготовка к защите отчетов по лабораторным работам, выполнению разноуровневых индивидуальных заданий в ходе лабораторных работ. По каждому виду самостоятельной работы предусмотрены определённые формы отчетности, которые студенты предъявляют преподавателю в ходе лабораторных занятий или в часы индивидуальных консультаций.

Таблица 1 - Технологическая карта самостоятельной работы обучающегося

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателям	Всего
6 семестр					
ПК-1 ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-4 _{ПК-1} ПК-3 ИД-1 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ИД-5 _{ПК-3} ПК-5 ИД-1 _{ПК-5} ИД-2 _{ПК-5} ИД-5 _{ПК-5}	Подготовка к лабораторной работе	Отчет по лабораторной работе	10.00		10.00
ПК-1 ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-4 _{ПК-1} ПК-3 ИД-1 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ИД-5 _{ПК-3} ПК-5 ИД-1 _{ПК-5} ИД-2 _{ПК-5} ИД-5 _{ПК-5}	Самостоятельное изучение литературы	Собеседование	76.00		76.00
ПК-1 ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-4 _{ПК-1} ПК-3 ИД-1 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ИД-5 _{ПК-3} ПК-5 ИД-1 _{ПК-5} ИД-2 _{ПК-5} ИД-5 _{ПК-5}	Реферат по вопросам конструкции элементов структурированных систем	Собеседование	10.00		10.00

ИД-4 _{ПК-3} ИД-5 _{ПК-3} ПК-5 ИД-1 _{ПК-5} ИД-2 _{ПК-5} ИД-5 _{ПК-5}					
Итого за 6 семестр					96.00
Итого					96.00

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить все виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации.

Основная литература:

1. Семенов, А. Б. Структурированные кабельные системы / А. Б. Семенов, С. К. Стрижаков, И. Р. Сунчелей. - Структурированные кабельные системы, 2024-09-24. - Электрон. дан. (1 файл). - Саратов : Профобразование, 2019. - 640 с. - электронный. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-5-4488-0092-4, экземпляров неограничено

2. Направляющие системы электросвязи: учебник / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский, Т.1, Теория передачи и влияния. - [7-е изд., перераб. и доп.]. - М.: Горячая линия - Телеком, 2011. - 424 с.: ил. - Гриф: Рек. ГОУ ВПО МТУСИ. - Библиогр.: с. 412-416. - ISBN 978-5-9912-0092-9, экземпляров 15.

Дополнительная литература:

1. Скляр О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи [Электронный ресурс] / О. К. Скляр. — Электрон. текстовые данные. — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. — 266 с. — 5-98003-147-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8660.html>, экземпляров неограниченно.

2. Семенов А.Б. Структурированные кабельные системы [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Б. Семенов, Э.Л. Портнов, А.Л. Зубилевич. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский технический университет связи и информатики, 2010. — 103 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63363.html>, экземпляров неограниченно.

3. Семенов А.Б. Проектирование и расчет структурированных кабельных систем и их компонентов [Электронный ресурс] / А.Б. Семенов. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2008. — 416 с. — 978-5-4488-0120-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63954.html> - 7 экземпляров.

Система оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

В рамках рейтинговой системы, установленной в университете, успеваемость студентов по дисциплине оценивается в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль осуществляется на каждом учебном занятии, а также в ходе установленных контрольных точек (КТ), время проведения которых и виды отчетностей по ним приведены в таблице 2. Проверка подготовленность к лабораторным работам проводится в форме собеседования в начале каждой лабораторной работы

Таблица 2 -Рейтинговая оценка знаний студента

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
6 семестр			

1	Подготовка к выполнению лабораторных работ и защита отчетов (Темы 1,2)	4	12
2	Подготовка к выполнению лабораторных работ и защита отчетов (Темы 3,4)	8	15
3	Подготовка к выполнению лабораторных работ и защита отчетов (Темы 5)	12	13
4	Подготовка к выполнению лабораторных работ и защита отчетов (Темы 6,7)	16	15
	Итого за 6 семестр:		55
	Итого:		55

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
<i>Отличный</i>	100
<i>Хороший</i>	80
<i>Удовлетворительный</i>	60
<i>Неудовлетворительный</i>	0

Промежуточная аттестация по дисциплине «Структурированные кабельные системы» проводится в форме **зачета с оценкой**

Процедура зачета с оценкой как отдельное контрольное мероприятие не проводится, оценивание знаний обучающегося происходит по результатам текущего контроля.

При зачете с оценкой используется шкала пересчета рейтингового балла по дисциплине в оценку по 5-балльной системе

*Шкала пересчета рейтингового балла по дисциплине
в оценку по 5-балльной системе*

Рейтинговый балл по дисциплине	Оценка по 5-балльной системе
88-100	<i>Отлично</i>
72-87	<i>Хорошо</i>
53-71	<i>Удовлетворительно</i>
<53	<i>Неудовлетворительно</i>

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Комплексное изучение предлагаемой студентам учебной дисциплины «Структурированные кабельные системы» предполагает овладение материалами лекций, учебников, программы, творческую работу студентов в ходе проведения практических занятий, а также систематическое выполнение заданий для самостоятельной работы.

В ходе лекций раскрываются основные вопросы в рамках рассматриваемых тем, делаются акценты на наиболее сложные и интересные положения изучаемого материала, которые должны быть приняты студентами во внимание. Материалы лекций являются основой для подготовки студентов к практическим занятиям.

Работа с конспектом лекций

Просмотрите конспект сразу после занятий. Отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю.

Каждую неделю отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам и тестам.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНСПЕКТИРОВАНИЮ ПЕРВОИСТОЧНИКОВ

Изучение и анализ литературных источников является обязательным видом самостоятельной работы студентов. Изучение литературы по избранной теме имеет своей задачей проследить характер постановки и решения определенной проблемы различными авторами, аргументацию их выводов и обобщений, провести анализ и систематизировать полученный материал на основе собственного осмысления с целью выяснения современного состояния вопроса.

Проработка отобранного материала обязательно должна идти с одновременным ведением записей прочитанного и своих замечаний. Запись может иметь как форму конспекта, так и выписок, а также картотеку положений, тезисов, идей, методик, что в дальнейшем облегчит классификацию и систематизацию полученного материала. Такого рода записи являются лучшим способом накопления и первичной обработки материала, одной из обязательных форм организации умственного труда.

Планом удобно пользоваться при подготовке к устному выступлению по выбранной теме. Каждый пункт плана должен раскрывать одну из сторон избранной темы, а весь план должен охватывать ее целиком.

Тезисы предполагают сжатое изложение основных положений текста в форме утверждения или отрицания. Они являются более совершенной формой записей и представляют основу для дискуссии. К тому же их легко запомнить.

Конспектирование – процесс мысленной переработки и письменной фиксации информации, в виде краткого изложения основного содержания, смысла какого-либо текста. Результат конспектирования – запись, позволяющая конспектирующему немедленно или через некоторый срок с нужной полнотой восстановить полученную информацию. Конспект в переводе с латыни означает «обзор». По существу его и составлять надо как обзор, содержащий основные мысли текста без подробностей и второстепенных деталей. Конспект носит индивидуализированный характер: он рассчитан на самого автора и поэтому может оказаться малопонятным для других. Для того чтобы осуществлять этот вид работы, в каждом конкретном случае необходимо грамотно решить следующие задачи:

1. Сориентироваться в общей композиции текста (уметь определить вступление,

основную часть, заключение).

2. Увидеть логико-смысловую канву сообщения, понять систему изложения автором информации в целом, а также ход развития каждой отдельной мысли.
3. Выявить «ключевые» мысли, т. е. основные смысловые вехи, на которые «нанизано» все содержание текста.
4. Определить детализирующую информацию.
5. Лаконично сформулировать основную информацию, не перенося на письмо все целиком и дословно.

Во всяком научном тексте содержится информация 2-х видов: основная и вспомогательная. Основной является информация, имеющая наиболее существенное значение для раскрытия содержания темы или вопроса. К ней относятся: определения научных понятий, формулировки законов, теоретических принципов и т. д. Назначение вспомогательной информации – помочь читателю лучше усвоить предлагаемый материал. К этому типу информации относятся разного рода комментарии. Основную – записываем как можно полнее, вспомогательную, как правило, опускаем. Содержание конспектирования составляет переработка основной информации в целях ее обобщения и сокращения. Обобщить – значит представить ее в более общей, схематической форме, в виде тезисов, выводов, отдельных заголовков, изложения основных результатов и т. п. Читая, мы интуитивно используем некоторые слова и фразы в качестве опорных. Такие опорные слова и фразы называются ключевыми. Ключевые слова и фразы несут основную смысловую и эмоциональную нагрузку содержания текста.

Выбор ключевых слов – это первый этап смыслового свертывания, смыслового сжатия материала.

Важными требованиями к конспекту являются наглядность и обозримость записей и такое их расположение, которое давало бы возможность уяснить логические связи и иерархию понятий.

По форме конспекты подразделяются на формализованные и графические.

1. Формализованные (все записи вносятся в заранее подготовленные таблицы).

Это удобно, во-первых, при конспектировании материалов, когда перечень характеристик описываемых предметов или явлений более или менее постоянен, во-вторых, при подготовке единого конспекта по нескольким источникам. Особенно если есть необходимость сравнения отдельных данных. Разновидностью формализованного конспекта является запись, составленная в форме ответов на заранее подготовленные вопросы, обеспечивающие исчерпывающие характеристики однотипных предметов или явлений.

2. Графические (элементы конспектируемой работы располагаются в таком виде, при котором видна иерархия понятий и взаимосвязь между ними).

По каждой работе может быть не один, а несколько графических конспектов, отображающих книгу в целом и отдельные ее части. Ведение графического конспекта – наиболее совершенный способ изображения внутренней структуры книги, а сам этот процесс помогает усвоению ее содержания.

Можно выделить следующие основные **типы конспектов: плановый, текстуальный, сводный, тематический.**

Плановый – легко получить с помощью предварительно сделанного плана произведения, каждому вопросу плана отвечает определенная часть конспекта:

а) вопросно-ответный (на пункты плана, выраженные в вопросительной форме, конспект дает точные ответы);

б) схематичный плановый конспект (отражает логическую структуру и взаимосвязь отдельных положений).

Текстуальный – это конспект, созданный в основном из цитат.

Сводный конспект – сочетает выписки, цитаты, иногда тезисы; часть его текста может быть снабжена планом.

Тематический – дает более или менее исчерпывающий ответ (в зависимости из числа привлеченных источников и другого материала, например, своих же записей) на поставленный вопрос – тему: обзорный; хронологический.

Роль конспекта – чисто учебная: он помогает зафиксировать основные понятия и положения первичного текста и в нужный момент их воспроизвести, например, при написании реферата или подготовке к экзамену.

Способы конспектирования.

- **Тезисы** – это кратко сформулированные основные мысли, положения изучаемого материала. Тезисы лаконично выражают суть читаемого, дают возможность раскрыть содержание. Приступая к освоению записи в виде тезисов, полезно в самом тексте отмечать места, наиболее четко формулирующие основную мысль, которую автор доказывает (если, конечно, это не библиотечная книга). Часто такой отбор облегчается шрифтовым выделением, сделанным в самом тексте.

- **Линейно-последовательная запись текста.** При конспектировании линейно – последовательным способом целесообразно использование плакатно-оформительских средств, которые включают в себя следующие:

- сдвиг текста конспекта по горизонтали, по вертикали;
- выделение жирным (или другим) шрифтом особо значимых слов;
- использование различных цветов;
- подчеркивание;
- заключение в рамку главной информации.

- **Способ «вопросов – ответов».** Он заключается в том, что, поделив страницу тетради пополам вертикальной чертой, конспектирующий в левой части страницы самостоятельно формулирует вопросы или проблемы, затронутые в данном тексте, а в правой части дает ответы на них.

Одна из модификаций способа «вопросов – ответов» - таблица, где место вопроса занимает формулировка проблемы, поднятой автором (лектором), а место ответа – решение данной проблемы. Иногда в таблице могут появиться и дополнительные графы: например, «мое мнение» и т. п.

- **Схема с фрагментами** – способ конспектирования, позволяющий ярче выявить структуру текста, - при этом фрагменты текста (опорные слова, словосочетания, пояснения всякого рода) в сочетании с графикой помогают созданию рационально - лаконичного конспекта.

- **Простая схема** – способ конспектирования, близкий к схеме с фрагментами, объяснений к которой конспектирующий не пишет, но должен уметь давать их устно. Этот способ требует высокой квалификации конспектирующего. В противном случае такой конспект нельзя будет использовать.

- **Параллельный способ** конспектирования. Конспект оформляется на двух листах параллельно или один лист делится вертикальной чертой пополам и записи делаются в правой и в левой части листа.

Однако лучше использовать разные способы конспектирования для записи одного и того же материала.

Комбинированный конспект – вершина овладения рациональным конспектированием. При этом умело используются все перечисленные способы, сочетая их в одном конспекте (один из видов конспекта свободно перетекает в другой в зависимости от конспектируемого текста, от желания и умения конспектирующего). Именно при комбинированном конспекте более всего проявляется уровень подготовки и индивидуальность студента. Принципы составления конспекта прочитанного.

1. Записать все выходные данные источника: автор, название, год и место издания. Если текст взят из периодического издания (газеты или журнала), то записать его название, год, месяц, номер, число, место издания.

2. Выделить поля слева или справа, можно с обеих сторон. Слева на полях отмечаются страницы оригинала, структурные разделы статьи или книги (названия параграфов, подзаголовки и т. п.), формулируются основные проблемы. Справа – способы фиксации прочитанной информации.

Один из видов чтения – углубленное – предполагает глубокое усвоение прочитанного и часто сохранение информации в целях последующего обращения к ней. Эффективность такого чтения повышается, если прочитанное зафиксировано не только в памяти, но и на бумаге. Психологи утверждают, что записанное лучше и полнее усваивается, прочнее откладывается в памяти. Установлено, что если прочитать 1000 слов и затем записать 50, подытоживающих прочитанное, то коэффициент усвоения будет выше, чем, если прочитать 10000 слов, не записав ни одного. Кроме того, при записи прочитанного формируется навык свертывания информации. И, наконец, чередование чтения и записывания уменьшает усталость, повышает работоспособность и производительность умственного труда.

1. Резюмирование.

Резюме – краткий итог прочитанного, содержащий его оценку. Резюме характеризует основные выводы книги, главные итоги.

Выбор языковых средств для построения резюме-выводов подчинен основной задаче свертывания информации: минимум языковых средств – максимум информации. Это обычно одно – три четких, кратких, выразительных предложения, раскрывающих, по мнению автора, самую суть описываемого объекта.

2. Аннотация.

Аннотация – краткая обобщенная характеристика печатной работы (книги, статьи), включающая иногда и его оценку. Это наикратчайшее изложение содержания первичного документа, дающее общее представление о теме.

Основное ее назначение – дать некоторое представление о книге (статье, научной работе) с тем, чтобы рекомендовать ее определенному кругу читателей или воспользоваться своими записями при выполнении работы исследовательского, реферативного характера. Поэтому аннотации не требуют изложения содержания произведения, в ней лишь перечисляются вопросы, которые освещены в первоисточнике (содержание этих вопросов не раскрывается). Аннотация отвечает на вопрос: «О чем говорится в первичном тексте?», дает представление только о главной теме и перечне вопросов, затрагиваемых в тексте первоисточника.

Текст аннотации не стандартизирован. В научной литературе можно встретить различные требования к составлению аннотаций. Например, текст справочной аннотации может включать следующие сведения:

- тип и название аннотируемого документа (монография, диссертация, сборник, статья и т. п.)
- задачи, поставленные автором аннотируемого документа
- метод, которым пользовался автор (эксперимент, сравнительный анализ, компиляция других источников)
- принадлежность автора к определенной научной школе или направлению
- структуру аннотируемого документа
- предмет и тему произведения, основные положения и выводы автора
- характеристику вспомогательных иллюстративных материалов, дополнений, приложений, справочного аппарата, включая указатели и библиографию.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Выполнение лабораторных работ по дисциплине «Структурированные кабельные системы»

На первом занятии получите у преподавателя задания по курсу, планы подготовки к лабораторным работам. Обзаведитесь всем необходимым методическим обеспечением.

Задачи лабораторных исследований:

- освоение инструментальных средств проектирования структурированных кабельных систем,
- изучение конструкции и элементов линий связи,
- разработка проекта СКС двухэтажного здания.

При выполнении практикума по дисциплине (лабораторные работы) для достижения базового уровня сформированности компетенций студент должен уметь применять базовые знания по разделам дисциплины, владеть навыками самостоятельного решения учебных задач базового уровня. При выполнении практикума по дисциплине (лабораторные работы) для достижения повышенного уровня сформированности компетенций студент должен уметь применять повышенные знания по разделам дисциплины, владеть навыками самостоятельного решения учебных задач повышенного уровня.

Подготовку к лабораторной работе рекомендуется проводить в следующей последовательности:

- уяснить тему и цель, предстоящей лабораторной работы;
- изучить теоретический материал в соответствии с темой лабораторной работы (используйте рекомендованную литературу, конспект лекций, учебное пособие (практикум по лабораторным работам);
- ознакомиться с оборудованием и материалами, используемыми на лабораторной работе (при использовании специализированного оборудования или программного обеспечения необходимо изучить порядок и правила его использования).

Методические указания при выполнении лабораторной работы

При выполнении лабораторной работы студенты должны строго соблюдать, установленные требования безопасности. При выполнении лабораторной работы студентам рекомендуется:

- уяснить цель, выполняемых заданий и способы их решения;
- задания, указанные в лабораторной работе выполнять в той последовательности, в которой они указаны в лабораторном практикуме;
- при выполнении практического задания и изучении теоретического материала использовать помощь преподавателя;
- оформить отчет по лабораторной работе;
- ответить на контрольные вопросы.

Методические указания при подготовке к защите лабораторной работы

При подготовке к защите лабораторной работы студентам рекомендуется:

- подготовить отчет по лабораторной работе; – подготовить обоснование, сделанных выводов;
- закрепить знания теоретического материала по теме лабораторной работы (рекомендуется использовать контрольные вопросы);
- знать порядок проведения расчетов (проводимых исследований);
- уметь показать и пояснить порядок исследований при использовании специализированного оборудования или программного обеспечения.

Защита лабораторной работы осуществляется путем собеседования студента с преподавателем. При собеседовании студент представляет на проверку отчет по лабораторной работе. Собеседование со студентом, претендующим на оценку «отлично»

проводится по вопросам и практическим заданиям повышенного уровня обучения. Собеседование со студентом, не претендующим на оценку «отлично» проводится по вопросам и практическим заданиям базового уровня обучения.

5. ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ЛИТЕРАТУРЫ

Базовый уровень:

1. Структурированная кабельная система как часть инфокоммуникационной сети
2. Основные типы линий связи СКС
3. Структурированная кабельная система здания
4. Классификация электрических кабелей связи
5. Конструктивные элементы симметричных кабелей связи
6. Конструктивные элементы коаксиальных кабелей связи
7. Маркировка и типы электрических кабелей связи
8. Электрические кабели для цифровых абонентских линий
9. Первичные и вторичные параметры передачи симметричных кабелей
10. Основные определения и методы исследования взаимных влияний
11. Влияния в однородных симметричных линиях связи
12. Влияние между цепями симметричных кабельных линий связи
13. Влияния в строительных длинах кабеля
14. Волоконный световод. Одномодовые и многомодовые волокна
15. Основные зависимости характеристик оптических волокон
16. Параметры передачи
17. Измерение параметров ВОЛС
18. Иерархия в кабельной системе.
19. Выбор типа кабеля для горизонтальных подсистем.
20. Выбор типа кабеля для вертикальных подсистем.
21. Стандарты для реализации СКС
22. Коммутационные и аппаратные кабели
23. Горизонтальная подсистема
24. Резервирование транспортных линий

Повышенный уровень:

25. Основы электродинамики линий связи
26. Электромагнитные процессы в симметричных кабелях
27. Электромагнитные процессы в коаксиальных кабелях
28. Проблема электромагнитной совместимости в линиях связи
29. Коэффициент затухания
30. Дисперсия
31. Лучевой анализ распространения излучения в оптическом волокне
32. Волновой анализ распространения излучения в оптическом волокне
33. Коммутационное оборудование СКС
34. Агрегирование линий
35. Проектирование СКС с учетом использования технологии виртуальных сетей

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАЧЕТУ С ОЦЕНКОЙ

Контроль и оценка знаний студентов является неотъемлемой составной частью учебно-воспитательного процесса в вузе. Экзаменационная сессия – самая ответственная

пора в студенческой жизни: она является итогом большой работы студентов в семестре. Зачет с оценкой – это метод проверки знаний студентов по части или полному курсу учебной дисциплины, произведенный путем постановки устных или письменных вопросов. Он дает объективную официально фиксируемую оценку успехов студентов за определенный отрезок времени.

Зачет с оценкой преследует многогранную цель: во-первых, это – проверка знаний студента, во-вторых, они сами по себе являются важным звеном в овладении наукой, в-третьих, это продолжение учебного процесса; наконец, он имеет большое значение как фактор стимулирования глубокого изучения предмета.

Подготовка к зачету с оценкой состоит из двух взаимосвязанных этапов. Первый – систематический труд на протяжении семестра, учебного года, охватывающий все формы учебного процесса: лекции, изучение и конспектирование рекомендованной литературы, активное участие в семинарских (практических) и лабораторных занятиях.

Второй – подготовка непосредственно перед зачетом с оценкой. Она позволяет студентам за сравнительно короткий отрезок времени охватить всю перспективу изученного и лучше понять основные закономерности и явления.

Для непосредственной подготовки к зачету с оценкой дополнительного времени не выделяется.

Готовиться надо по строго продуманному графику, последовательно переходя от темы к теме, не пропуская ни одну из них.

Сложные вопросы, недостаточно уясненные в процессе подготовки к зачету, необходимо записать и получить на них разъяснения у преподавателей во время предэкзаменационных консультаций.

Следует заметить, что студенты, которые не ходят на консультации из-за отсутствия, по их мнению, сложных вопросов, поступают опрометчиво. На консультациях очень часто лектор не только отвечает на заданные вопросы, но и по собственной инициативе разъясняет наиболее трудные разделы курса.

Итак, основной задачей подготовки студентов к зачету с оценкой является систематизация знаний учебного материала, его творческое осмысливание. Важнейшим учебным пособием на этом этапе работы студента является собственный конспект прослушанных лекций и самостоятельно проработанных тем курса.

В соответствии с положением об экзаменах их, как правило, принимают преподаватели, читающие курс лекций.

Получив билет, студент должен хорошо продумать содержание поставленных вопросов. Значительное число неудачных ответов объясняется неясным пониманием поставленной проблемы. Правильное понимание вопроса обеспечит успех при ответе на него. При подготовке к ответу на билет нужно составить развернутый план по каждому вопросу

Отвечая на вопросы билета, не следует спешить. Надо излагать материал спокойно, не торопясь, владеть собой, следить за построением фраз. Следует избегать подходов издалека, общих рассуждений. Рекомендуются строить ответы четко, последовательно, конкретно, по возможности исчерпывающе. Вместе с тем весьма желательно быстро и правильно иллюстрировать свой ответ примерами.

От экзаменуемого требуется: определение понятий, обоснование выдвинутых положений, свободное оперирование фактическим материалом, дать альтернативные подходы по отдельным проблемам. Логичность, стройность, литературная грамотность изложения являются неотъемлемыми чертами полноценного ответа. Нельзя при ответе допускать ни излишней краткости, переходящей в схематизм, ни многословия. И то, и другое не оправдано. Краткость не дает преподавателю возможности понять, владеет ли студент учебным материалом, а многословие может показать, что студент не умеет акцентировать внимание на главном и говорит слишком расплывчато.

Критерии оценивания компетенций*

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он полностью и на высоком уровне понимает и ориентируется в принципах построения и работы структурированных кабельных систем; вырабатывает на высоком уровне решения по оперативному переконфигурированию структурированных кабельных систем (СКС), параметров коммутационной подсистемы, транспортных сетей и сетей передачи данных, по организации новых и расширению имеющихся инфокоммуникационных сетей на основе технологии СКС; проектирует на высоком уровне структурированные кабельные системы с возможностью реализации планов по расширению существующего оборудования сетевых платформ и новых технологий; понимает и активно применяет в практической деятельности международные и национальные стандарты, нормативную документацию по проектированию структурированных кабельных систем; на высоком уровне проводит расчеты параметров структурированных кабельных систем в том числе и с использованием специализированного программного обеспечения; уровне выявляет и анализирует преимущества и недостатки вариантов проектных решений структурированных кабельных систем; на высоком уровне осуществляет сбор исходных данных для проектирования структурированных кабельных систем и их компонентов; соблюдает на высоком уровне технологии выполнения работ по монтажу и настройке оборудования структурированных кабельных систем; выбирает и на высоком уровне использует тестовое и измерительное оборудование для монтажа и настройки структурированных кабельных систем.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он понимает и хорошо ориентируется в принципах построения и работы структурированных кабельных систем; в целом способен вырабатывать решения по оперативному переконфигурированию структурированных кабельных систем (СКС), параметров коммутационной подсистемы, транспортных сетей и сетей передачи данных, по организации новых и расширению имеющихся инфокоммуникационных сетей на основе технологии СКС; способен на хорошем уровне проектировать структурированные кабельные системы с возможностью реализации планов по расширению существующего оборудования сетевых платформ и новых технологий; применяет без грубых ошибок в практической деятельности международные и национальные стандарты, нормативную документацию по проектированию структурированных кабельных систем; проводит расчеты параметров структурированных кабельных систем в том числе и с использованием специализированного программного обеспечения; выявляет и анализирует преимущества и недостатки вариантов проектных решений структурированных кабельных систем; осуществляет на хорошем уровне сбор исходных данных для проектирования структурированных кабельных систем и их компонентов; соблюдает технологии выполнения работ по монтажу и настройке оборудования структурированных кабельных систем; способен выбирать и использовать тестовое и измерительное оборудование для монтажа и настройки структурированных кабельных систем.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он слабо понимает и в основном ориентируется в принципах построения и работы структурированных кабельных систем; допускает незначительные ошибки при выработке решений по оперативному переконфигурированию структурированных кабельных систем (СКС), параметров коммутационной подсистемы, транспортных сетей и сетей передачи данных, по организации новых и расширению имеющихся инфокоммуникационных сетей на основе технологии СКС; слабо способен проектировать структурированные кабельные системы с возможностью реализации планов по расширению существующего оборудования сетевых платформ и новых технологий; слабо понимает и в целом применяет в практической деятельности международные и национальные стандарты, нормативную документацию по проектированию структурированных кабельных систем; в целом без грубых ошибок проводит расчеты параметров структурированных кабельных систем в том числе и с использованием специализированного программного обеспечения; способен выявлять и

анализировать преимущества и недостатки ограниченного числа вариантов проектных решений структурированных кабельных систем; осуществляет сбор исходных данных для проектирования структурированных кабельных систем и их компонентов без грубых ошибок; в целом без грубых ошибок соблюдает технологии выполнения работ по монтажу и настройке оборудования структурированных кабельных систем; выбирает и использует без грубых ошибок тестовое и измерительное оборудование для монтажа и настройки структурированных кабельных систем.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не понимает и не ориентируется в принципах построения и работы структурированных кабельных систем; не способен вырабатывать решения по оперативному переконфигурированию структурированных кабельных систем (СКС), параметров коммутационной подсистемы, транспортных сетей и сетей передачи данных, по организации новых и расширению имеющихся инфокоммуникационных сетей на основе технологии СКС; не способен проектировать структурированные кабельные системы с возможностью реализации планов по расширению существующего оборудования сетевых платформ и новых технологий; не понимает и не применяет в практической деятельности международные и национальные стандарты, нормативную документацию по проектированию структурированных кабельных систем; не способен проводить расчеты параметров структурированных кабельных систем в том числе и с использованием специализированного программного обеспечения; не способен выявлять и анализировать преимущества и недостатки вариантов проектных решений структурированных кабельных систем; не в состоянии осуществлять сбор исходных данных для проектирования структурированных кабельных систем и их компонентов; не понимает и не соблюдает требования стандартов, технических регламентов и отраслевых нормативных документов определяющих требования к проектированию структурированных кабельных систем; не соблюдает технологии выполнения работ по монтажу и настройке оборудования структурированных кабельных систем; не способен выбирать и не может использовать тестовое и измерительное оборудование для монтажа и настройки структурированных кабельных систем