

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

**РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ
ЖИЛОГО ЗАГОРОДНОГО ДОМА**

Выпускная квалификационная работа бакалавра
направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)

Идентификационный код ВКР:166

Екатеринбург 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра электрооборудования и энергоснабжения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующая кафедрой ЭС

_____ А.О.Прокубовская

«_____» _____ 2016 г.

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ЗАГОРОДНОГО ДОМА

Выпускная квалификационная работа бакалавра
направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профиля подготовки «Энергетика»
специализации «Энергохозяйство предприятий, организаций,
учреждений и энергосберегающие технологии»

Идентификационный код ВКР:166

Исполнитель:

студентка группы ЭС-401 _____ Е.С. Овсянникова

Руководитель:

ст.преподаватель кафедры ЭС _____ И.М. Морозова

Нормоконтролер:

ст.преподаватель кафедры ЭС _____ Т.В. Лискова

Екатеринбург 2016

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 69 страницах, содержит 63 страницы машинописного текста, 7 рисунков, 13 таблиц, 21 источников информации, 4 приложения на 5 страницах, графическую часть на 4 листах формата А1.

Ключевые слова: ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ЖИЛОЙ ЗАГОРОДНЫЙ ДОМ, КОТТЕДЖ.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является жилой загородный дом.

Предметом исследования выпускной квалификационной работы является электрооборудование жилого загородного дома.

Цель выпускной квалификационной работы - спроектировать систему энергоснабжения жилого загородного дома.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы:

- произведен расчет электрических нагрузок жилого загородного дома;
- выбраны провода и кабельные линии для внешних и внутренних электропроводок;
- произведен расчет и выбор устройств защитной аппаратуры;
- выполнена проверка выбранной защитной аппаратуры;
- произведен расчет заземляющего устройства;
- произведен расчет и выбор молниезащиты;
- выбраны источники теплоснабжения жилого загородного дома;
- произведено технико-экономическое сравнение выбранных источников теплоснабжения жилого загородного дома.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАГОРОДНОГО ДОМА	8
2 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОБЪЕКТА	11
2.1 Электрическое освещение	11
2.2 Электротехническая часть	12
2.3 Расчет электрических нагрузок	13
2.4 Выбор сечения токопроводящих жил и марок кабелей	16
2.5 Проверка проводников по потере напряжения	19
2.6 Расчет и выбор аппаратов защиты	22
2.7 Расчет аппаратуры и линии внешнего электроснабжения	24
2.8 Расчет токов трехфазного короткого замыкания	26
2.9 Расчет токов однофазного короткого замыкания	31
2.10 Проверка правильности выбора защитной аппаратуры	33
2.11 Выбор счетчика электрической энергии	34
3 ВЫБОР АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	36
3.1 Выбор оборудования	39
3.1.1 Газовый котел	39
3.1.2 Электрический котел	40
4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ	42
4.1 Составление сметы капитальных вложений	42
4.2 Технико-экономическое сравнение установки и обслуживания котлов	44
4.3 Технико-экономическое сравнение эксплуатации котлов	45
4.4 Технико-экономическое сравнение вариантов	46
5 ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ	48
5.1 Расчет заземляющего устройства жилого дома	48
5.2 Расчет заземляющего устройства котельной	49
5.3 Молниезащита	51

5.4 Пожарная безопасность	53
5.5 Правила безопасности при монтаже и эксплуатации газового котла	55
5.5 Правила безопасности при монтаже и эксплуатации электрического котла	56
5.6 Глобальные экологические проблемы современности	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	61
Приложение А - Схемы электрические	64
Приложение Б - План прокладки сети освещения	67
Приложение В - План прокладки розеточной сети	69
Приложение Г - Система заземления	71

ВВЕДЕНИЕ

Основой комфортного проживания людей является жилище. В понятие «жилище» входят помещения различного назначения, приусадебные постройки и наружные установки.

С учетом того, что человек в среднем более 60% своего времени проводит дома, комфортная среда является одним из важнейших факторов при выборе типа здания. Благодаря применяемым техническим решениям, в этих домах поддерживается благоприятный для здоровья человека внутренний климат: теплые стены и полы, оптимальная температура, влажность и чистота воздуха. Энергоэффективный дом в полной мере является жильем 21 века. Используемые решения в области обогрева, минимизации энергопотерь, вентиляции, инженерных систем, считающиеся технологиями завтрашнего дня, доступны в пассивном доме уже сегодня. Энергоэффективный дом часто называют также «экологическими домами» («ЭкоДом»). Известно, что около 40% выбросов CO₂ в атмосферу образуется при сжигании топлива, используемого именно для отопления зданий. Применение нулевых домов может сократить эти цифры – ведь в них для обогрева используются альтернативные источники энергии. Кроме этого, для строительства выбираются экологически чистые материалы, часто традиционные – дерево, камень, кирпич. Украшением любого интерьера являются художественно оформленные светильники, электрокамины и другие электробытовые приборы, обеспечивающие удобство быта, комфорт и уют. Холодильник, стиральная машина, электрические или газовые плиты, пылесосы, кухонные комбайны, телевизоры и другие приборы являются неотъемлемой частью быта людей. Кондиционеры, вентиляторы, система отопления, горячее и холодное водоснабжение создают комфортные условия проживания в жилище.

Исключению или сокращению негативных последствий электрификации быта способствует выполнение для каждой квартиры или

коттеджа проекта электрооборудования, в котором, наряду с выполнением функционального назначения электроустановки, учитываются требования по обеспечению электро- и пожаробезопасности.

Объектом исследования является жилой загородный дом (коттедж).

Предметом исследования является электрооборудование жилого загородного дома.

Цель работы: спроектировать систему энергоснабжения жилого загородного дома.

Задачи работы:

- произвести расчет электрических нагрузок жилого загородного дома;
- выбрать провода и кабельные линии для внешних и внутренних электропроводок;
- произвести расчет и выбор устройств защитной аппаратуры;
- выполнить проверку выбранной защитной аппаратуры;
- произвести расчет заземляющего устройства;
- произвести расчет и выбор молниезащиты;
- выбрать источники теплоснабжения жилого загородного дома;
- произвести технико-экономическое сравнение выбранных источников теплоснабжения жилого загородного дома.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАГОРОДНОГО ДОМА

В выпускной квалификационной работе требуется рассчитать энергоснабжение одноэтажного жилого загородного дома с газовой плитой, площадь под здание - 92 м², общая площадь всех помещений – 123,47 м².

Электроснабжение группы домов поселка, где расположен проектируемый жилой дом, осуществляется по воздушной линии ВЛ-0,4кВ проводом марки СИП от ТП 10/0,4кВ, отстоящей от проектируемого жилого дома на расстоянии 100м. Электроснабжение самого жилого дома (так называемая «точка подключения») осуществляется от щита нагрузки ЩН, установленного на опоре ВЛ-0,4кВ, отстоящей от дома на расстоянии 5м.

В жилом доме находится собственная котельная. Электроснабжение котельной осуществляется от отдельного щита, подключенного к электрощиту жилого дома.

Отопление жилого дома производится от собственной автономной котельной установки. Водоснабжение осуществляется из автономной системы. Водоотведение производится в автономную систему канализации со сбором сточных вод в накопитель. Газоснабжение всех потребителей поселка производится централизованно от газораспределительной станции.

По климатическим показателям поселок относится к третьему климатическому району, который характеризуется как умеренно теплый, незначительно засушливый. Грунт в поселке – глина и садовая земля.

Проектируемый жилой дом представляет собой одноэтажное строение без подвального помещения. Планировка проектируемого дома показана на рисунке 1.

На первом этаже расположены котельная, прихожая, гостиная, столовая, кухня, санузел, душевая, парная, две спальни и холл. Пол первого этажа находится на отметке +0,530.

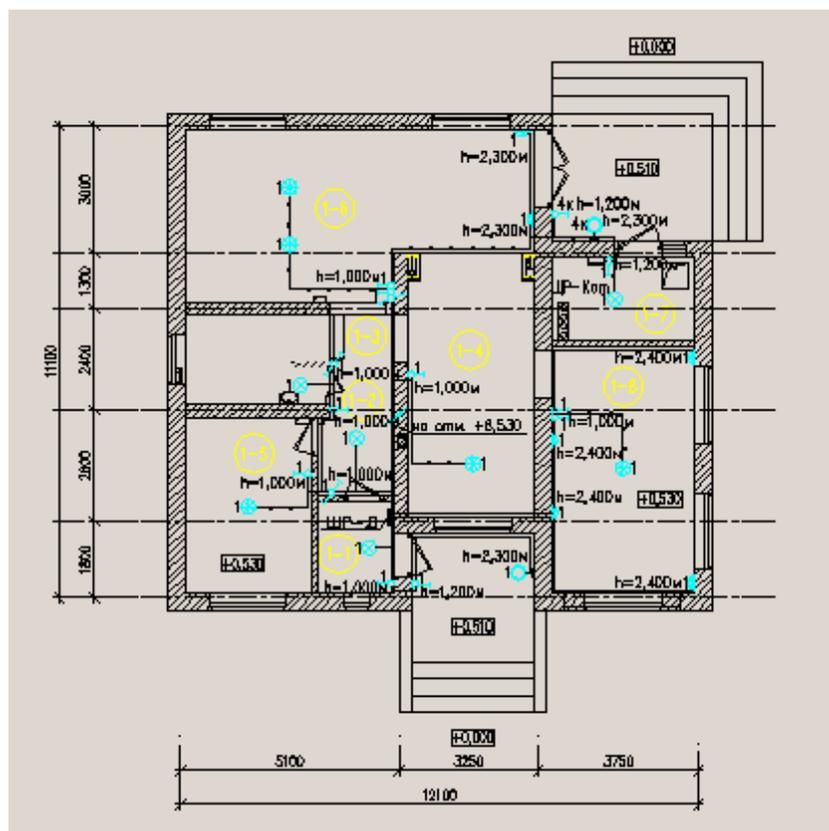


Рисунок 1- Планировка проектируемого дома

Проектирование электроустановок коттеджа осуществляется в соответствии с заданием заказчика. При этом все технические решения в проекте электротехнической части должны удовлетворять требованиям действующих нормативных документов.

В таблице 1 представлено техническое задание на проектирование электрооборудования коттеджа, согласованное с заказчиком.

Таблица 1 – Техническое задание на проектирование электрооборудования

Помещения	Площадь, м ²	Устанавливаемые электробытовые приборы	Номинальная (установленная) мощность, кВт
1	2	3	4
Кухня	8,47	Электрическая плита	10,5
		Посудомоечная машина	2,2
		Холодильник	0,6
		Кухонный комбайн	4,0
		Электрическое освещение	0,54
		1 розетка на ток 16 А 4 розетки на ток 6 А	0,5

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
Холл	6,53	Электрическое освещение	0,6
		2 розетки на ток 6 А	0,2
Раздевалка	3,71	Электрическое освещение	0,6
		1 розетка на ток 6 А	0,1
Тамбур	5,26	Электрическое освещение	0,6
С/у	4,29	Электрическое освещение	0,6
Душевая	6,05	Душ с электроподогревом	3,0
		Теплый пол (4 м ²)	0,32
		Вентилятор	0,5
		Электрическое освещение	0,28
		Стиральная машина	2,2
		2 розетки на ток 6 А	0,2
Гостиная	23,87	Электрокамин	2,0
		Кондиционер	4,0
		Домашний кинотеатр	0,8
		Электрическое освещение	2,16
		10 розеток на ток 6 А	1,0
Спальня	12,81	Теплый пол (8 м ²)	0,72
		Кондиционер	2,2
		Электрическое освещение	2,16
		4 розетки на ток 6 А	0,4
		4 розетки на ток 6 А	0,4
Детская комната	12,18	Теплый пол (8 м ²)	1,6
		Кондиционер	2,2
		Персональный компьютер	0,5
		Электрическое освещение	0,72
		4 розетки на ток 6 А	0,4
		4 розетки на ток 6 А	0,4
Котельная	5,09	Газовый котел	0,12
		Электрический котел	9,0
		6 розеток на ток 6 А	0,6
ИТОГО:	88,32		58,72

2. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОБЪЕКТА

2.1 Электрическое освещение

Освещение является одним из важнейших факторов, характеризующих комфортность жилища. Электрическое освещение обеспечивает возможность нормальной жизни и деятельности людей в быту при отсутствии или недостаточности естественного освещения.

В данной работе на основании технического задания, согласованного с заказчиком, были приняты следующие решения:

- во всех помещениях применена система общего освещения;
- для верхнего освещения жилых помещений, кухни, гостиной, столовой приняты трехламповые люстры со степенью защиты IP-20 с лампами накаливания 100Вт каждая;
- для бокового освещения кухни и гостиной выбраны настенные одноламповые светильники со степенью защиты IP-20 с лампами накаливания 75Вт;
- для освещения прихожей, холла выбраны потолочные одноламповые светильники со степенью защиты IP-20 с лампами накаливания 100Вт;
- для освещения санузла выбран одноламповый потолочный светильник со степенью защиты IP-20 с лампой накаливания 100Вт;
- для освещения входа выбраны одноламповые потолочные светильники со степенью защиты IP-44 и климатического исполнения УХЛ2 с лампами накаливания 60Вт;
- для освещения котельной выбран один потолочный светильник со степенью защиты IP-44 с двумя люминесцентными лампами мощностью 36Вт

Управление освещением жилых и нежилых помещений - местное, осуществляется однополюсными выключателями и переключателями, установленными в помещениях со стороны дверных ручек.

Высота установки светильников, выключателей и переключателей указана на чертежах в приложении Б.

2.2 Электротехническая часть

Для питания светильников квартир и коттеджей предусматриваются групповые сети. Групповая сеть - это сеть от щитков до светильников, штепсельных розеток и других электроприемников.

Групповые линии освещения могут быть одно-, двух- и трехфазными в зависимости от их протяженности и числа присоединенных светильников. Однофазные групповые линии следует выполнять трехпроводными, двухфазные - четырехпроводными и трехфазные - пятипроводными с отдельным N- и РЕ-проводниками.

Прокладку групповой сети следует, как правило, выполнять скрытой, сменяемой в каналах, пустотах строительных конструкций, в пластмассовых или стальных трубах.

На основании всего вышеизложенного, в работе были приняты следующие решения:

- горизонтальные участки кабелей групповых сетей прокладывать по стенам скрыто под слоем вагонки, по потолку - в гофрированных ПВХ трубах, прикрепленных к потолку при помощи пластиковой скобы 16мм через каждые 1-1,2м;
- вертикальные участки кабелей групповой сети прокладывать скрыто под вагонки, - в гофрированных ПВХ трубах, прикрепленных к стенам при помощи пластиковой скобы 16мм через каждые 1-1,2м;
- крепление кабельных линий к стенам осуществить при помощи дюпель-хомута 5-10мм через каждые 0,3-0,5м.

Напряжение рабочего освещения 220В.

В жилом доме предусмотрена установка штепсельных розеток, а также предусмотрены спуски кабеля с потолка и выходы из пола для подключения

стационарного электрооборудования. В зоне ванных комнат, котельной и у входов/выходов предусмотрена установка штепсельных розеток со шторками со степенью защиты не ниже IP-44. Розеточная сеть защищена от токов утечки установкой дифференциальных автоматов на ток утечки 30мА.

Высота установки розеток указана на чертежах в приложении В.

Система питания - трехпроводная с защитным (РЕ) и нулевым (N) проводниками.

Щит учетно-распределительный (ЩР-Д) устанавливается в нишу стены на высоте 1,6м от уровня пола, а распределительный (ЩР-Кот) - на стену на высоте 1,6м от уровня пола.

2.3 Расчет электрических нагрузок

Расчет электрических нагрузок производим на основании технического задания (таблица 1). Для этого составляется сводная ведомость нагрузок (таблица 3) по индивидуальному жилому дому с учетом коэффициентов спроса K_c , использования $K_{и}$, и мощности $\cos\phi$ и $\operatorname{tg}\phi$.

Под *коэффициентом спроса* по нагрузке понимается отношение расчетной электрической нагрузки к номинальной (установленной) мощности электроприемников:

$$K_c = P_p / P_y ; \quad (1)$$

где P_p - расчетная электрическая нагрузка, кВт (30-мин максимум);

P_y - установленная мощность электроприемников, кВт.

Под *коэффициентом использования* активной мощности одного или группы электроприемников понимается отношение фактически потребляемой мощности P к номинальной мощности P_H :

$$K_{и} = P / P_H ; \quad (2)$$

Расчетная активная мощность (кВт) каждого электроприемника определяется по формуле:

$$P_p = P_y \cdot K_c ; \quad (3)$$

Расчетная реактивная мощность (квар) каждого электроприемника определяется по формуле:

$$Q = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (4)$$

Полная мощность (кВА) каждого электроприемника определяется по формуле:

$$S = P_p / \cos \varphi; \quad (5)$$

Так как все электроприёмники (кроме электрического котла) однофазные, а питающая сеть трехфазная, то расчетный ток (А) для каждого электроприёмника определяется по формуле:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot \cos \varphi}. \quad (6)$$

Величина максимального расчетного тока (А) для каждого электроприёмника определяется по формуле:

$$I_{p.\max} = \frac{P_y}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{P_y}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot \cos \varphi}. \quad (7)$$

Для группы электроприёмников:

- коэффициент спроса

$$K_C = \frac{\Sigma P_p}{\Sigma P_y}; \quad (8)$$

- коэффициенты мощности

$$\cos \varphi = \frac{\Sigma P_p}{\Sigma S}; \quad (9)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg}(\arccos \varphi). \quad (10)$$

Таблица 2 – Сводная ведомость нагрузок по коттеджу

Обозначение	Потребители электроэнергии	Число фаз	Установленная (номинальная) мощность P_y , кВт	Расчетные коэффициенты			Расчетная мощность			Расчетный ток	
				спроса K_C	мощности		активная, P_p , кВт	реактивная, Q , квар	полная, S , кВА	I_p , А	$I_{p,max}$, А
					$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$					
	ЩР-Кот										
QF1	Электрический котел	3	9	0,8	0,95	0,33	7,2	2,38	7,58	11,53	14,41
QF2	Газовый котел	1	0,12	0,8	0,9	0,48	0,1	0,05	0,11	0,17	0,20
QF3	Розетки насосов	1	2,0	0,8	0,75	0,88	1,6	1,41	2,13	3,25	4,06
QF4	Наружное освещение	1	0,06	0,6	1,0	0	0,04	0	0,04	0,06	0,09
	ИТОГО по ЩР-Кот	-	11,18	0,8	0,91	0,46	8,94	3,84	9,86	15,01	18,76
	ЩР-Д										
QF1	ЩР-Кот.	3	11,18	0,8	0,91	0,46	8,94	3,84	9,86	15,01	18,76
QF2	Освещение 1 этаж	1	6,14	0,8	1,0	0	2,95	0	2,95	4,48	9,33
QF3	Розетка электрической плиты	1	10,5	0,8	1,0	0	8,4	0	8,4	12,76	15,95
QSF4	Розетки кухни	1	4,3	0,5	0,9	0,484	3,01	1,46	3,34	5,08	7,27
QSF5	Розетка посудомоечной машины	1	2,2	0,8	0,8	0,75	0,41	0,31	1,76	0,78	4,18
QSF6	Розетки 1 этаж	1	2,0	0,6	0,85	0,62	1,2	0,74	1,41	2,15	3,58
QSF7	Розетки вход/выход	1	1,0	0,5	0,85	0,62	0,5	0,31	0,59	0,89	1,79
QSF8	Розетка стиральной машины	1	2,2	1,0	0,8	0,75	1,32	0,99	1,65	2,51	4,18
QF9	Вентиляторы	1	1,0	0,5	0,8	0,75	0,5	0,38	0,63	0,95	1,90
	ИТОГО по ЩР-Д	-	40,52	0,7	0,89	0,5	27,23	8,03	30,59	44,61	66,94

2.4 Выбор сечения токопроводящих жил и марок кабелей

В ПУЭ [14, пп. 7.1.34, 7.1.36] для внутренних электропроводок зданий предписывается использование проводов и кабелей с медными жилами, выполненными по трех- либо пятипроводной системе. В соответствии с этим, а также с учетом рекомендаций технической коллекции SchneiderElectric [19, стр. 91, табл. 5.15] для внутренней электропроводки коттеджа выбираем:

- для трёхфазных электроприёмников – кабель марки ВВГнг-LS с пятью медными жилами, характеризующийся по изоляции как «винил-винил-голый», нг – пониженной горючести; LS – при попадании в открытый огонь выделяет в атмосферу малую концентрацию отравляющих веществ от плавления изоляции.

- для однофазных электроприёмников – кабель марки ВВГнг-LS-П с тремя медными жилами, характеристики по изоляции – те же, что у ВВГнг-LS, «П» - плоский.

Для внешнего электроснабжения коттеджа, осуществляемого от щитаЩН, установленного на опоре 0,4 кВ, учитывая прокладку в земле, в соответствии с рекомендациями Шеховцова [20, табл. 3.1.2], выбираем кабель с медными жилами марки ВБбШв.

При прокладке внутри помещений сечение выбирается по максимальному расчетному току нагрузки:

$$I_{д.н} \geq I_{р.мах}; \quad (11)$$

где $I_{д.н}$ - допустимый номинальный ток нагрузки проводника при расчетной

температуре, А (для отечественных кабелей +25⁰С);

$I_{р.мах}$ - максимальный расчетный ток нагрузки, А.

В реальных условиях при прокладке внутри помещений допустимый ток проводника зависит от:

- температуры окружающей среды;
- способа прокладки;

- взаимного влияния проложенных рядом электрических цепей.

Учет каждого из этих факторов производится с помощью коэффициентов K_1 , K_2 , K_3 , определяющих их влияние на величину допустимого тока, откуда формула для расчета тока нагрузки проводника принимает вид:

$$I_{д.н} \geq \frac{I_{р.макс}}{K_1 K_2 K_3}; \quad (12)$$

где K_1 - учитывает влияние температуры окружающей среды отличной от $+25^{\circ}\text{C}$, в зависимости от типа изоляции;

K_2 - учитывает влияние способа прокладки;

K_3 - учитывает взаимное влияние проложенных рядом кабелей

При выборе сечения жил кабеля, прокладываемого в земле, формула для расчета тока нагрузки проводника:

$$I_{д.н} \geq \frac{I_{р.макс}}{\beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_4}; \quad (13)$$

где β_1 – коэффициент, учитывающий температуру почвы, отличную от $+20^{\circ}\text{C}$;

β_2 – коэффициент, учитывающий влияние способа прокладки;

β_3 – коэффициент, учитывающий взаимное влияние проложенных рядом кабелей (расстояние между кабелями менее двух диаметров большего из двух кабелей);

β_4 – коэффициент, учитывающий влияние свойств и состояния почвы, определяющих ее теплопроводность.

Производим выбор сечения проводников. Для этого принимаем температуру окружающей среды в котельной $t_{о.с.}=+40^{\circ}\text{C}$, температуру окружающей среды в жилом доме $t_{о.с.}=+25^{\circ}\text{C}$, температуру почвы $t_{п.}=+15^{\circ}\text{C}$.

Производим выбор коэффициентов:

- для кабелей в поливинилхлоридной изоляции:
 - при $t_{о.с.}=+40^{\circ}\text{C}$ $K_1 = 0,79$ [19, стр. 81, табл. 5.3];
 - при $t_{о.с.}=+25^{\circ}\text{C}$ $K_1 = 1,0$ [19, стр. 81, табл. 5.3];

- для кабелей в трубах, проложенных в термоизолирующем материале (штукатурке):

$$K_2 = 0,77 [19, \text{стр. 81}];$$

- для одного кабеля, замоноличенного в стене

$$K_3 = 1,0 [19, \text{стр. 81, табл. 5.4}];$$

- для двух кабелей, замоноличенных в стене

$$K_3 = 0,8 [19, \text{стр. 81, табл. 5.4}].$$

- для кабелей в поливинилхлоридной изоляции при температуре почвы $t_{\text{п}} = +15^{\circ}\text{C}$:

$$\beta_1 = 1,05 [19, \text{стр. 83, табл. 5.5}];$$

- для кабелей, непосредственно проложенных в земле

$$\beta_2 = 1,0 [19, \text{стр. 83}];$$

- для одного кабеля, проложенного в один слой

$$\beta_3 = 1,0 [19, \text{стр. 83}];$$

- для очень сухой почвы

$$\beta_4 = 0,86 [19, \text{стр. 84}].$$

С учетом выбранных коэффициентов формулы для расчета токов нагрузки проводников принимают вид:

- для проводников котельной

$$I_{\text{д.н}} \geq \frac{I_{\text{р.макс}}}{0,79 \cdot 0,77 \cdot 1,0}; \quad (14)$$

- для проводников жилого дома

$$I_{\text{д.н}} \geq \frac{I_{\text{р.макс}}}{1,0 \cdot 0,77 \cdot 0,8}; \quad (15)$$

- для кабеля внешнего электроснабжения

$$I_{\text{д.н}} \geq \frac{I_{\text{р.макс}}}{1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,86}.$$

(16)

Произведем расчет и выбор проводников по полученным формулам. Максимальный расчетный ток нагрузки $I_{\text{р.макс}}$ определяем по таблице 2.

Сечения проводников определяем по ПУЭ [14, таблицы 1.3.4, 1.3.6].

Результаты расчетов и выбор проводников сведём в таблицу 3.

Таблица 3 - Выбор проводников

Обозначение	Потребители электроэнергии	$I_{дн},$ А	Марка кабеля, кол-во и сечение жил, мм ²	$I_{доп},$ А
ЩР-Кот				
QF1	Электрический котел	23,69	ВВГнг-LS 5x4	27
QF2	Газовый котел	0,33	ВВГнг-LS 3x1,5	15
QF3	Розетки насосов	6,67	ВВГнг-LS 3x2,5	21
QF4	Наружное освещение	0,15	ВВГнг-LS 3x1,5	15
ЩР-Д				
QF1	ЩР-Кот.	30,45	ВВГнг-LS 5x6	34
QF2	Освещение 1 этаж	15,15	ВВГнг-LS 3x1,5	21
QF4	Розетка электрической плиты	25,89	ВВГнг-LS 3x2,5	27
QSF5	Розетки кухни	11,8	ВВГнг-LS 3x2,5	21
QSF6	Розетка посудомоечной машины	6,79	ВВГнг-LS 3x2,5	21
QSF7	Розетки 1 этаж	5,81	ВВГнг-LS 3x2,5	21
QSF9	Розетки вход/выход	2,91	ВВГнг-LS 3x1,5	15
QSF10	Розетка стиральной машины (ванная)	6,79	ВВГнг-LS 3x2,5	21
QF11	Вентиляторы	3,08	ВВГнг-LS 3x1,5	15
QF12	Розетка в щите	---	ВВГнг-LS 3x2,5	21
ЩН				
QF-Н	ЩР-Д	74,13	ВББШв 4x6	80

2.5 Проверка проводников по потере напряжения

Проверка выбранных проводников по потере напряжения из условия обеспечения необходимых (регламентированных стандартами) уровней напряжения у самых удаленных от источника питания потребителей осуществляется следующим образом.

Выполняется расчет потери напряжения (%) по формулам:

- для однофазной сети:

$$\Delta U = \frac{2 \cdot I_{p.\max} \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \cdot 100}{U_n} \quad (17)$$

- для симметричной трёхфазной сети:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{p.\max} \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \cdot 100}{U_n} \quad (18)$$

где ΔU - потеря напряжения, % от номинального;

$I_{p,max}$ - максимальный расчетный ток нагрузки, А;

R - активное сопротивление проводника, Ом;

X - индуктивное сопротивление проводника, Ом;

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности нагрузки;

U_n - номинальное напряжение, В (220В - однофазной сети, 380В - симметричной трехфазной сети).

Без учета индуктивного сопротивления линии на потерю напряжения, как правило, рассчитываются:

- сети постоянного тока;
- линии сети переменного тока, для которых коэффициент мощности $\cos \varphi = 1$;
- сети, выполненные проводами внутри зданий или кабелями, если их сечения не превосходят 25мм^2 [19, стр. 85, табл. 5.6].

Таким образом, индуктивным сопротивлением проводников сечением менее 25мм^2 можно пренебречь, т.е. $X \approx 0$, откуда формулы для расчета потерь напряжения принимают вид:

- для однофазной сети

$$\Delta U = \frac{2 \cdot I_{p,max} \cdot R \cdot \cos \varphi \cdot 100}{U_n}. \quad (19)$$

- для симметричной трёхфазной сети

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{p,max} \cdot R \cdot \cos \varphi \cdot 100}{U_n}. \quad (20)$$

Активное сопротивление проводников (Ом) определяется по формуле

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}; \quad (21)$$

где ρ - удельное сопротивление проводника, Ом·мм²/м,

для медных проводников $\rho_m = 0,0189$ Ом·мм²/м [19, стр. 85];

l - длина проводника, м;

S - сечение проводника, мм²

Далее рассчитанные потери напряжения сравниваются с допустимыми потерями напряжения по условию:

$$\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп.}} \cdot \quad (22)$$

где $\Delta U_{\text{доп.}}$ - допустимые потери напряжения, %

Для двигателей и аппаратов управления нормально допустимое отклонение напряжения составляет $\pm 5\%$, предельно допустимое - $\pm 10\%$; для источников света нормально допустимое отклонение напряжения составляет $\pm 5\%$ [19, стр. 86, табл. 5.9].

Производим расчет потерь напряжения в выбранных проводниках, данные заносим в таблицу 4.

Таблица 4 - Потери напряжения в линиях

Обозначение	Потребители электроэнергии	Марка кабеля	Длина l , м	Активное сопротивление R , Ом	Отклонение напряжения ΔU , %		Соответствие условию $\Delta U < \Delta U_{\text{доп.}}$
					Расчетное ΔU	Нормальнодопустимое $\Delta U_{\text{доп.}}$	
ЩН							
QF-H	ЩР-Д	ВБбШв 4x6	10	0,0316	0,64	5	Соотв.
	ЩР-Д						
QF1	ЩР-Кот.	ВВГнг-LS 5x6	20	0,0632	0,49	5	Соотв.
QF2	Освещение 1 этаж	ВВГнг-LS 3x1,5	100	1,26	4,15	5	Соотв.
QF3	Розетка электрической плиты	ВВГнг-LS 3x2,5	10	0,0755	0,23	5	Соотв.
QSF4	Розетки кухни	ВВГнг-LS 3x2,5	20	0,151	0,42	5	Соотв.
QSF5	Розетка посудомоечной машины	ВВГнг-LS 3x2,5	15	0,113	0,34	5	Соотв.
QSF6	Розетки 1 этаж	ВВГнг-LS 3x2,5	60	0,453	1,25	5	Соотв.
QSF7	Розетки вход/выход	ВВГнг-LS 3x1,5	20	0,252	0,35	5	Соотв.
QSF8	Розетка стиральной машины	ВВГнг-LS 3x2,5	25	0,189	0,42	5	Соотв.
QF9	Вентиляторы	ВВГнг-LS 3x1,5	60	0,756	0,55	5	Соотв.
QF10	Розетка в щите	ВВГнг-LS 3x2,5	1	0,008	0,01	5	Соотв.
ЩР-Кот							
QF1	Электрический котел	ВВГнг-LS 5x4	10	0,0465	0,29	5	Соотв.
QF2	Газовый котел	ВВГнг-LS 3x1,5	5	0,063	0,02	5	Соотв.
QF3	Розетки насосов	ВВГнг-LS 3x2,5	15	0,113	0,31	5	Соотв.
QF4	Наружное освещение	ВВГнг-LS 3x1,5	10	0,126	0,01	5	Соотв.

2.6 Расчет и выбор аппаратов защиты

Любое защитное устройство, защищающее кабель от перегрузки, должно отвечать условию:

$$I_{н.з} \geq I_{д.н}; \quad (23)$$

где $I_{д.н}$ - допустимый номинальный ток нагрузки проводника, А;

$I_{н.з}$ - номинальный ток устройства защиты, А.

Так как в проектируемом жилом доме в качестве устройств защиты приняты автоматические и дифференциальные автоматические выключатели, то условие принимает вид:

$$I_{н.а} \geq I_{д.н}; \quad (24)$$

где $I_{н.а}$ – номинальный ток автоматического выключателя, А.

В каталогах приводится номинальный ток выключателя для температуры окружающей среды $+30^{\circ}\text{C}$. Повышение температуры сверх 30°C приводит к преждевременному срабатыванию теплового расцепителя, так как его температура достигает уровня срабатывания при меньших значениях тока. Выбор автоматических выключателей в тех случаях, когда температура окружающей среды больше или меньше 30°C , производится с использованием температурного коэффициента K_t по формуле:

$$I_{н.а} \geq I_{н.р} \cdot K_t \geq I_{д.н}; \quad (25)$$

$$I_{н.а} \geq \frac{I_{д.н}}{K_t}; \quad (26)$$

где $I_{н.р}$ - номинальный ток расцепителя автоматического выключателя, А;

K_t - температурный коэффициент

Для выключателей бытового назначения ориентировочные значения величины K_t в зависимости от температуры окружающей среды в месте установки приняты по [19, стр. 66] и приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Значения температурного коэффициента K_t

$t_{о.с.}, ^{\circ}\text{C}$	20	30	35	40	45	50	55	60
K_t	1,05	1	0,97	0,95	0,92	0,89	0,87	0,84

Принятые к установке автоматические выключатели бытового назначения являются модульного исполнения, т.е. устанавливаются в щитах рядом друг с другом на DIN-рейках (приложение А). Вследствие этого для расчетов вместо величины K_t следует использовать величину $0,8 K_t$ [19, стр. 66], откуда формула выбора автоматического выключателя принимает вид:

$$I_{н.а} \geq \frac{I_{д.н}}{0,8 \cdot K_t}; \quad (27)$$

Производим расчет и выбор автоматических выключателей. Данные по номинальным допустимым токам проводников берем из таблицы 3. Температура окружающей среды в котельной $t_{о.с}=+40^{\circ}\text{C}$, температура окружающей среды в жилом доме $t_{о.с}=+25^{\circ}\text{C}$ (см. расчеты п.2.4). Выбор автоматических выключателей производим по каталогу [9, www.iek.ru/products/catalog] и сводим в таблицу 6.

В качестве примера произведём расчет вводного автоматического выключателя QS1 для щита котельной ЩР-Кот.

$$I_{н.а} \geq \frac{I_{д.н}}{0,8 \cdot K_t} = \frac{30,45}{0,8 \cdot 0,95} = 40 \text{ A}. \quad (28)$$

Выбираем по каталогу автоматический выключатель ВА47-29 3Р, характеристика «С», номинальный ток 40А.

Аналогичным образом выбираются остальные автоматические выключатели щита ЩР-Кот и щита дома ЩР-Д.

Таблица 6 - Выбор автоматических выключателей

Обозначение	Наименование АВ	Номинальный ток, А	Характеристика срабатывания расцепителя	Диапазон срабатывания расцепителя
1	2	3	4	5
ЩР-Кот				
QS1	ВА47-29 3Р	40	С	$5 I_H - 10 I_H$
QF1	ВА47-29 3Р	32	С	$5 I_H - 10 I_H$
QF2	ВА47-29 1Р	1	В	$3 I_H - 5 I_H$
QF3	ВА47-29 1Р	10	С	$5 I_H - 10 I_H$
QF4	ВА47-29 1Р	1	В	$3 I_H - 5 I_H$
ЩР-Д				

Окончание таблицы 6

QS1	ВА47-100 3P	80	C	5 I _H - 10 I _H
QF1	ВА47-29 3P	40	C	5 I _H - 10 I _H
QF2	ВА47-29 1P	20	C	5 I _H - 10 I _H
QF3	ВА47-29 1P	34	C	5 I _H - 10 I _H
QSF4	АВДТ32 2P 1+N	16	C	5 I _H - 10 I _H
QSF5	АВДТ32 2P 1+N	10	C	5 I _H - 10 I _H
QSF6	АВДТ32 2P 1+N	10	C	5 I _H - 10 I _H
QSF7	АВДТ32 2P 1+N	6	C	5 I _H - 10 I _H
QSF8	АВДТ32 2P 1+N	10	C	5 I _H - 10 I _H
QF9	ВА47-29 1P	6	C	5 I _H - 10 I _H
QF10	ВА47-29 1P	10	C	5 I _H - 10 I _H
ЩН				
QF-H	ВА47-100 3P	100	C	5 I _H - 10 I _H

Автоматический выключатель QF-H, установленный на опоре 0,4 кВ в щите нагрузки ЩН, выбран с учетом селективности срабатывания защиты.

Селективность характеризуется предельным током. Предельный ток селективности - это предельное значение тока, ниже которого при наличии двух последовательно соединенных аппаратов защиты от сверхтоков аппарат со стороны нагрузки успевает завершить процесс отключения до того, как его начнет второй аппарат, установленный со стороны питания.

2.7 Расчет аппаратуры и линии внешнего электроснабжения

Для расчета токов короткого замыкания необходимо определить тип трансформатора, установленного на ТП 10/0,4, автоматический выключатель, установленный на секцию шин НН на ТП, автоматический выключатель, установленный на линию, питающую группу домов поселка, где расположен проектируемый жилой дом, а также определить сечение воздушной ЛЭП.

Для расчетов принимаем: количество домов поселка, получающих электроснабжение по воздушной ЛЭП - 5 (рисунок 2), удельная электрическая нагрузка проектируемого дома $P_p = 19,86\text{кВт}$, удельную электрическую нагрузку для остальных домов принимаем $P_p = 11,5\text{кВт}$ [19, стр. 18, табл. 2.2]. Коэффициенты мощности для каждого жилого дома $\cos\varphi = 0,9$ ($\text{tg}\varphi = 0,48$).

Определяем мощность в воздушной ЛЭП:

$$P_{BL} = \Sigma P_p = 19,86 + 4 \cdot 11,5 = 65,86 \text{ кВт} ; \quad (29)$$

$$Q_{BL} = \Sigma P_p \cdot \text{tg} \varphi = 65,86 \cdot 0,48 = 31,61 \text{ квар} ; \quad (30)$$

$$S_{BL} = \sqrt{P_{BL}^2 + Q_{BL}^2} = \sqrt{65,86^2 + 31,61^2} = 73 \text{ кВА} ; \quad (31)$$

Определяем ток в воздушной ЛЭП:

$$I_{BL} = \frac{S_{BL}}{\sqrt{3} \cdot U_{Л}} = \frac{73}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 111 \text{ А} . \quad (32)$$

Так как электроснабжение группы домов посёлка осуществляется по воздушной ЛЭП проводом марки СИП, то на основании расчета с учетом увеличения электрической нагрузки для каждого дома по каталогу [21, www.forca.ru] выбираем линию СИП-4 с четырьмя несущими жилами сечением 50 кв.мм, т.е. СИП-4 4x50, допустимый ток линии $I_{доп.} = 140 \text{ А}$, материал жил провода – алюминий, ток термической стойкости (односекундный) $I_{т.ст.} = 3,2 \text{ кА}$.

Определяем тип трансформатора, установленного на ТП-10/0,4 для электроснабжения данных пяти индивидуальных жилых домов посёлка. Для этого определяем потери мощности в трансформаторе по формулам из В.П. Шеховцова [20, стр. 23]:

$$\Delta P_{mp} = 0,02 \cdot S_{BL} = 0,02 \cdot 73 = 1,46 \text{ кВт} ; \quad (33)$$

$$\Delta Q_{mp} = 0,1 \cdot S_{BL} = 0,1 \cdot 73 = 7,3 \text{ квар} ; \quad (34)$$

$$\Delta S = \sqrt{\Delta P_{mp}^2 + \Delta Q_{mp}^2} = \sqrt{1,46^2 + 7,3^2} = 7,44 \text{ кВА} ; \quad (35)$$

Определяем мощность трансформатора:

$$S = S_{BL} + \Delta S = 73 + 7,44 = 80,44 \text{ кВА} . \quad (36)$$

На основании расчетов с учетом увеличения электрической нагрузки для каждого дома принимаем для данных жилых домов к установке на трансформаторной подстанции ТП-10/0,4 трансформатор ТМ-160/10/0,4 мощностью $S = 160 \text{ кВА}$.

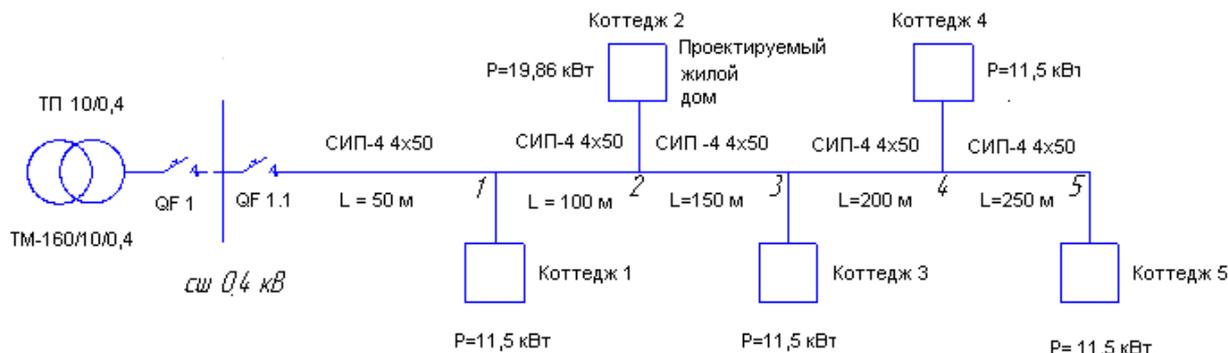


Рисунок 2 - Схема электроснабжения группы домов посёлка

Произведём выбор автоматического выключателя QF1 на секцию шин НН ТП-10/0,4 (рисунок 2)

$$I_{QF1} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{л}} = \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 231,2 \text{ А.} \quad (37)$$

Выбираем по Шеховцову [20, табл. А.6] автоматический выключатель ВА52-35-3, $I_{н.а} = 250 \text{ А}$, $I_{расц.} = 250 \text{ А}$, $K_{у(тр)} = 1,25$, $K_{у(эмп)} = 12$, $I_{откл.} = 30 \text{ кА}$.

Произведём выбор автоматического выключателя QF1.1 на линию, питающую группу домов посёлка (рисунок 2). Как было рассчитано выше, ток в воздушной ЛЭП составляет $I_{вл} = 111 \text{ А}$, с учетом увеличения нагрузки для каждого дома по [20, табл. А.6] выбираем автоматический выключатель ВА52-33-3, $I_{н.а} = 160 \text{ А}$, $I_{расц.} = 125 \text{ А}$, $K_{у(тр)} = 1,25$, $K_{у(эмп)} = 10$, $I_{откл.} = 35 \text{ кА}$.

2.8 Расчёт токов трёхфазного короткого замыкания

Под трёхфазным КЗ подразумевается короткое замыкание между тремя фазами в электрической системе.

Расчет токов трехфазного КЗ заключается в определении:

- начального действующего значения периодической составляющей тока КЗ;
- апериодической составляющей тока КЗ;
- ударного тока КЗ.

Для расчёта токов короткого замыкания составляем расчетную схему (рисунок 3) и определяем точки КЗ: K_1 – секция шин НН ТП, K_2 – щит ЩН на опоре 0,4 кВ, K_3 – щит дома ЩР-Д.

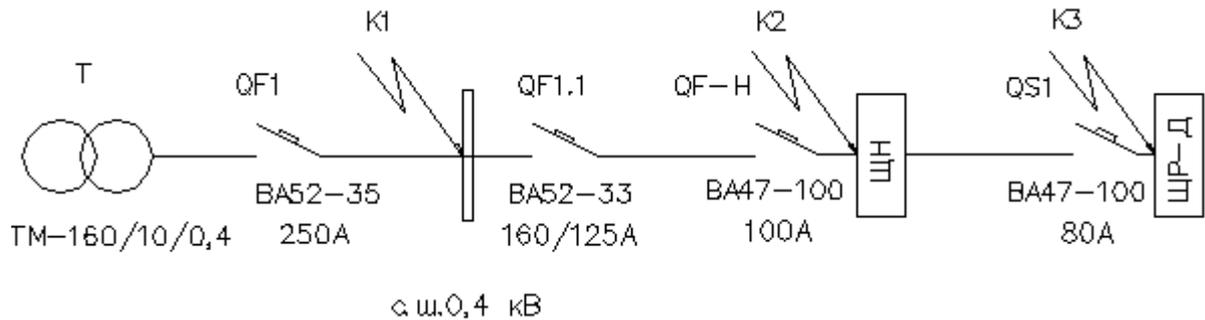


Рисунок 3 - Расчетная схема электроснабжения

На основании расчетной схемы (рисунок 3) составляем эквивалентную схему замещения (рисунок 4)

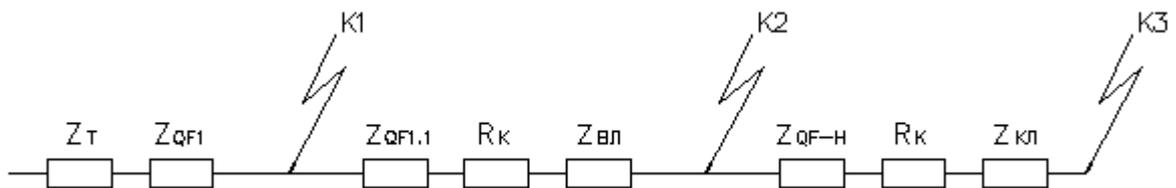


Рисунок 4 - Эквивалентная схема замещения электроснабжения

Определение сопротивлений схемы замещения

Сопротивление трансформатора ТМ-160/10/0,4 [20, табл. 5.1.1]

$$R_T = 16,6 \text{ мОм}; X_T = 41,7 \text{ мОм}; Z_T = 45 \text{ мОм}; Z_T^{(1)} = 486 \text{ мОм};$$

Переходное сопротивление электрических контактов [5, п.2.5]

$$R_K = 0,1 \text{ мОм};$$

Сопротивление автоматических выключателей [19, табл. 2.18]

$$QF1 - 250 \text{ A}; R_{QF1} = 0,99 \text{ мОм}; X_{QF1} = 0,42 \text{ мОм};$$

$$Z_{QF1} = \sqrt{R_{QF1}^2 + X_{QF1}^2} = 1,08 \text{ мОм}; \tag{38}$$

$$QF1.1 - 125 \text{ A}; R_{QF1.1} = 1,72 \text{ мОм}; X_{QF1.1} = 0,97 \text{ мОм};$$

$$Z_{QF1.1} = \sqrt{R_{QF1.1}^2 + X_{QF1.1}^2} = 1,97 \text{ мОм}; \quad (39)$$

$$QFH - 100 \text{ А}; R_{QF-H} = 2,15 \text{ мОм}; X_{QF-H} = 1,2 \text{ мОм};$$

$$Z_{QF-H} = \sqrt{R_{QF-H}^2 + X_{QF-H}^2} = 2,46 \text{ мОм}. \quad (40)$$

- сопротивление ВЛ-0,4 кВ СИП-4 4x50 [19, табл. 2.15], материал жил – алюминий, способ прокладки – открытая, длина $l = 100 \text{ м}$

$$r_0 = 0,67 \text{ мОм/м};$$

$$R_{ВЛ} = r_0 \cdot l = 0,67 \cdot 100 = 67 \text{ мОм}; \quad (41)$$

$$x_0 = 0,25 \text{ мОм/м};$$

$$X_{ВЛ} = x_0 \cdot l = 0,25 \cdot 100 = 25 \text{ мОм}. \quad (42)$$

где r_0 и x_0 - удельные активное и индуктивное сопротивления проводов ВЛ
- Сопротивление КЛ-0,4 кВ ВБШв 4x6 [19, табл. 2.14], материал жил – медь, броня из двух стальных лент, способ прокладки – в земле, длина $l = 10 \text{ м}$

$$r_0 = 3,54 \text{ мОм/м};$$

$$R_{КЛ} = r_0 \cdot l = 3,54 \cdot 10 = 35,4 \text{ мОм}; \quad (43)$$

$$x_0 = 0,1 \text{ мОм/м};$$

$$X_{КЛ} = x_0 \cdot l = 0,1 \cdot 10 = 1 \text{ мОм}. \quad (44)$$

где r_0 и x_0 - удельные активное и индуктивное сопротивления жил КЛ

а) Определение сопротивлений и расчёт токов КЗ в точке K_1

1) Активное сопротивление в точке K_1 :

$$R_{K1} = R_T + R_{QF1} = 16,6 + 0,99 = 17,59 \text{ мОм}; \quad (45)$$

2) Реактивное сопротивление в точке K_1 :

$$X_{K1} = X_T + X_{QF1} = 41,7 + 0,42 = 42,12 \text{ мОм}; \quad (46)$$

3) Полное сопротивление в точке K_1 :

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{17,59^2 + 42,12^2} = 45,65 \text{ мОм};$$

(47)

4) Отношение R_{K1} / X_{K1} :

$$\frac{R_{K1}}{X_{K1}} = \frac{17,59}{45,65} = 0,42 ; \quad (48)$$

5) Для расчёта ударного тока определяем ударный коэффициент [19, стр. 35, рис. 2.1] как функцию:

$$k_{y\partial.} = F\left(\frac{R_{K1}}{X_{K1}}\right) = F(0,42) = 1,25 ; \quad (49)$$

б) Начальное действующее значение периодической составляющей в точке K_1 определяем по формуле [19, стр. 30]:

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{U_K}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 45,65} = 5,06 \text{ кА} ; \quad (50)$$

7) Аперiodическую составляющую тока КЗ в точке K_1 определяем по формуле [19, стр. 34]:

$$I_{a1} = \sqrt{2} \cdot I_{K1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 5,06 = 7,16 \text{ кА} ; \quad (51)$$

8) Ударный ток КЗ в точке K_1 определяем по формуле [19, стр. 34]:

$$i_{y\partial.1} = \sqrt{2} \cdot I_{K1}^{(3)} \cdot k_{y\partial.} = \sqrt{2} \cdot 5,06 \cdot 1,25 = 8,95 \text{ кА} . \quad (52)$$

б) Определение сопротивлений и расчёт токов КЗ в точке K_2

1) Активное сопротивление в точке K_2 :

$$R_{K2} = R_{K1} + R_{QF1.1} + R_K + R_{BL} = 17,59 + 1,72 + 0,1 + 67 = 86,41 \text{ мОм} ; \quad (53)$$

2) Реактивное сопротивление в точке K_2 :

$$X_{K2} = X_{K1} + X_{QF1.1} + X_{BL} = 42,12 + 0,97 + 25 = 68,09 \text{ мОм} ; \quad (54)$$

3) Полное сопротивление в точке K_2 :

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{86,41^2 + 68,09^2} = 110 \text{ мОм} ; \quad (55)$$

4) Отношение X_{K2} / R_{K2} :

$$\frac{X_{K2}}{R_{K2}} = \frac{68,09}{86,41} = 0,8 ; \quad (56)$$

5) Ударный коэффициент:

$$k_{y\partial.} = F\left(\frac{X_{K2}}{R_{K2}}\right) = F(0,8) \approx 1,07 ; \quad (57)$$

6) Начальное значение периодической составляющей в точке K_2 :

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{U_K}{\sqrt{3} \cdot Z_{K2}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 2 \text{ кА}; \quad (58)$$

7) Аперриодическая составляющая тока КЗ в точке K_2 :

$$I_{a2} = \sqrt{2} \cdot I_{K2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 2 = 2,83 \text{ кА}; \quad (59)$$

8) Ударный ток КЗ в точке K_2 :

$$i_{y\delta.2} = \sqrt{2} \cdot I_{K2}^{(3)} \cdot k_{y\delta.} = \sqrt{2} \cdot 2 \cdot 1,07 = 3,03 \text{ кА} . \quad (60)$$

в) Определение сопротивлений и расчёт токов КЗ в точке K_3

1) Активное сопротивление в точке K_3 :

$$R_{K3} = R_{K2} + R_{QF-H} + R_K + R_{KL} = 86,41 + 2,15 + 0,1 + 35,4 = 124,06 \text{ мОм}; \quad (61)$$

2) Реактивное сопротивление в точке K_3 :

$$X_{K3} = X_{K2} + X_{QF-H} + X_{KL} = 68,09 + 1,2 + 1 = 70,29 \text{ мОм}; \quad (62)$$

3) Полное сопротивление в точке K_3 :

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{124,06^2 + 70,29^2} = 142,6 \text{ мОм}; \quad (63)$$

4) Отношение X_{K3} / R_{K3} :

$$\frac{X_{K3}}{R_{K3}} = \frac{70,29}{124,06} = 0,57 ; \quad (64)$$

5) Ударный коэффициент:

$$k_{y\delta.} = F\left(\frac{X_{K3}}{R_{K3}}\right) = F(0,57) \approx 1,0 ; \quad (65)$$

6) Начальное значение периодической составляющей в точке K_3 :

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{U_K}{\sqrt{3} \cdot Z_{K3}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 142,6} = 1,54 \text{ кА}; \quad (66)$$

7) Аперриодическая составляющая тока КЗ в точке K_3 :

$$I_{a2} = \sqrt{2} \cdot I_{K3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,54 = 2,18 \text{ кА}; \quad (67)$$

8) Ударный ток КЗ в точке K_3 :

$$i_{y\delta.2} = \sqrt{2} \cdot I_{K3}^{(3)} \cdot k_{y\delta.} = \sqrt{2} \cdot 1,54 \cdot 1,0 = 2,18 \text{ кА} . \quad (68)$$

2.9 Расчет токов однофазного короткого замыкания

Под однофазным КЗ подразумевается короткое замыкание на землю силовых элементов в трехфазной электрической системе с глухо заземленной нейтралью, при котором с землей соединяется только одна фаза.

Расчет токов однофазных коротких замыканий в сетях до 1 кВ выполняется для обеспечения надежной работы защиты при минимальных значениях тока КЗ в конце защищаемой линии.

Расчетные точки однофазного КЗ совпадают с расчетными точками трехфазного КЗ.

По сравнению с расчетом токов трехфазных КЗ, расчет токов однофазных КЗ является более сложным, т.к. в этом случае помимо учета сопротивления в прямой цепи короткого замыкания (в фазе) необходим учет сопротивления и в цепи зануления (в обратной цепи).

Данные сопротивления учитываются величиной Z_{π} – полным сопротивлением петли «фаза-нуль» до точки КЗ.

Так как расчетные точки однофазного КЗ совпадают с расчетными точками трехфазного КЗ, то расчет производим по схемам, представленным на рисунках 3, 4.

Сопротивления схемы замещения

Сопротивление трансформатора, переходное сопротивление электрических контактов и сопротивление автоматических выключателей определены в п.2.8.

Сопротивление автоматических выключателей с учетом переходных сопротивлений электрических контактов:

$$R_{QF1.1}^1 = R_{QF1.1} + R_K = 1,72 + 0,1 = 1,82 \text{ мОм}; \quad (69)$$

$$Z_{QF1.1} = \sqrt{R_{QF1.1}^1{}^2 + X_{QF1.1}^2} = \sqrt{1,82^2 + 0,97^2} = 2,06 \text{ мОм}; \quad (70)$$

$$R_{QF-H}^1 = R_{QF-H} + R_K = 2,15 + 0,1 = 2,25 \text{ мОм}; \quad (71)$$

$$Z_{QF-H} = \sqrt{R_{QF-H}^1{}^2 + X_{QS-H}^2} = \sqrt{2,25^2 + 1,2^2} = 2,55 \text{ мОм}. \quad (72)$$

Сопrotивление петли «фаза-нуль» ВЛ-0,4 кВ СИП-4 4x50 [19, табл. 2.17]:

$$z_{0нВЛ} = 1,44 \text{ мОм} / \text{м}; \quad (73)$$

$$Z_{нВЛ} = z_{0нВЛ} \cdot l = 1,44 \cdot 100 = 144 \text{ мОм}. \quad (74)$$

Сопrotивление петли «фаза-нуль» КЛ-0,4 кВ ВБШв 4x6 [19, табл. 2.17]:

$$z_{0нКЛ} = 6,12 \text{ мОм} / \text{м}; \quad (75)$$

$$Z_{нКЛ} = z_{0нКЛ} \cdot l = 6,12 \cdot 10 = 61,2 \text{ мОм}. \quad (76)$$

а) Определение сопротивлений и расчёт токов КЗ в точке К₁

1) Сопrotивление петли «фаза-нуль» в точке К₁:

$$Z_{П1} = Z_T + Z_{QF1} = 45 + 1,08 = 46,08 \text{ мОм}; \quad (77)$$

2) Ток однофазного КЗ в точке К₁ определяем по формуле [20, стр. 58]:

$$I_{К1}^{(1)} = \frac{U_K}{Z_{П1} + \frac{Z_T^{(1)}}{3}} = \frac{0,23 \cdot 10^3}{46,08 + \frac{486}{3}} = 1,11 \text{ кА}. \quad (78)$$

б) Определение сопротивлений и расчёт токов КЗ в точке К₂

1) Сопrotивление петли «фаза-нуль» в точке К₂:

$$Z_{П2} = Z_{П1} + Z_{QF1.1} + Z_{нВЛ} = 46,08 + 2,06 + 144 = 192,14 \text{ мОм}; \quad (79)$$

2) Ток однофазного КЗ в точке К₂:

$$I_{К2}^{(1)} = \frac{U_K}{Z_{П2} + \frac{Z_T^{(1)}}{3}} = \frac{0,22 \cdot 10^3}{192,14 + \frac{486}{3}} = 0,62 \text{ кА}. \quad (80)$$

в) Определение сопротивлений и расчёт токов КЗ в точке К₃

1) Сопrotивление петли «фаза-нуль» в точке К₃:

$$Z_{П3} = Z_{П2} + Z_{QF-H} + Z_{нКЛ} = 192,14 + 2,55 + 61,2 = 255,89 \text{ мОм}; \quad (81)$$

2) Ток однофазного КЗ в точке К₃

$$I_{К3}^{(1)} = \frac{U_K}{Z_{П3} + \frac{Z_T^{(1)}}{3}} = \frac{0,22 \cdot 10^3}{255,89 + \frac{486}{3}} = 0,53 \text{ кА}. \quad (82)$$

2.10 Проверка правильности выбора защитной аппаратуры

Сведём рассчитанные токи короткого замыкания в таблицу 7 и проверим правильность выбора автоматических выключателей.

Таблица 7 – Сводная ведомость токов КЗ

Точка КЗ	R_K , мОм	X_K , мОм	Z_K , мОм	$k_{уд.}$	$I_K^{(3)}$, кА	$i_{уд.}$, кА	$Z_{П.}$, мОм	$I_K^{(1)}$, кА
К1	17,59	42,12	45,65	1,25	5,06	8,95	46,08	1,11
К2	86,41	68,09	110	1,07	2	3,03	192,14	0,62
К3	124,06	70,29	142,6	1,0	1,54	2,18	255,89	0,53

Правильность выбора автоматических выключателей выполняем по условиям:

$$I_{откл.авт.} \geq I_K^{(3)}; \quad (83)$$

$$I_{откл.авт.} \geq i_{уд.}; \quad (84)$$

$$I_K^{(1)} \geq 3 \cdot I_{ном.расц.авт.} \cdot \quad (85)$$

а) Автоматический выключатель QF1 ВА52-35-3:

$$I_{откл.(QF1)} = 30кА > I_{K1}^{(3)} = 5,06кА; \quad (86)$$

$$I_{откл.(QF1)} = 30кА > i_{уд.1} = 8,95кА; \quad (87)$$

$$I_{K1}^{(1)} = 1,11кА = 1110А > 3 \cdot I_{ном.расц.} = 3 \cdot 250 = 750А. \quad (88)$$

Автоматический выключатель выбран верно.

б) Автоматический выключатель QF1.1 ВА52-33-3:

$$I_{откл.(QF1.1)} = 35кА > I_{K2}^{(3)} = 2кА; \quad (89)$$

$$I_{откл.(QF1.1)} = 35кА > i_{уд.2} = 3,03кА; \quad (90)$$

$$I_{K2}^{(1)} = 0,62кА = 620А > 3 \cdot I_{ном.расц.} = 3 \cdot 125 = 375А. \quad (91)$$

Автоматический выключатель выбран верно.

в) Автоматический выключатель QF-H ВА47-100 С100:

Данный автоматический выключатель предназначен для защиты жилого дома от сверхтоков (токов КЗ), вследствие чего правильность его выбора определяется по условиям:

$$I_K^{(3)} > I_{расц.}; i_{уд.} > I_{расц.}; I_K^{(1)} \geq 3 \cdot I_{ном.}; \quad (92)$$

Для данного автоматического выключателя диапазон срабатывания мгновенного расцепителя составляет $(5-10) \cdot I_{ном.}$, т.е. 500-1000А. Для расчетов принимаем максимальное значение в 1000А, т.е. $I_{расц.} = 1000A = 1кА$

$$I_{K3}^{(3)} = 1,54кА > I_{расц.} = 1кА; \quad (93)$$

$$i_{уд.3} = 2,18кА > I_{расц.} = 1кА; \quad (94)$$

$$I_{K3}^{(1)} = 0,53кА = 530A > 3 \cdot I_{ном.} = 3 \cdot 100 = 300A. \quad (95)$$

Автоматический выключатель выбран верно.

2.11 Выбор счетчика электрической энергии

Основным элементом, обеспечивающим учет электроэнергии, является счетчик электрической энергии.

Счетчик электрической энергии - интегрирующий по времени прибор, измеряющий активную и (или) реактивную энергию.

Все счетчики характеризуются классом точности, который представляется как число, равное пределу допускаемой погрешности, выраженной в процентах, для всех значений диапазона измерений тока - от минимального до максимального значения, коэффициентом мощности, равном единице, при нормальных условиях, установленных стандартами или техническими условиями на счетчик. На щитке счетчика обозначается цифрой в круге.

Согласно ПУЭ [14, п.1.5.15], для учета электроэнергии квартир и коттеджей следует устанавливать счетчики классом точности не ниже 2,0.

Для измерений электроэнергии переменного тока применяются индукционные (механические) и электронные (цифровые) счетчики.

Индукционный (механический) счетчик - принцип его работы основан на воздействии магнитного поля неподвижных катушек, по обмоткам которых протекает ток, на подвижный элемент - диск.

Такие счетчики отличаются низкой стоимостью, а также высоким качеством и надёжностью. Недостатками таких счетчиков являются:

- плохая (очень низкая) защита от воровства электроэнергии;
- относительно низкий класс точности (высокая погрешность);
- низкая функциональность (опциональность).

Электронный (цифровой) счетчик - современное средство учёта электроэнергии. Несмотря на высокую стоимость (по сравнению с механическими счётчиками), такие счётчики обладают хорошими техническими параметрами и приличными сервисными функциями.

Характерными признаками данных счетчиков являются:

- высокий класс точности;
- долговечность, отсутствие подвижных деталей;
- возможность реализации многотарифной системы учета;
- возможность создания автоматизированной системы учёта потребляемой энергии;
- наличие внутренней памяти для хранения информации по потребленной электроэнергии.

На основании всего изложенного для учета электроэнергии проектируемого жилого загородного дома по каталогу [1, www.energomer.ru] принимаем к установке трехфазный электронный счетчик прямого включения ЭНЕРГОМЕРА СЕ301-R33. Данный счётчик устанавливается в щиток на DIN-рейку, осуществляет измерение и учет активной электрической энергии в трехфазных четырёхпроводных сетях переменного тока, класс точности - 1,0.

3. ВЫБОР АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Выбор котла - это тема, которая актуальна или с большой вероятностью станет актуальной для многих из нас. Обеспечение дома или квартиры теплом - это одна из первоочередных задач, которая решается еще до вселения людей в помещение.

И как раз котел - это современное функциональное оборудование, предназначенное для отопления зданий. Существуют котлы и для обеспечения в квартире или доме горячего водоснабжения.

Основные ситуации, когда возникает необходимость покупки котла:

- обеспечение отопления в коттеджах, на дачах, в загородных домах, в которых отсутствует система центрального отопления;
- эксплуатация в домах и квартирах, где есть центральное отопление, однако оно по тем или иным причинам не устраивает владельцев помещения;
- использование в тех случаях, когда людям важно контролировать температуру в квартире или доме и мощность отопления.

Если одна из перечисленных выше ситуаций Вам близка, Вам будет полезно и интересно прочитать рекомендации относительно выбора этого оборудования. Эффективность работы автономной системы отопления в первую очередь будет зависеть от мощности выбранного котла. Недостаточная мощность не позволит достичь комфортной температуры в холодное время года, избыточная - приведет к неэкономному расходу топлива.

Критерии выбора котла

Прежде всего, стоит сказать, что применительно к котлам некорректно говорить «плохой» или «хороший». Существуют котлы, которые по своим

характеристикам подходят в каждой конкретной ситуации и те, которые были выбраны неправильно.

Выбирая котел, необходимо обращать внимание на несколько важных моментов. А именно: вид топлива, на котором они работают; материал, из которого созданы; мощность. На каждой из этих характеристик остановимся подробнее.

Сегодня в зависимости от вида топлива, на котором работает котел, представлено оборудование 5 основных видов:

- газовые котлы;
- электрические котлы;
- дизельные котлы;
- твердотопливные котлы;
- комбинированные котлы.

Газовые котлы сегодня являются наиболее предпочтительными, потому что в нашей стране практически повсеместно проведена газификация. Причем этот вид топлива является более дешевым по сравнению, например, с электроэнергией. Кроме того, преимуществом газовых котлов является бесшумность их работы.

Электрические котлы - это, пожалуй, самый дорогой вариант обогрева помещения. Что связано, в первую очередь, с высокой стоимостью «топлива», на котором они работают. Кроме того, когда мы говорим об электрических котлах, то здесь особенно важно качество материала, из которого они создаются. Так как от этого критерия зависит безопасность эксплуатации оборудования. Применяются электрические котлы преимущественно для обогрева элитных коттеджей.

Дизельные котлы сегодня используются в основном в тех случаях, когда по тем или иным причинам невозможно применение газовых котлов. Объясняется это более высокой стоимостью их эксплуатации, а также некоторым недостаткам в ходе использования, по сравнению с газовыми

котлами. Однако стоит отметить тот факт, что дизельные котлы отличаются высоким качеством работы и эффективны как отопительное оборудование.

Среди недостатков стоит назвать: повышенное сажеобразование, более жесткие требования с точки зрения экологии использования, дорогое обслуживание.

Твердотопливные - это, пожалуй, самый простой и недорогой вид котлов и подойдет тем, кто имеет опыт «общения» с русской печью или готов к «романтике» в плане постоянной закладки дров или угля, чистки котла, легкого запаха дыма в помещении.

Однако этот вид котлов станет решением, например, в тех случаях, когда необходимо обеспечить отопление на даче, куда Вы приезжаете изредка и не готовы тратить деньги на покупку дорогостоящего оборудования и доставку топлива.

Комбинированные котлы могут работать на разном виде топлива, поэтому считаются универсальными.

После того, как определен вид котла в зависимости от топлива, на котором он работает, можно переходить к определению мощности оборудования.

Рекомендуемая мощность котла зависит от:

- площади помещения;
- архитектурных особенностей помещения;
- географического положения объекта, который Вы собираетесь отапливать (логично, что для отопления дома, расположенного в Сибири потребуется больше мощности, чем для обогрева коттеджа в Сочи);
- теплопотерь здания.

Традиционно для производства котлов используется чугун и сталь.

Существует распространенное мнение о том, что котлы с чугунным теплообменником лучше, потому что теплообменник долговечнее. Да, чугун хороший материал и возможно теплообменник проживет 20 или 30 лет, но к этому времени сам котел настолько морально устареет, что его все равно Вам

захочется поменять через 10-15 лет. Поэтому преимущество напольных котлов с чугунными теплообменниками перед настенными со стальными меркнет в эпоху развивающегося технического прогресса.

3.1 Выбор оборудования

3.1.1 Газовый котел

Исходя из площади отапливаемых помещений $S = 123,47\text{м}^2$, принимаем к установке по каталогу [11, www.heating-systems.ru] настенный газовый котел BAXI ECO Four 1.14F (рисунок 5). Данный газовый котёл является одноконтурным, т.е. предназначен только для отопления помещений жилого дома.



Рисунок 5 - Газовый котел BAXI ECO Four 1.14F

Технические характеристики газового котла BAXI ECO Four 1.14F представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Технические характеристики котла BAXI ECO Four 1.14F

Наименование параметра	Котёл BAXI ECO Four 1.14F
1	2
Номинальное напряжение, В	220
Потребляемая электрическая мощность, кВт	0,12
Тепловая мощность, кВт	14
Отапливаемая площадь, м ²	140
Вид топлива	Природный газ

Окончание таблицы 8

КПД, %	92,5
Габаритные размеры, мм	
Ширина	400
Глубина	299
Высота	730
Масса, кг	29

3.1.2 Электрический котел

Отапливаемая площадь: $S = 123,47\text{м}^2$. Исходя из отапливаемой площади помещений, в качестве резервного источника теплоснабжения принимаем к установке по каталогу [10, www.pечи96.ru] электрический котел ЭЛВИН ЭВП-9 ЭУ тепловой мощностью 9 кВт (рисунок 6).



Рисунок 6 - Электрический котел ЭЛВИН ЭВП-9 ЭУ

Данный электрический котел оснащен электронным управлением и предназначен для водяного отопления помещений частных домов. Особенностью данного электрического котла является то, что он может использоваться как автономно, так и совместно с газовыми и другими видами котлов.

Технические характеристики котла представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Технические характеристики электродкотла ЭЛВИН ЭВП-9 ЭУ

Наименование параметра	Котёл ЭЛВИН ЭВП-9 ЭУ
Номинальное напряжение, В	380
Номинальная частота, Гц	50
Номинальная потребляемая мощность, кВт	9
Тепловая мощность, кВт	9
Рекомендуемая площадь отапливаемых помещений, м ²	90
Максимальная площадь отапливаемых помещений, м ²	180
Регулировка температуры воды, °С	Автоматическая 1 ⁰ - 89 ⁰ С
Теплоноситель	Вода водопроводная ГОСТ 2874
Габаритные размеры, мм	
Ширина	290
Глубина	140
Высота	670
Масса, кг, не более	13
Срок службы, лет	7

4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

В выпускной квалификационной работе необходимо сравнить затраты при установке и эксплуатации газового и электрического котлов теплоснабжения жилого загородного дома.

В выпускной квалификационной работе в ходе расчетов были выбраны к установке два источника теплоснабжения – газовый котел ВAХI ЕСO Four 1.14F настенного исполнения, являющийся основным источником теплоснабжения, и электрический котел ЭЛВИН ЭВП-9 ЭУ, являющийся резервным источником теплоснабжения.

4.1 Составление сметы капитальных вложений

Определяем капитальные вложения на установку газового котла ВAХI ЕСO Four 1.14F и сводим их в таблицу 10 (все данные приведены в ценах 2016 года).

Таблица 10 – Смета капитальных вложений на установку газового котла

Наименование	Количество	Стоимость, руб.	Сумма, руб.
Котел газовый ВAХI ЕСO Four 1.14F	1	44329	44329
Установка настенного газового котла (сборка, подключение к системе отопления, обвязка запорной арматурой с фильтром грубой очистки)	1	12800	12800
Монтаж дымоотводящей трубы	1	900	900
ИТОГО			58029

Капитальные вложения на установку электрического котла ЭЛВИН ЭВП-9 ЭУ сводим в таблицу 11 (все данные приведены в ценах 2016 года).

Накладные расходы составляют 65% от капиталовложений, откуда формула для вычисления накладных расходов:

$$P_H = 0,65 \cdot \Delta K ; \quad (96)$$

где ΔK – сумма капиталовложений, руб.

Таблица 11 – Смета капитальных вложений на установку электродкотла

Наименование	Количество	Стоимость, руб.	Сумма, руб.
Котел электрический ЭЛВИН ЭВП-9 ЭУ	1	7940	7940
Установка электрического котла (сборка, подключение к системе отопления, обвязка запорной арматурой с фильтром грубой очистки, без подвода электропитания)	1	11500	11500
ИТОГО			19440

Определяем накладные расходы:

- для газового котла

$$P_{НГ} = 0,65 \cdot \Delta K_{Г} = 0,65 \cdot 58029 = 37718,85 \text{ руб.}; \quad (97)$$

- для электрического котла

$$P_{НЭ} = 0,65 \cdot \Delta K_{Э} = 0,65 \cdot 19440 = 12636 \text{ руб.} . \quad (98)$$

Плановые накопления составляют 40% от суммы капиталовложений и накладных расходов, откуда формула для их вычисления:

$$H_{П} = 0,4 \cdot (\Delta K + P_{Н}); \quad (99)$$

Определяем плановые накопления:

- для газового котла

$$H_{ПГ} = 0,4 \cdot (\Delta K_{Г} + P_{НГ}) = 0,4 \cdot (58029 + 37718,85) = 38299,14 \text{ руб.}; \quad (100)$$

- для электрического котла

$$H_{ПЭ} = 0,4 \cdot (\Delta K_{Э} + P_{НЭ}) = 0,4 \cdot (19440 + 12636) = 12830,4 \text{ руб.} . \quad (101)$$

Общие капиталовложения, руб., определяются как сумма капиталовложений на оборудование, накладных расходов и плановых накоплений.

Определим общие капиталовложения для газового и электрического котлов:

- для газового котла

$$K_{Г} = \Delta K_{Г} + P_{НГ} + H_{ПГ} = 58029 + 37718,85 + 38299,14 = 134046,99 \text{ руб.}; \quad (102)$$

- для электрического котла

$$K_{Э} = \Delta K_{Э} + P_{НЭ} + H_{ПЭ} = 19440 + 12636 + 12830,4 = 44906,4 \text{ руб.} . \quad (103)$$

4.2 Техничко-экономическое сравнение установки и обслуживания котлов

Выбор лучшего варианта произведем по минимуму приведенных затрат по формуле:

$$Z_{\Pi} = E_n \cdot \Delta K + I_{\text{э}}; \quad (104)$$

где Z_{Π} - минимум приведенных затрат, руб.;

E_n - нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений, $E_n = 0,12$ (1/год);

ΔK – капитальные вложения (сметная стоимость), руб.;

$I_{\text{э}}$ - ежегодные эксплуатационные расходы, руб.

Ежегодные эксплуатационные расходы определяются:

$$I_{\text{э}} = A + Z_{\text{ТР}} + Z_{\text{проч.}}; \quad (105)$$

где A – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

$Z_{\text{ТР}}$ – затраты на текущий ремонт, руб.;

$Z_{\text{проч.}}$ – прочие затраты, руб.

Затраты на амортизацию оборудования составляют $A = 16,3\%$ от капитальных вложений ΔK , затраты на текущий ремонт составляют $Z_{\text{ТР}} = 80\%$ от затрат на амортизацию, прочие затраты составляют $Z_{\text{проч.}} = 10\%$ от суммы затрат на амортизацию и текущий ремонт, откуда определяем ежегодные эксплуатационные расходы при установке и обслуживании:

- газового котла

$$A_{\text{Г}} = 0,163 \cdot \Delta K_{\text{Г}} = 0,163 \cdot 58029 = 9458,73 \text{ руб.}; \quad (106)$$

$$Z_{\text{ТР.Г}} = 0,8 \cdot A_{\text{Г}} = 0,8 \cdot 9458,73 = 7566,98 \text{ руб.}; \quad (107)$$

$$Z_{\text{проч.Г}} = 0,1 \cdot (A_{\text{Г}} + Z_{\text{ТР.Г}}) = 0,1 \cdot (9458,73 + 7566,98) = 1702,57 \text{ руб.}; \quad (108)$$

$$I_{\text{э.Г}} = A_{\text{Г}} + Z_{\text{ТР.Г}} + Z_{\text{проч.Г}} = 9458,73 + 7566,98 + 1702,57 = 18728,28 \text{ руб.}; \quad (109)$$

- электрического котла

$$A_{\text{э}} = 0,163 \cdot \Delta K_{\text{э}} = 0,163 \cdot 19440 = 3168,72 \text{ руб.}; \quad (110)$$

$$Z_{\text{ТР.э}} = 0,8 \cdot A_{\text{э}} = 0,8 \cdot 3168,72 = 2534,98 \text{ руб.}; \quad (111)$$

$$Z_{\text{проч.э}} = 0,1 \cdot (A_{\text{э}} + Z_{\text{тр.э}}) = 0,1 \cdot (3168,72 + 2534,98) = 570,37 \text{ руб.}; \quad (112)$$

$$I_{\text{э.э}} = A_{\text{э}} + Z_{\text{тр.э}} + Z_{\text{проч.э}} = 3168,72 + 2534,98 + 570,37 = 6274,07 \text{ руб.}. \quad (113)$$

Сведем полученные расчетные данные в таблицу 12 и определим минимум приведенных затрат.

Таблица 12 – Расчет приведенных затрат на установку и обслуживание котлов

Наименование оборудования	Затраты на амортизацию, А, руб.	Затраты на текущий ремонт, Z _{тр} , руб.	Прочие затраты, Z _{проч} , руб.	Ежегодные эксплуатационные расходы, I _э , руб.	Капитальные вложения, ΔК, руб.	Приведенные затраты, Z _п , руб.
Газовый котел	9458,73	7566,98	1702,57	18728,28	58029	25691,76
Электродкотел	3168,72	2534,98	570,37	6274,07	19440	8606,87

На основании расчетов определяем, что при установке и обслуживании электрического котла затраты будут меньше, чем при установке и обслуживании газового котла. Однако, в данном случае, необходимо сравнить затраты при эксплуатации котлов.

4.3 Технико-экономическое сравнение эксплуатации котлов

Выбор лучшего варианта произведем по минимуму затрат на энергию.

а) Годовые затраты на газоснабжение составляют:

$$Z_{\text{г}} = Q_{\text{г}} \cdot 24 \cdot 218 \cdot I_{\text{г}}; \quad (114)$$

где $Q_{\text{г}}$ – номинальный расход газа, м³/час;

24 – количество часов в сутках, час;

218 – число дней отопительного периода, дн.;

$I_{\text{г}}$ – стоимость 1 м³ газа, руб.

Согласно каталожным данным [11], номинальный расход газа газового котла ВAХI ЕСO Four 1.14F составляет $Q_{\text{г}} = 1,16 \text{ м}^3/\text{час}$.

Стоимость 1 м³ газа на 2016 год составляет $I_{\Gamma} = 4,55$ руб., откуда затраты на газоснабжение:

$$Z_{\Gamma} = Q_{\Gamma} \cdot 24 \cdot 218 \cdot I_{\Gamma} = 1,16 \cdot 24 \cdot 218 \cdot 4,55 = 27614,5 \text{ руб.} \quad (115)$$

б) Годовые затраты на электроэнергию составляют:

$$Z_{\text{э}} = P \cdot 24 \cdot 218 \cdot I_{\text{э}}; \quad (116)$$

где P – мощность электродвигателя, кВт;

$I_{\text{э}}$ – тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч.

Тариф на электроэнергию в 2016 году составляет $I_{\text{э}}=3,30$ руб. за кВт·ч, откуда затраты на электроэнергию:

$$Z_{\text{э}} = P \cdot 24 \cdot 218 \cdot I_{\text{э}} = 9 \cdot 24 \cdot 218 \cdot 3,3 = 155390,4 \text{ руб.} \quad (117)$$

Сведем полученные расчетные данные в таблицу 13.

Таблица 13 – Затраты на потребляемую энергию

Потребитель энергии	Годовые затраты на потребляемую энергию, З, руб.
Газовый котел	27614,5
Электрический котел	155390,4

На основании проведенных расчетов определяем, что при эксплуатации более выгоден газовый котел.

4.4 Технико-экономическое сравнение вариантов

Определим общие затраты на установку, обслуживание и эксплуатацию котлов. Данные сводим в таблицу 14.

Таблица 14 – Общие затраты

Параметр	Газовый котел	Электрический котел
Капитальные вложения, ΔК, руб.	58029	19440
Ежегодные эксплуатационные расходы, $I_{\text{э}}$, руб.	18728,28	6274,07
Годовые затраты на потребляемую энергию, З, руб.	27614,5	155390,4
ИТОГО, руб.	104371,78	181104,47

Как видно из таблицы 14, общие затраты на установку, обслуживание и эксплуатацию у газового котла меньше, чем те же затраты у электрического котла. Кроме того, за счет разницы затрат на электроэнергию и на газ при установке газового котла появляется дополнительный доход.

Дополнительный доход получается за счет разницы годовых затрат на потребляемую энергию:

$$D_{\text{доп}} = Z_{\text{э}} - Z_{\text{г}} = 155390,4 - 27614,5 = 127775,9 \text{ руб./год} ; \quad (118)$$

Годовая экономия при установке газового котла составляет:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (I_{\text{э.г}} - I_{\text{э.э}}) + D_{\text{доп}} ; \quad (119)$$

где $I_{\text{э}}$ - ежегодные эксплуатационные расходы, руб;

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (I_{\text{э.г}} - I_{\text{э.э}}) + D_{\text{доп}} = (18728,28 - 6274,07) + 127775,9 = 140230,11 \text{ руб./год} \quad (120)$$

Срок окупаемости капитальных вложений газового котла за счет годовой экономии:

$$T = \frac{\Delta K_{\text{г}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}} = \frac{58029}{140230,11} = 0,41 \text{ года} ; \quad (121)$$

то есть газовый котел окупится уже через 0,41 года (4,92 месяца).

Коэффициент экономической эффективности капитальных вложений показывает, какова доходность с каждого вложенного рубля:

$$E_{\text{пр}} = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,41} = 2,44 > E_{\text{н}} = 0,12 . \quad (122)$$

На основании произведенных расчетов окончательно определяем, что к установке в индивидуальном жилом доме в качестве основного источника теплоснабжения должен быть выбран газовый котел BAXI ECO Four 1.14F.

5. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

5.1 Расчет заземляющего устройства жилого дома

Произведем расчёт заземляющего устройства (ЗУ) жилого дома (приложение Г). Для расчета используем методику, представленную В. П. Шеховцовым [20].

Для расчета ЗУ жилого дома используем следующие данные:

- используем только искусственные заземлители;
- тип ЗУ – контурное, у стены дома на расстоянии 1м от стены дома;
- климатическая зона – III (исходные данные);
- грунт – глина, земля садовая (исходные данные), $\rho = 40 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;
- вертикальный заземлитель – стальной уголок 50x50x5мм, $L=2\text{м}$;
- количество вертикальных заземлителей $N_v = 4$;
- горизонтальный заземлитель – стальная полоса 40x5мм,
- глубина заложения ЗУ в грунт $t = 0,5\text{м}$.

Устанавливаем необходимое по ПУЭ допустимое сопротивление заземляющего устройства. Контур заземления жилого дома является контуром повторного заземления PEN-проводника питающей линии, и поэтому, согласно ПУЭ [14, п.1.7.61] его величина не нормируется. Однако, согласно тем же правилам ПУЭ [14, п.1.7.103], общее сопротивление растеканию заземлителей всех повторных заземлений PEN-проводника в любое время года должно быть не более 10 Ом при линейном напряжении 380В источника трехфазного тока. Окончательно принимаем:

$$R_{\text{и}} = 10 \text{ Ом};$$

Определяем расчётное удельное сопротивление грунта с учётом коэффициента сезонности $K_{\text{сез}} = 1,5$ [20, табл. 1.13.2]

$$\rho_p = K_{\text{сез}} \cdot \rho = 1,5 \cdot 40 = 60 \text{ Ом} \cdot \text{м}; \quad (123)$$

Определяем расчетное сопротивление одного вертикального электрода

$$r_g = 0,3 \cdot \rho_p = 0,3 \cdot 60 = 18 \text{ Ом} ; \quad (124)$$

Выбираем отношение, $a/L = 1$, откуда для и контурного ЗУ определяем $\eta_g = 0,69$ [20, табл. 1.13.5]

Определяем длину горизонтального заземлителя (полосы)

Так как отношение, $a/L = 1$, то расстояние между вертикальными электродами, $a = 1 \times L = 1 \times 2 = 2 \text{ м}$, откуда длина полосы для контурного ЗУ

$$L_{II} = 4 \cdot a = 4 \cdot 2 = 8 \text{ м} ; \quad (125)$$

Определяем коэффициент использования горизонтального заземлителя

Для контурного ЗУ при $a/L = 1$ $\eta_r = 0,45$ [20, табл. 1.13.5]

Определяем коэффициент сезонности для горизонтального заземлителя

Для климатической зоны ШК_{сез.г.} = 2,3 [20, табл. 1.13.2]

Определяем сопротивления электродов

Сопротивление вертикальных электродов

$$R_B = \frac{r_g}{N_g \cdot \eta_g} = \frac{18}{4 \cdot 0,69} = 6,52 \text{ Ом} ; \quad (126)$$

Сопротивление горизонтального заземлителя (полосы)

$$R_r = \frac{0,4}{L_{II} \eta_r} \cdot \rho \cdot K_{сез.г.} \cdot \lg \frac{2 \cdot L_{II}^2}{bt} = \frac{0,4}{8 \cdot 0,45} \cdot 40 \cdot 2,3 \cdot \lg \frac{2 \cdot 8^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5} = 38,9 \text{ Ом} ; \quad (127)$$

где b – ширина горизонтального заземлителя (полосы), м

Определяем фактическое значение контура заземления

$$R_{3V} = \frac{R_B R_r}{R_B + R_r} = \frac{6,52 \cdot 38,9}{6,52 + 38,9} = 5,58 \text{ Ом} ; \quad (128)$$

$$R_{3V} = 5,58 \text{ Ом} < R_{II} = 10 \text{ Ом} . \quad (129)$$

5.2 Расчет заземляющего устройства котельной

Выполним расчет заземляющего устройства (контура заземления) котельной. Методика расчета та же, что и в п. 5.1

Для расчета ЗУ котельной используем следующие данные:

- используем только искусственные заземлители;

- тип ЗУ – рядное;
- количество вертикальных заземлителей $N_B = 4$.

Остальные данные для расчёта те же, что и в п. 5.1

Устанавливаем необходимое по ПУЭ допустимое сопротивление заземляющего устройства:

$$R_{II} = 10 \text{ Ом};$$

Определяем расчётное удельное сопротивление грунта с учётом коэффициента сезонности $K_{сез} = 1,5$

$$\rho_p = K_{сез} \cdot \rho = 60 \text{ Ом} \cdot \text{м}; \quad (130)$$

Выбираем отношение $a/L = 1$, откуда по [20, табл. 1.13.5] для $N_B = 4$ и рядного ЗУ определяем $\eta_B = 0,74$.

Определяем длину горизонтального заземлителя (полосы).

Так как отношение, $a/L = 1$, то расстояние между вертикальными электродами, $a = 1 \times L = 1 \times 2 = 2 \text{ м}$, откуда длина полосы для рядного ЗУ

$$L_{II} = a \cdot (N_B - 1) = 2 \cdot (4 - 1) = 6 \text{ м}; \quad (131)$$

Определяем коэффициент использования горизонтального заземлителя

Для рядного ЗУ при $N_B = 4$ и $a/L = 1$ $\eta_{II} = 0,77$

Определяем коэффициент сезонности для горизонтального заземлителя

Для климатической зоны ШК $K_{сез.г.} = 2,3$

Определяем сопротивления электродов

Сопротивление вертикальных электродов

$$R_B = \frac{r_B}{N_B \cdot \eta_B} = \frac{18}{4 \cdot 0,74} = 6,08 \text{ Ом}; \quad (132)$$

Сопротивление горизонтального заземлителя (полосы)

$$R_{II} = \frac{0,4}{L_{II} \eta_{II}} \cdot \rho \cdot K_{сез.г.} \cdot \lg \frac{2 \cdot L_{II}^2}{bt} = \frac{0,4}{6 \cdot 0,77} \cdot 40 \cdot 2,3 \cdot \lg \frac{2 \cdot 6^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5} = 28,32 \text{ Ом}; \quad (133)$$

Определяем фактическое значение контура заземления

$$R_{3V} = \frac{R_B R_{II}}{R_B + R_{II}} = \frac{6,08 \cdot 28,32}{6,08 + 28,32} = 5,01 \text{ Ом}; \quad (134)$$

$$R_{3V} = 5,01 \text{ Ом} < R_{II} = 10 \text{ Ом}. \quad (135)$$

5.3 Молниезащита

Молниезащита зданий и сооружений - это система, состоящая из комплекса устройств и сооружений, предназначенных для защиты объектов от грозового электричества, позволяющая снизить последствия попадания молнии в защищаемый объект или вторичных ее проявлений.

Под понятием *прямой удар молнии*, или поражение молнией, подразумевается непосредственный контакт канала молнии со зданием или сооружением, сопровождающийся протеканием через него тока молнии. При прямом ударе проявляются тепловое, динамическое и электрическое действие тока молнии.

Вторичное проявление молнии - это наведение потенциалов на металлических элементах конструкций, оборудования, в незамкнутых металлических контурах, вызванное близкими разрядами молнии и создающее опасность искрения внутри объекта.

Внесение высокого потенциала - это перенесение в здание или сооружение по протяженным металлическим коммуникациям (подземным и наземным трубопроводам, кабелям и т.п.) электрических потенциалов, возникающих при прямых и близких ударах молнии и создающих опасность искрения внутри объекта.

Основным нормативным документом, регламентирующим устройство молниезащиты, является «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» [16]. «Инструкцией...» предусматривается применение внешней и внутренней молниезащиты.

Внешняя молниезащита является классической, она представляет собой молниеотвод, состоящий из токоприемника, спуска и системы заземления.

Под *внутренней молниезащитой* понимают ряд мероприятий, которые способствуют защите от перенапряжений в силовой сети. К ним относятся

выравнивание потенциалов всех проводящих частей с потенциалом молниеотвода и применение ограничителей импульсов перенапряжения.

В данной работе принята к установке только система внешней молниезащиты, поэтому в дальнейшем рассматриваем только этот вид молниезащиты.

По [16] определяем, что проектируемый жилой дом по классификации зданий и сооружений по устройству молниезащиты относится к обычным объектам.

По [16, табл. 2.2] определяем уровень защиты проектируемого дома от прямых ударов молнии – III, при этом надёжность защиты от прямых ударов молнии - 0,90.

В качестве внешней молниезащиты для проектируемого жилого дома принимаем к установке одиночный стержневой молниеотвод, заземлителем которого является контур заземления котельной.

Произведем расчет зоны защиты принятого к установке одиночного стержневого молниеотвода, представленного на рисунке 7. Для расчета воспользуемся формулами для объекта при высоте молниеотвода до 100м .

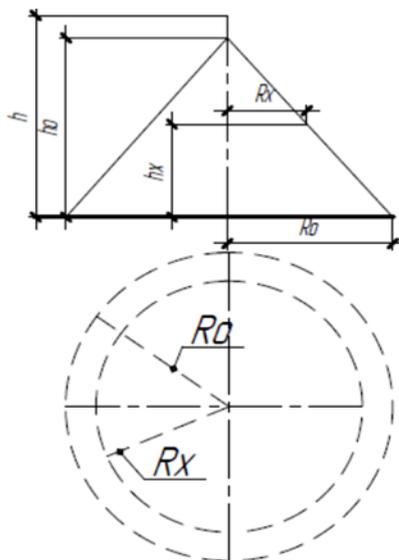


Рисунок 7 - Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

Для расчета определяем следующие данные:

- высота проектируемого жилого дома $h_x = 7,5\text{м}$;

- высота молниеприёмника $h = 19\text{м}$;
- размеры защищаемого объекта (жилого дома) $A \times B = 12,1 \times 11,1\text{м}$.

а) Определяем высоту вершины конуса молниеотвода h_0

$$h_0 = 0,85 \cdot h = 0,85 \cdot 19 = 16,15\text{ м} ; \quad (136)$$

б) Определяем радиус защиты на уровне земли R_0

$$R_0 = 1,2 \cdot h = 1,2 \cdot 19 = 22,8\text{ м} ; \quad (137)$$

в) Определяем радиус защиты на высоте жилого дома R_x

$$R_x = \frac{R_0 \cdot (h_0 - h_x)}{h_0} = \frac{22,8 \cdot (16,15 - 7,5)}{16,15} = 12,21\text{ м} . \quad (138)$$

На основании проведенного расчета определяем, что выбранная одиночная стержневая молниезащита по всем параметрам удовлетворяет защищаемый объект (жилого загородного дома).

5.4 Пожарная безопасность

Повышение электрификации быта и оснащение жилища разнообразными электробытовыми приборами приводит к тому, что жилище становится объектом повышенной пожарной опасности.

В соответствии с Постановлением правительства РФ от 25.04.2012 № 390 «О противопожарном режиме» [12] проектирование, монтаж, эксплуатацию электрических сетей, электроустановок и электротехнических изделий, а также контроль за их техническим состоянием необходимо осуществлять в соответствии с требованиями нормативных документов по электроэнергетике.

Это относится к принимаемым в проектах схемным решениям, выбору основного электрооборудования, проводов и кабелей, а также к их монтажу.

При эксплуатации действующих электроустановок Постановлением «О противопожарном режиме» запрещается:

- использовать электроприемники в условиях, не соответствующих требованиям инструкций организаций-изготовителей, или

приемники, имеющие неисправности, которые в соответствии с инструкцией по эксплуатации могут привести к пожару, а также эксплуатировать электропровода и кабели с поврежденной или потерявшей защитные свойства изоляцией;

- пользоваться поврежденными розетками, рубильниками, другими горючими материалами, а также эксплуатировать светильники со снятыми колпаками (рассеивателями), предусмотренными конструкцией светильника;

- пользоваться электроутюгами, электроплитками, электрочайниками и другими электронагревательными приборами, не имеющими устройств тепловой защиты, без подставок из негорючих теплоизоляционных материалов, исключающих опасность возникновения пожара;

- применять нестандартные (самодельные) электронагревательные приборы, использовать некалиброванные плавкие вставки или другие самодельные аппараты защиты от перегрузки и короткого замыкания;

- размещать (складировать) у электрощитов, электродвигателей и пусковой аппаратуры горючие (в том числе легковоспламеняющиеся) вещества и материалы.

В данной работе пожарная безопасность индивидуального жилого дома предусмотрена следующими мерами:

- прокладкой внутри помещений проектируемого жилого дома кабеля марки ВВГнг-LS, который обладает пониженной горючестью изоляции;

- применением гофрированных ПВХ-труб для электропроводки, выполненных из самозатухающего материала;

- применением аппаратов защиты заводского изготовления;

- установкой электрического и газового оборудования (электрочайник, газовый котел, газовая плита) заводского изготовления с привлечением к их монтажу соответствующих специалистов.

5.5 Правила безопасности при монтаже и эксплуатации газового котла

При эксплуатации на природном газе котел устанавливается по проекту, согласованному с местными службами газового хозяйства. Установку и монтаж котла производит только специализированная организация, имеющая право производить такие работы.

Монтаж и настройку газогорелочного устройства разрешается производить работникам специализированных организаций, имеющих лицензию Ростехнадзора, в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации газогорелочного устройства.

Во избежание пожаров котел не допускается устанавливать на сгораемые детали помещений, под котлом и перед его фронтом на 0,5м необходима прокладка стальных листов по асбестовому картону или войлоку, смоченному в глиняном растворе.

К обслуживанию котла допускаются лица, ознакомленные с устройством и правилами эксплуатации оборудования.

При эксплуатации газогорелочного устройства, во избежание несчастных случаев и аварий, категорически запрещается:

- пользоваться газогорелочным устройством лицам, не ознакомленным с руководством по эксплуатации оборудования и не проинструктированным о правилах пользования газовыми приборами;
- пользоваться газогорелочным устройством при наличии утечки газа, неисправности автоматики, отсутствии тяги в дымоходе;
- механически воздействовать на газовый клапан или узлы газогорелочного устройства;
- проводить устранение неполадок в работе газогорелочного устройства, его ремонт или вносить конструктивные изменения.

Об отсутствии тяги и неисправностях газогорелочного устройства необходимо немедленно сообщить в газовую службу.

При появлении запаха газа в помещении необходимо:

- закрыть газовый кран на газоподводящей трубе;
- не включать осветительные и другие электрические приборы, не разжигать огонь, не курить;
- открыть окна, двери и проветрить помещение;
- вызвать аварийную газовую службу газового хозяйства для устранения неполадок.

5.6 Правила безопасности при монтаже и эксплуатации электрического котла

Установку, подключение к электросети и обслуживание электрического котла должен выполнять персонал, имеющий квалификационную группу по электробезопасности не ниже третьей.

Установка котла должна производиться в месте, удобном для его обслуживания и ремонта. При этом для удобства замены блока ТЭН расстояние от пола до корпуса водонагревателя должно быть не менее 600мм.

Подключение электрического котла производится через автоматический выключатель на соответствующий ток проводниками сечением не менее 4 мм².

После проведения работ по подключению котла необходимо провести проверку сопротивления изоляции токоведущих частей, которое должно быть не менее 0,5 МОм. В случае снижения сопротивления изоляции ниже указанного, следует просушить блок нагревателей при температуре 120-150⁰С в течение 4-6 часов.

Работы по осмотру, ремонту и профилактике производятся только при снятом напряжении. Корпус котла и система отопления должны быть надежно заземлены отдельным проводником, сечением не менее фазного.

При эксплуатации электрического котла запрещается:

- установка запорной арматуры на трубопроводе, соединяющем расширительный бачок с системой отопления. Расширительный бачок должен иметь выход в атмосферу;
- эксплуатация с неисправным водонагревателем;
- длительное отключение системы, заполненной водой, в зимний период при отрицательных температурах.

Электрический котел не предназначен для использования лицами (включая детей) с пониженными физическими, чувственными или умственными способностями, или, при присутствии у них жизненного опыта или знаний, если они не находятся под контролем или не проинструктированы об использовании прибора лицом, ответственным за их безопасность.

Дети должны находиться под контролем для недопущения игры с прибором.

При эксплуатации электрического котла необходимо периодически, не реже одного раза в четыре месяца, проверять состояние затяжки проводов на клеммной колодке, контактных узлах реле, нагревателей, поверхность которых должна быть чистой и не окисленной. Плотность затяжки контактных соединений должна обеспечивать отсутствие искрения и нагрева подводящих проводов. Кроме того, необходимо ежедневно визуально проверять отсутствие течи воды, целостность заземления и шнура питания.

5.6 Глобальные экологические проблемы современности

Неблагополучное экологическое состояние планеты, о котором в настоящее время знают все, - это результат нерационального природопользования, результат деятельности людей, которых не беспокоит проблема сохранения природных (материальных и духовных) ресурсов, результат потребления богатств Земли для получения максимальной прибыли и удовлетворения потребностей ныне живущего поколения.

Прямым следствием такого природопользования являются глобальные экологические проблемы:

- загрязнение окружающей среды (воздуха, почвы, воды) отходами промышленного и сельскохозяйственного производства;
- интенсивное сокращение площади лесов, которые служат «легкими» планеты и обеспечивают кислородом всех живущих на ней;
- деградация почвы - опустынивание, засоление, разрушение ее структуры;
- изменение климата - его потепление, которое грозит затоплением низменной части суши ряда материков; природные катастрофы;
- озоновые дыры - разрушение озонового щита планеты, который защищает живые организмы от космической радиации.

Тесно связаны с обозначенными и другие проблемы, затрагивающие качество жизни людей, - проблемы энергетики, здоровья, питания.

Жизнь и деятельность современного человека напрямую связана с интенсивным использованием электроэнергии: чем более развито общество, тем больше требуется электроэнергии. А ее производство как раз и создает основные экологические проблемы: станции, работающие на каменном угле, загрязняют своими выбросами воздух, а затем посредством осадков - почву и воду; гидроэлектростанции нарушают среду обитания для существ, живущих в воде, что ведет к разрушению речных экосистем; атомные электростанции - самые экономичные, но и самые опасные: трагедия Чернобыля - яркий тому пример.

К числу экологических проблем относится и транспортная: более 70% людей живут в городах и дышат выхлопными газами автомашин, которые переполняют улицы, создают пробки (и это тоже результат технического прогресса).

Общим печальным итогом сложившегося экологического неблагополучия биосферы является ухудшение здоровья людей - взрослых и особенно детей, что отрицательно влияет на генофонд планеты.

Основой оптимизации человека с природой может стать экологическая культура - часть общечеловеческой культуры, отражающая взаимосвязи человека и всего общества с природой во всех видах деятельности. Понятие экологической культуры соединяет в себе: знание основных законов природы; понимание необходимости считаться с этими законами и руководствоваться ими во всякого рода индивидуальной и коллективной деятельности; стремление к оптимальности в процессе личного и производственного природопользования; выработку чувства ответственного отношения к природе, окружающей человека среде, здоровью людей. Таким образом, экологическая культура охватывает интеллектуальные, эстетические и этические аспекты человеческой жизни, практику бытовой и профессиональной деятельности.

Выход из сложившейся ситуации может быть найден только в том случае, если человечество осознает проблему экологического кризиса и обретет новое мировоззрение, новый сознательный взгляд на взаимодействие общества с природой и изменит практику жизнедеятельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей выпускной квалификационной работе разработана система энергоснабжения индивидуального жилого загородного дома. В ходе работы произведен расчет электрических нагрузок, выбраны электроустановочные изделия (светильники, розетки). Произведен выбор проводов и кабелей для внешнего и внутреннего электроснабжения дома, выбраны аппараты защиты для сетей внешнего и внутреннего электроснабжения. Произведен расчет токов короткого замыкания в линиях электроснабжения, на основании которого выполнена проверка правильности выбора защитной аппаратуры. Произведен выбор средства учета электроэнергии, а также выбор автономных источников теплоснабжения (как рабочего, так и резервного). Определена категория надежности электроснабжения индивидуального жилого дома.

В выпускной квалификационной работе также отражены вопросы, касающиеся безопасности человека. В вопросах электробезопасности обоснован выбор защитной аппаратуры линий электроснабжения с применением устройств защитного отключения (УЗО). Произведен расчет и выбор заземляющих устройств жилого дома и котельной, а также расчет и выбор молниезащиты жилого дома. В вопросах пожарной безопасности обоснован выбор марок кабелей, применяемых для системы внутреннего электроснабжения жилого дома. В разделе безопасности жизнедеятельности отражены вопросы, касающиеся правильности монтажа и эксплуатации выбранных автономных источников теплоснабжения (газового и электрического котлов).

Таким образом, задачи, поставленные в данной выпускной квалификационной работе, выполнены. Спроектированная система энергоснабжения жилого загородного дома удовлетворяет всем требованиям действующей нормативно-технической документации с учетом требований правил безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. АО «Электротехнические заводы «Энергомера»// каталог продукции 2015 года [электронный ресурс]. – URL: <http://www.energomera.ru>
2. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 01.06.2014. – М: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М: Изд-во Стандартиформ, 2014
3. ГОСТ Р 50345-2010. Аппаратура малогабаритная электрическая. Автоматические выключатели для защиты от сверхтоков бытового и аналогичного назначения. – Введ. 01.01.2012. – М.: Национальный стандарт Российской Федерации; М.: Изд-во Стандартиформ, 2011
4. ГОСТ Р 50571.2-94. Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики. – Введ. 10.11.1994. – М.: Госстандарт РФ; М.: Изд-во Стандартиформ, 2012
5. ГОСТ Р 50571.3-2009. Электроустановки низковольтные. Часть 4-41. Требования для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током. – Введ. 01.01.2011. – М.: Национальный стандарт Российской Федерации; М.: Изд-во Стандартиформ, 2011
6. ГОСТ Р 50571.11-96. Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 701. Ванные и душевые помещения. Введ. 01.01.1997. – М.: Госстандарт РФ; М.: Изд-во Стандартиформ, 2012
7. ГОСТ Р МЭК 60755-2012. Общие требования к защитным устройствам, управляемым дифференциальным (остаточным) током. – Введ. 01.01.2013. – М.: Национальный стандарт Российской Федерации; М.: Изд-во Стандартиформ, 2013
8. ГОСТ ИЕС 61140-2012. Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования. – Введ.

01.07.2014. М: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М: Изд-во Стандартиформ, 2014

9. Группа компаний IEK//каталог продукции 2016 года [электронный ресурс]. – URL: <http://www.iek.ru/products/catalog>

10. Интернет-магазин печей и отопительного оборудования //каталог 2016 года [электронный ресурс]. – URL: <http://www.pechi96.ru>

11. Компания «Инженерный центр «Хитинг-Системс». Отопительное оборудование//каталог 2015 года [электронный ресурс]. – URL: <http://www.heating-systems.ru>

12. Постановление правительства РФ от 25.04.2012 № 390 «О противопожарном режиме» (с изменениями № 113 от 17.02.2014, № 581 от 23.06.2014, № 201 от 6.03.2015, № 1213 от 10.11.2015). – Вступило в силу 01.09.2012. – Постановления правительства Российской Федерации. – 2012

13. Постановление правительства РФ от 04.05.2012 № 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» (с изменениями № 941 от 4.09.2015). – Утвержд. 04.05.2012. – Постановления правительства Российской Федерации. – 2012

14. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск, Сиб.унив.изд-во, 2010. – 464 с., ил.

15. РД 106/4-04.14. Индивидуальный жилой дом. Раздел ЭОМ. Электроосвещение. Силовое электрооборудование. – ИП Черепанов И.В. / ГИП П.П. Киселёв. – Екатеринбург, 2015 (неопубликованная литература)

16. СО-153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – Введ. 30.06.2003. – М.: Минэнерго России, приказ № 380 от 30.06.2003

17. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. – Введ. 01.01.2004. – М.: Госстрой России, 2004

18. СП 52.13330.2010. Естественное и искусственное освещение. – Введ. 20.05.2011. – М.: Минрегион РФ, приказ № 783 от 27.12.2010. – 74 с.
19. Техническая коллекция SchneiderElectric. Выпуск № 11 «Проектирование электроустановок квартир с улучшенной планировкой и коттеджей». Компания «SchneiderElectric». – октябрь, 2007. – 240с., ил.
20. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. – 2-е изд. – М.: ФОРУМ, 2011 – 136с.
21. Энергетика. Оборудование. Документация. //Оборудование // ВЛ и провода [электронный ресурс]. – URL: [http:// www.forca.ru](http://www.forca.ru)

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Схемы электрические
ПРИЛОЖЕНИЕ А.1

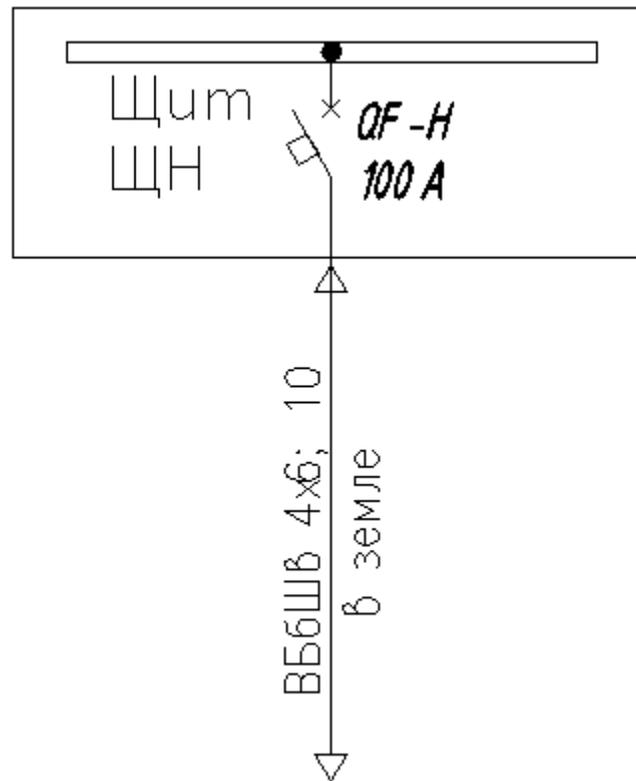
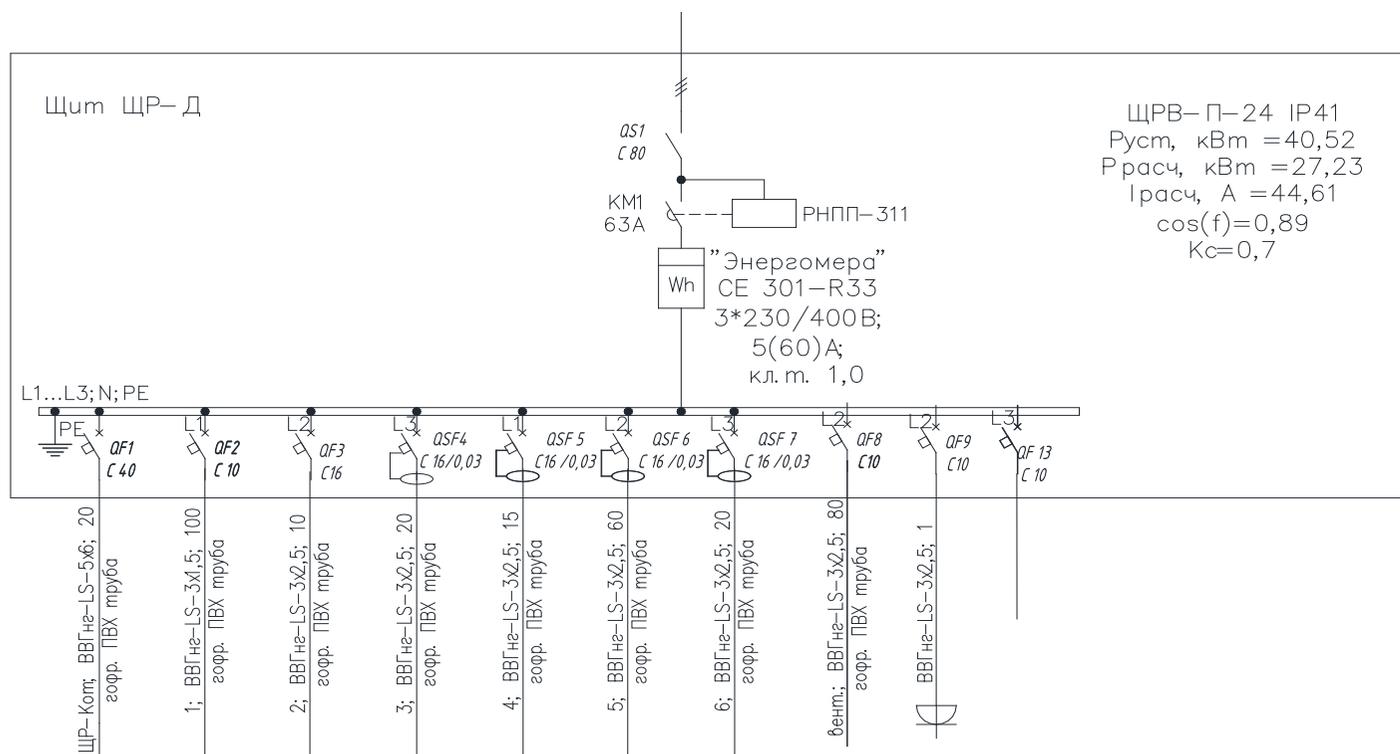


Рисунок А.1 – Схема электрическая щита подключения дома ЩН, установленного на опоре 0,4 кВ.

ПРИЛОЖЕНИЕ А.2



Обозначение	ЩР- Ком	1	2	3	4	5	6	вент.	Розетка	Резерв
$P_u, кВт$	11,18	6,14	10,5	4,3	2,2	2,0	1,0	1,0		
$P_p, кВт$	8,94	2,95	8,4	3,01	0,41	1,2	0,5	0,5		
$I_p, А$	18,76	4,48	12,76	5,08	0,78	2,15	1,89	1,9		
$\cos(\varphi)$	0,91	1,0	0,95	0,9	0,8	0,85	0,8	0,8		
Наименование	Щит котельной	Освещение 1 этажа	Электрическая плита	Розетки кухни	Посудомоечная машина	Розеточная сеть 1 этажа	Розеточная сеть вход/выход	Система вентиляции		

Рисунок А.2 – Схема

ПРИЛОЖЕНИЕ А.3

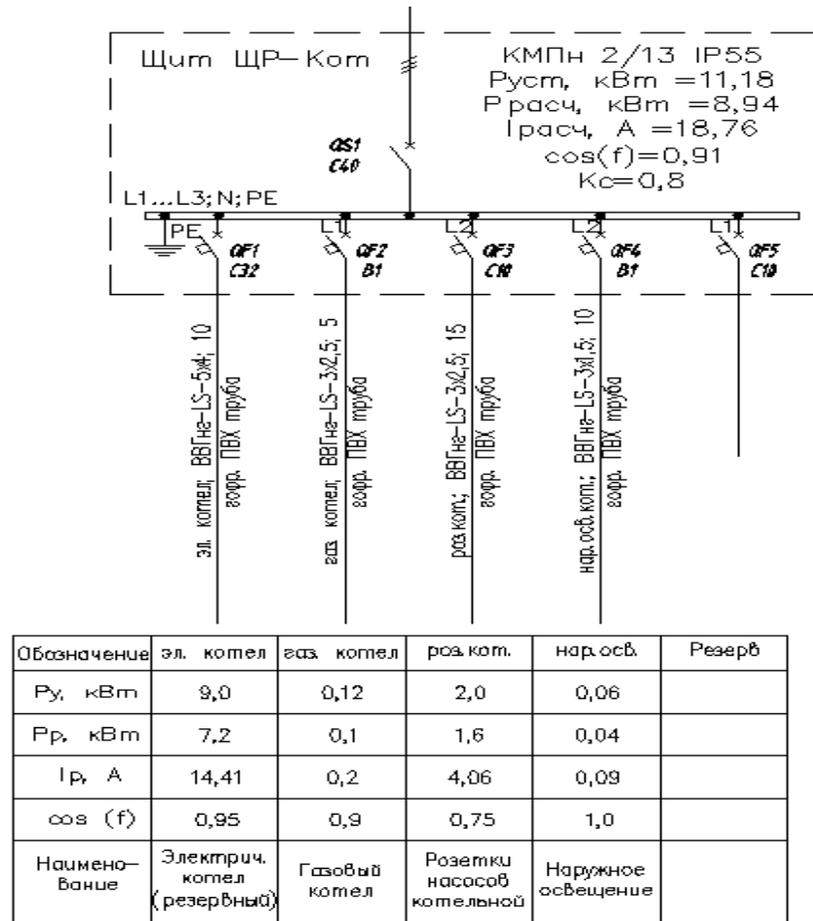


Рисунок А.3 – Схема электрическая щита котельной ЩР-Кот

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

План прокладки сети освещения

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.1

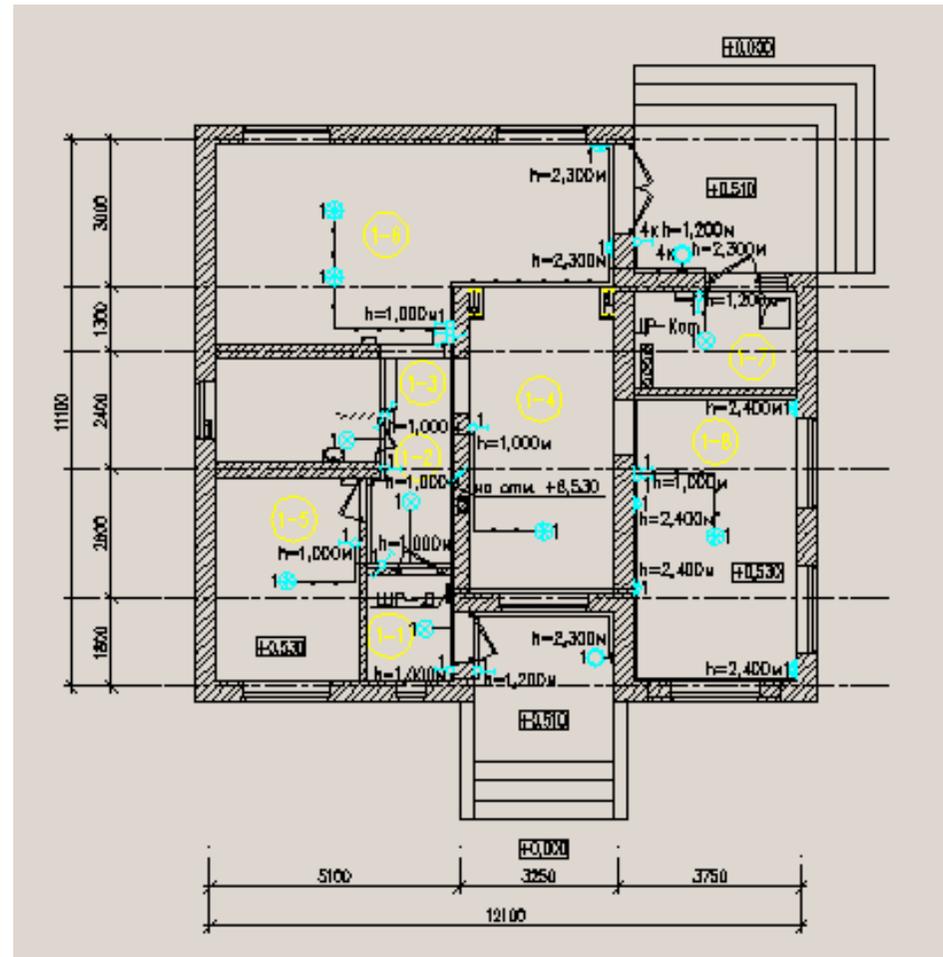


Рисунок Б.1 – План прокладки групповой сети освещения первого этажа

ПРИЛОЖЕНИЕ В

План прокладки розеточной сети

Приложение В.1

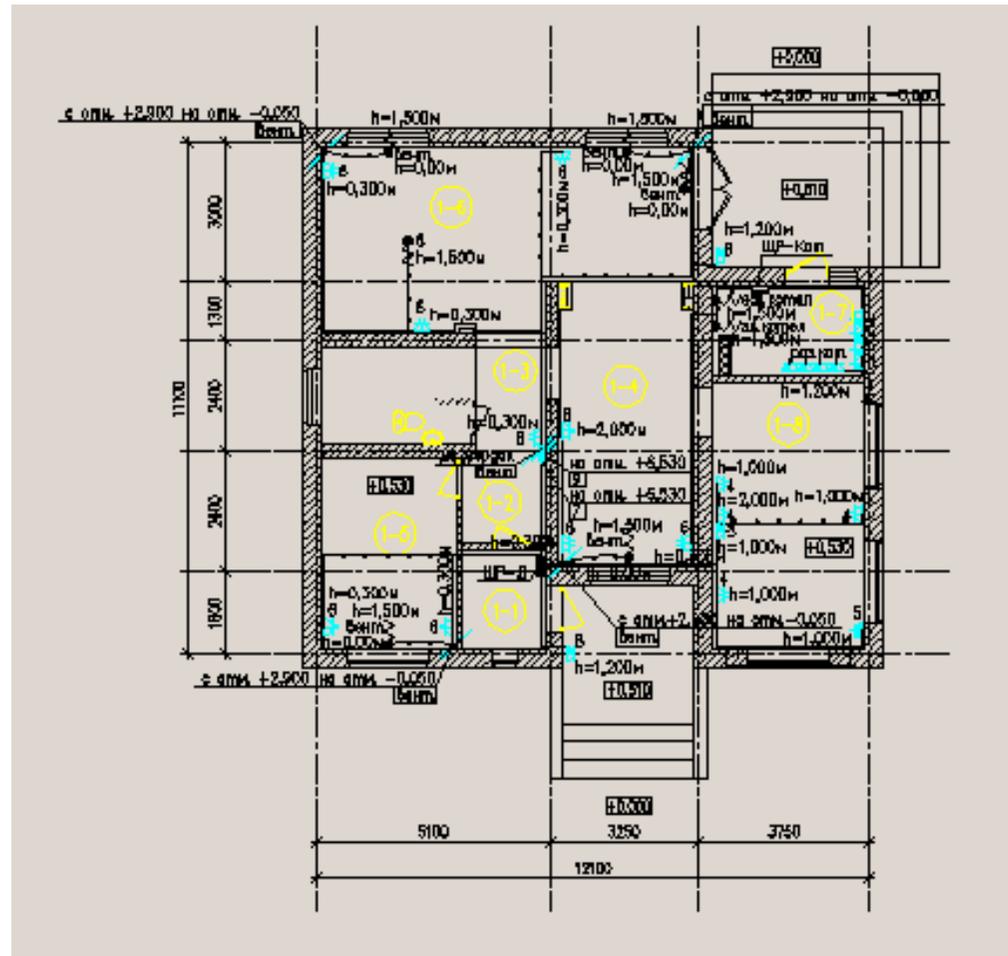
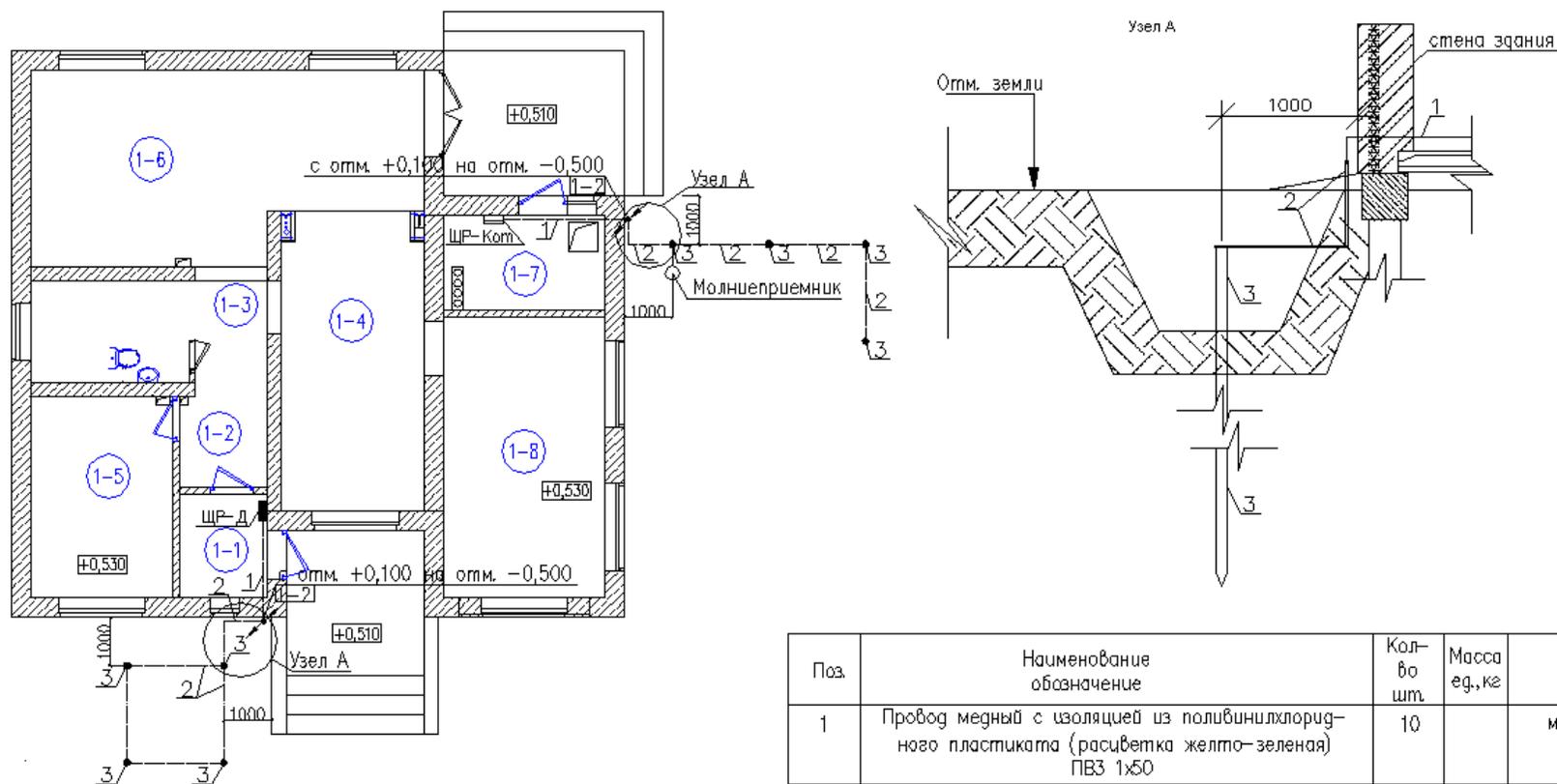


Рисунок В.1 – План прокладки групповой розеточной сети и сети вентиляции первого этажа

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Молниезащита и система заземления



Поз.	Наименование обозначение	Кол-во шт.	Масса ед., кг
1	Пробод медный с изоляцией из поливинилхлоридного пластика (расцветка желто-зеленая) ПВЗ 1х50	10	м
2	Полоса стальная Б-40х5мм	17	м
3	Уголок стальной 50х50х5мм	8	L=2,0 м