

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

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Энергосбережение и энергоэффективность
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Повышение энергоэффективности торгового центра
«Елисаветинский»

Студент

М.А. Назаров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент, Ю.В. Черненко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Содержание

Введение.....	3
1 Анализ текущего состояния объекта.....	6
1.1 Нормативно-правовая база.....	6
1.2 Краткое описание объекта исследования.....	9
1.3 Анализ схемы электроснабжения.....	12
1.4 Анализ потребления здания.....	17
1.5 Распределение освещенности здания.....	18
1.6 Выводы по разделу.....	23
2 Анализ мероприятий для эффективного потребления энергоресурсов торгового центра.....	26
2.1 Повышение энергоэффективности общественных зданий.....	26
2.2 Энергосбережение в системе отопления здания.....	31
2.3 Автоматизация системы управления отоплением.....	38
2.4 Освещение. Автоматические системы управления.....	39
2.5 Энергосбережение в системах кондиционирования и вентиляции.....	42
2.6 Тепловая защита здания.....	43
2.7 Выводы по разделу.....	55
3 Проведение технико-экономического расчета.....	58
3.1 Энергосбережение наружного освещения.....	58
3.2 Повышение энергоэффективности внутреннего освещения.....	59
3.3 Энергосбережение системы автоматического управления освещением.....	6260
3.4 Теплосбережение при проведении тепловой защиты здания.....	66
3.5 Экономия тепловой энергии при внедрении автоматизированной системы отопления.....	675
3.6 Экономия в системах вентиляции и кондиционирования.....	718

3.7	Выводы	по
разделу.....		69
Заключение		70
Список используемых источников.....		752

Введение

В практике, используемой во всем мире, проблемам увеличения энергоэффективности общественных зданий с каждым годом отводится все больше внимания. От результатов решения этих проблем будет зависеть наше место среди стран, продвинутых по экономическим показателям и которые предлагают высокий уровень жизни для своих граждан. Россия имеет все стратегически важные ресурсы, а также обладает высокими интеллектуальными показателями для устранения энергетических вопросов и проблем. Также помимо всего этого наша страна для ряда развитых государств является крупным экспортером нефтяных продуктов и природного газа. Россия обладает огромным потенциалом по возможностям использования энергоресурсов рационально. Расходы энергоносителя имеются во всех областях экономики: в ЖКХ, в промышленном секторе, даже в топливной промышленности. Долгое сохранение дистанции в развитии энергетической эффективности с технологически продвинутыми странами затруднительно в силу того, что высокая энергетическая емкость экономики в результате приведет к ослаблению энергобезопасности и роста экономики. Нашей стране важно приобретение необходимых стандартов благосостояния государств с развитой экономикой при увеличении общей конкуренции и в последующем полном исчерпании энергоресурсов. Хоть Россия и имеет избыточную ресурсную базу, но несмотря на это необходимо использовать ресурсы нашей страны эффективно, поскольку энергетически эффективное использование ресурсов в рыночных отношениях является очень важным толчком для создания конкуренции отечественных товаров и в сфере услуг. «Перед обществом поставлена очень амбициозная задача - добиться удвоения

валового внутреннего продукта (ВВП) за 10 лет, но решить эту задачу, не изменив радикально отношение к энергоресурсосбережению, не снизив энергоемкость производства, не удастся» [1].

«Стратегической целью государственной энергетической политики в сфере повышения энергетической эффективности экономики является максимально рациональное использование энергетических ресурсов на основе обеспечения заинтересованности их потребителей в энергосбережении, повышении собственной энергетической эффективности и инвестировании в эту сферу. В соответствии с вышеизложенным, целью исследования является повышение энергетической эффективности торгового центра с использованием современных методик.

Главной проблемой в указанной сфере является значительный нереализованный потенциал организационного и технологического энергосбережения, составляющий до 40 процентов общего объема внутреннего энергопотребления.»

Исходя из вышесказанного, используется ряд стратегических инициатив, одна из которых:

«реализация специальных мер по повышению энергетической эффективности жилищно-коммунального комплекса, в том числе путем внедрения тарифного метода расчета доходности инвестированного капитала, внедрения новых обязательных строительных норм и правил эффективного использования энергии не только для объектов жилищно-коммунального хозяйства, но и для общественных, коммерческих и производственных зданий;» [2]

Основной параметр, который показывает эффективность использования энергетических ресурсов является энергоэффективность. Снижение затрат на энергоресурсы, которые направлены на жизнеобеспечение общественных зданий и сооружений, а также других жилых объектов и зданий, позволяет получить значимый результат энергосбережения, позволяющий экономить

большие средства, а также создающий более качественные и комфортные условия для жизнеобеспечения людей.

Для того, чтобы достигнуть данной цели, а именно снижение затрат на энергоресурсы, тем самым повысить энергетическую эффективность, необходимо решить ряд нижеприведенных задач:

1. Анализ текущего состояния объекта;
2. Анализ мероприятий для эффективного потребления энергоресурсов торгового центра;
3. Проведение технико-экономического расчета.

Основные препятствия, которые приводят к сдерживанию развития энергосбережения и энергетической эффективности в России, следует разложить на четыре группы:

- нехватка мотивации;
- отсутствие необходимой информации;
- небольшие навыки и опыт по поддержке проектов;
- недостаточная организация решений и действий.

Также в практике чаще всего получается так, что, помимо знаний нормативной базы, а также опыта по финансовой поддержке проектов или же знаний технической части энергосбережения, необходимо, чтобы специалист был всесторонне развит, а также смог легко адаптироваться к законам, которые имеют частые изменения и поправки, которые могут провести технико-экономические обоснования различных проектов, понимающие препятствия и принципы, которые лежат в их глубине.

Основная ступень, которая дает толчок в повышении энергетической эффективности – энергетическое обследование. Исходя из энергетического обследования проводится анализ, по которому можно определить какие мероприятия следует проводить.

1 Анализ текущего состояния объекта

1.1 Нормативно-правовая база

Для повышения энергоэффективности и решения основных его задач применяют законодательную и нормативно-правовую базу. Для поддержки мероприятий и обеспечения энергосбережения приняты десятки нормативных актов, а также множество документов нормативного, методического и программного характера (рисунок 1).



Рисунок 1 – Нормативно-правовая структура энергосбережения и повышения энергоэффективности

«В состав нормативно правовой базы по энергосбережению так же входят:

- Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года», утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 2446-р;
- Указ Президента РФ №579 от 13.05.2010г. «Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»;
- Постановление Правительства РФ №646 от 23.08.2010г. «О принципах формирования органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации перечня мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме»;
- Постановление Правительства РФ №391 от 01.06.2010г. «О порядке создания государственной информационной системы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и условий для ее функционирования»;
- Постановление Правительства РФ №340 от 15.05.2010г. «О порядке установления требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности»;
- Постановление Правительства РФ №1225 от 31.12.2009г. «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»;

- Постановление Правительства РФ №67 от 20.02.2010г. «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам определения полномочий федеральных органов исполнительной власти в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»;
- Приказ Минрегионразвития РФ №338 от 29.07.2010г. «Об утверждении перечня рекомендуемых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении объектов инфраструктуры и другого имущества общего пользования садоводческих, огороднических и дачных некоммерческих объединений граждан»;
- Приказ Минрегиона РФ №273 от 07.06.2010г. «Об утверждении методики расчета значений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе в сопоставимых условиях».
- Приказ Росстата №176 от 29.04.2010г. «Об утверждении форм федерального статистического наблюдения за энергосбережением»;
- Приказ Минэкономразвития РФ №61 от 17.02.2010г. «Об утверждении примерного перечня мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, который может быть использован в целях разработки региональных, муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»;
- Приказ Минпромторга РФ от 07.09.2010г. №769 «О категориях товаров, которые должны содержать информацию о классе их энергетической эффективности в технической документации, прилагаемой к этим товарам, маркировке и на этикетках, а также о характеристиках товаров у указанием категорий товаров, на которые в соответствии с требованиями Федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о

- внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» не распространяются требования о включении информации об их энергетической эффективности в техническую документацию, прилагаемую к товаром, маркировку и на этикетку»;
- Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 17 февраля 2010 г. № 61 «Об утверждении примерного перечня мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, который может быть использован в целях разработки региональных, муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности».
 - закон РФ «О лицензировании отдельных видов деятельности» № 158-ФЗ от 25.09.1998» [3].

Важнейшее мероприятие, без которого недопустимо проведение спланированных действий по увеличению показателя энергоэффективности в РФ – энергетическое обследование.

Под энергообследованием понимают сбор, а также обработку данных, которые отражают использование ресурсов. Это необходимо для получения верной информации об объемах использования энергоресурсов, о показателях энергоэффективности, также помогает выявить возможности повышения энергоэффективности. Всё это отражается в энергетическом паспорте [4].

1.2 Краткое описание объекта исследования

Объектом исследования является торговый центр "Елисаветинский", расположенный в Московской области, в Подольском районе. Данный торговый центр построен в 2007 году. В торговом центре расположены множество различных торговых точек, которые продают различного рода стройматериалы, инструменты, мебель, декор, бытовую технику, электронику, также множество товаров для обустройства дома. План здания представлен на рисунке 2.

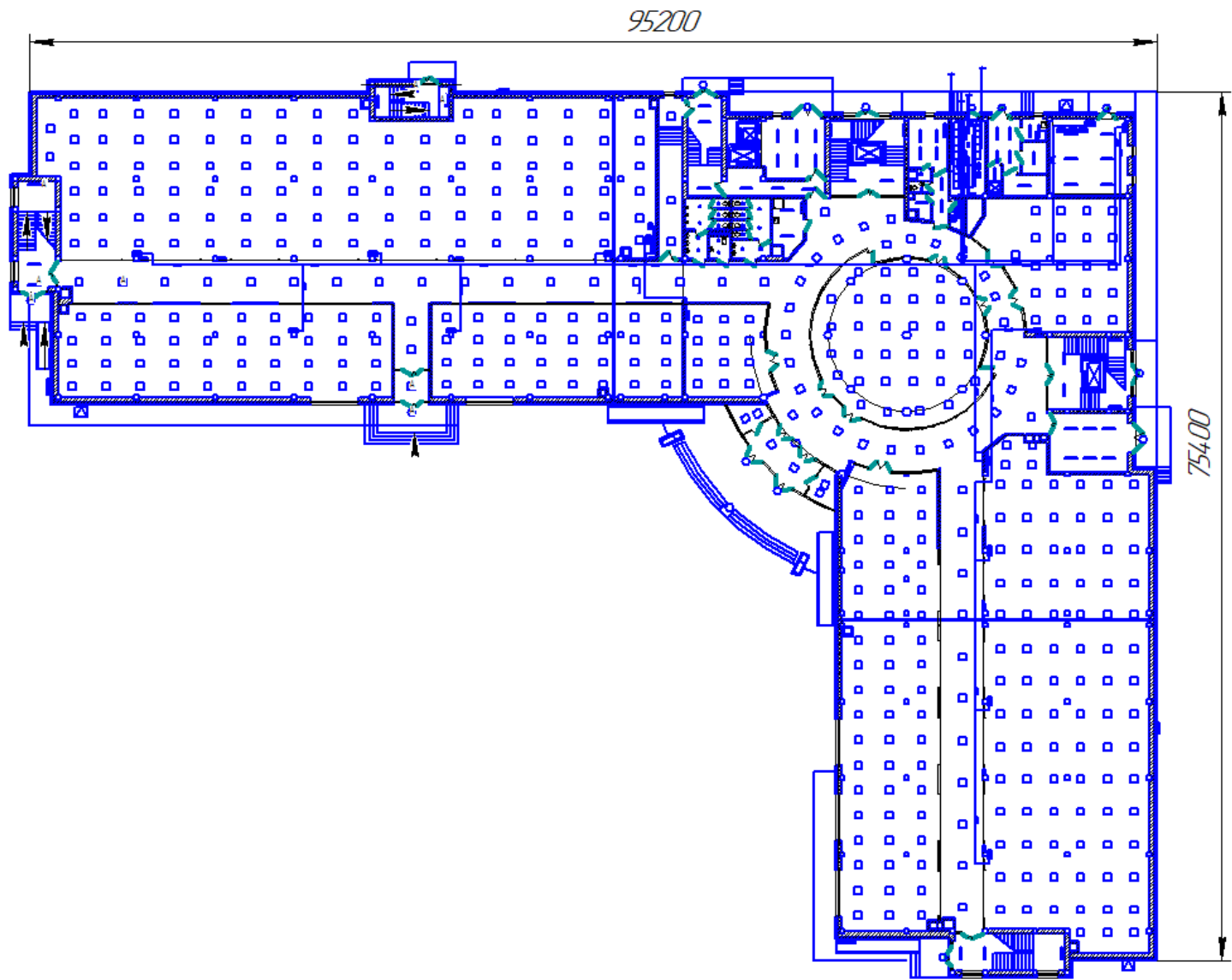


Рисунок 2 – План здания

1.3 Анализ схемы электроснабжения

Принципиальную схему здания представим на рисунке 3.

Электроснабжение осуществляется по кабелям марки АПвВнг(А)-LS 2(4(1x240)) от КТП до ВРУ-1 и до ВРУ-2. В КТП установлено два трансформатора типа ТМГ мощностью 630 кВА. Коэффициент загрузки составляет 0,67.

Для электроснабжения нагрузок торгового центра в электрощитовой 1 этажа устанавливаются два вводно-распределительных устройства: ВРУ-1 – технология и освещение административных и торговых помещений, ВРУ-2 – технология торговых зон. Количество ВРУ определено по условиям надежности электроснабжения с учетом конструкции здания.

Объект исследования представляет из себя один корпус, состоящий из трех этажей. Подавляющее большинство помещений имеет естественное освещение через окна. Другая часть помещений имеет только источники искусственного освещения.

Учет электроэнергии производится электронными счетчиками, имеющими телеметрический выход. Расчетные счетчики установлены на вводных панелях всех ВРУ потребителей в опломбированных секциях щитов ВРУ. Применяемые счетчики непосредственного включения и через трансформаторы тока, класс точности 0,5.

Силовые распределительные щиты устанавливаются в электрощитовых, этажных нишах и венткамерах, щитки освещения в этажных нишах вспомогательных помещений. С технологическим оборудованием и общеобменной (приточной) системой вентиляции пусковая аппаратура поступает комплектно.

Для управления вентиляцией дымоудаления установлены шкафы контрольные пусковые типа ШКП (сертифицированные по пожарной безопасности).

Для управления электродвигателями вентиляторов общеобменной (вытяжной) вентиляции предусматриваются ящики управления Я5000, которые устанавливаются в венткамерах и обслуживаемых помещениях, либо через пускатели в щитах вентиляции. Управление электродвигателями: местное - кнопками управления по месту; автоматическое или дистанционное из помещения охраны. Для вытяжной вентиляции, тепловых завес используется автоматическое отключение при возникновении пожара с использованием независимого расцепителя и автоматического выключателя на вводе щита вентиляции.

В приточных системах при пожаре отключаются вентиляторы, насосы отопительной воды в этих установках отключению не подлежат.

Взаиморезервирование линий ВРУ - с помощью перекидных рубильников.

Электроприемники торгового центра относятся ко II (второй) категории по степени обеспечения надежности электроснабжения, что соответствует [5] и [6].

К I (первой) категории по надежности электроснабжения относятся следующие потребители:

- охранно-пожарная сигнализация;
- противопожарные системы;
- системы дымоудаления;
- системы автоматики и связи;
- аварийное освещение;
- лифты;
- ИТП.

Показатели качества электроэнергии соответствуют [7]. Отклонение напряжения у потребителей электроэнергии не превышает 10%. В связи с отсутствием потребителей, отрицательно влияющих на качество электроэнергии, мероприятия по повышению качества электроэнергии не предусматриваются.

В таблицах 1-4, приведенных ниже, представлен расчет нагрузок данного здания на каждую зону потребителей.

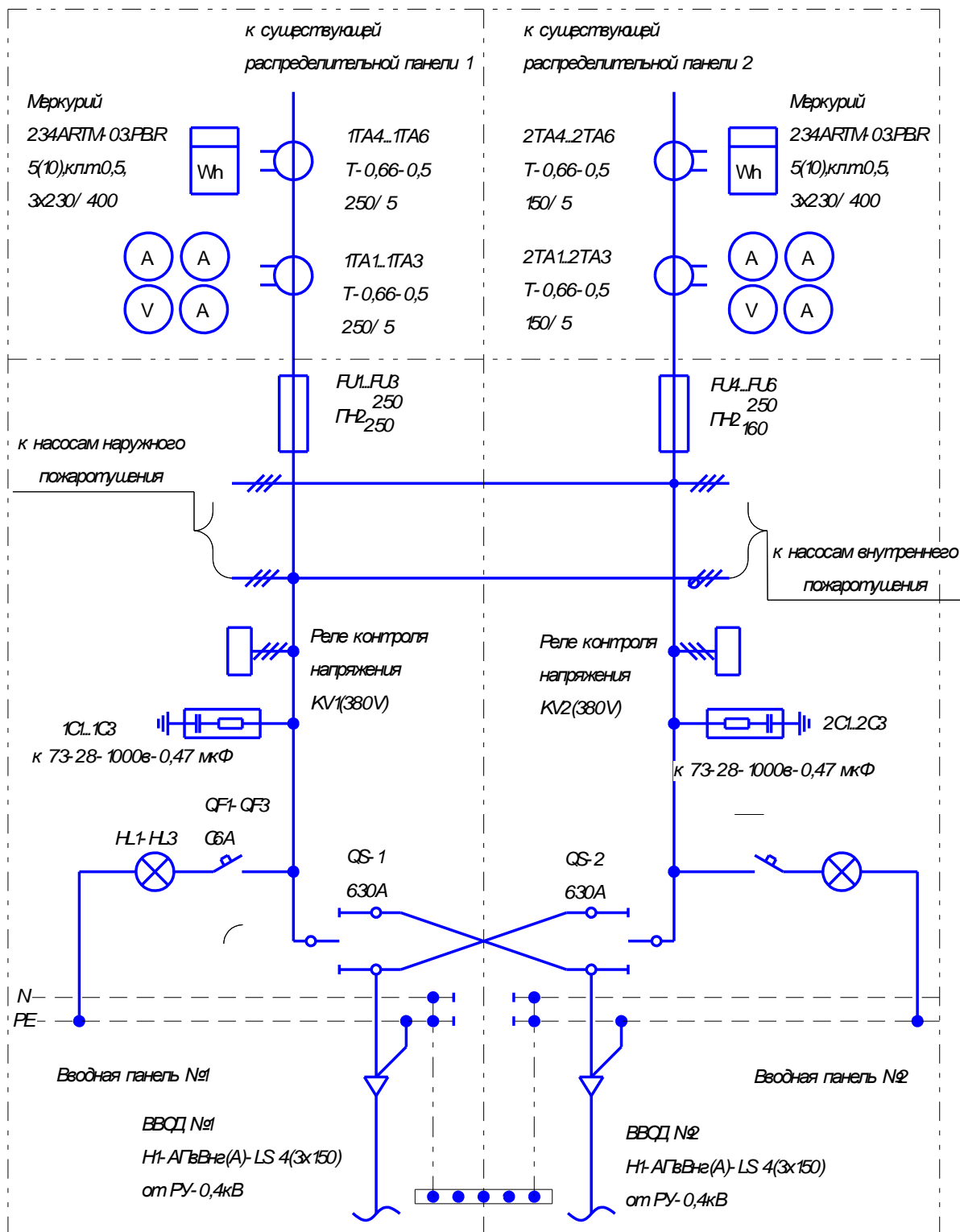


Рисунок 3 – Принципиальная однолинейная схема электроснабжения здания

Таблица 1 – Расчетные нагрузки ВРУ-1 (потребители II категории)

№	Наименование потребителя	Установленная мощность	Kc	Кoeffиц. реактивной мощности		Потребляемая мощность			Установл. расч. ток	Максим. расч. ток
				cosφ	tgφ	$P_p = P_y \cdot K_c$, Вт	$Q_p = P_p \cdot \text{tg}\phi$, Вар	$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$, ВА		
1	Внутреннее освещение	107826	1	0,92	0,43	107826	46365,18	117371,96	155,63	169,41
2	Наружное освещение	18500	1	0,85	0,62	18500	11470	21767,20	26,70	31,42
3	Бытов. приборы, офисная техника	32500	0,56	0,97	0,25	18200	4550,00	18760,13	46,91	27,08
4	Сантехника	13500	0,67	0,98	0,2	9045	1809,00	9224,13	19,49	13,31
5	Вентиляция	61600	0,74	0,9	0,48	45584	21880,32	50563,32	88,91	72,98
6	Холодильное оборудование, кондиционирование	119800	0,8	0,81	0,72	95840	69004,80	118097,28	172,92	170,46
7	Технологическое оборудование (пищеблок)	57200	0,78	0,96	0,29	44616	12938,64	46454,23	82,56	67,05

Таблица 2 – Расчетные нагрузки ВРУ-1 (потребители I категории)

№	Наименование потребителя	Установленная мощность	Kc	Коэффиц. реактивной мощности		Потребляемая мощность			Установл. расч. ток	Максим. расч. ток
				cosφ	tgφ	$P_p = P_y \cdot K_c$, Вт	$Q_p = P_p \cdot \text{tg}\phi$, Вар	$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$, ВА		
1	Противодымная вентиляция	95100	1	0,86	0,59	95100	56109,00	110418,43	137265,03	159375,28
2	Лифтовое оборудование	38000	0,7	0,65	1,17	26600	31122,00	40940,68	54848,28	59092,77
3	Оборуд. охранной и пожар. безопасности	7000	1	0,95	0,33	7000	2310,00	7371,30	10103,63	10639,56
4	Канализация	22000	0,5	0,8	0,75	11000	8250,00	13750,00	31754,26	19846,42
5	Очистные сооружения	3000	1	0,8	0,75	3000	2250,00	3750,00	4330,13	5412,66
6	Насос ХВС	370	1	0,91	0,46	370	170,20	407,27	534,05	587,84
7	Тепловой пункт	5000	1	0,95	0,33	5000	1650,00	5265,22	7216,88	7599,68
8	ШСН1	2100	0,5	0,8	0,75	1050	787,50	1312,50	3031,09	1894,43
9	ШСН2	3100	1	0,95	0,33	3100	1023,00	3264,43	4474,46	4711,80
10	Насос противопожарный (внутр.)	3000	1	0,85	0,62	3000	1860,00	3529,82	4330,13	5094,85
11	Насос противопожарный (наруж.)	11000	1	0,85	0,62	11000	6820,00	12942,66	15877,13	18681,12

Таблица 3 – Расчетные нагрузки ВРУ-2 (Торговая зона)

Наименование потребителя	P_y , Вт	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , Вт	Q_p , Вт	S_p , ВА
ЩР-1	60000	0,9	0,95	0,33	54000	17820	56864,33
ЩР-3	40000	0,9	0,95	0,33	36000	11880	37909,56
ЩР-4	60000	0,9	0,95	0,33	54000	17820	56864,33
ЩР-6	40000	0,9	0,95	0,33	36000	11880	37909,56

Проведем расчет суммарных показателей и занесем их в таблицу 4.

Таблица 4 – Сводная таблица по ВРУ-1 и ВРУ-2

Наименование потребителя	P_y , Вт	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , Вт	Q_p , Вт	S_p , ВА
ВРУ-1	600596	0,84	0,87	0,55	505831,00	280369,64	578335,66
ВРУ-2	200000	0,90	0,95	0,33	180000,00	59400,00	189547,78
Итого	871380	0,87	0,90	0,49	756615,00	370206,76	842329,69

1.4 Анализ потребления здания

Согласно нагрузкам, представленным в таблицах 1 и 2 составим диаграмму (рисунок 4).



Рисунок 4 – Сводная диаграмма потребления потребителей в процентах

Самыми затратными областями, исходя из вышеприведенной диаграммы, являются расходы на освещение, холодильное оборудование, вентиляцию и на потребление разного рода электроприемников зоны торговли.

Торговый центр имеет зависимую систему отопления с использованием элеваторов.

1.5 Распределение освещенности здания

В соответствии с существующей схемой расстановки светильников, представим распределение освещенности на каждом этаже здания на рисунках 5, 6, 7 соответственно.

Расчеты и расположение светильников представим на рисунках 8, 9, 10 соответственно.

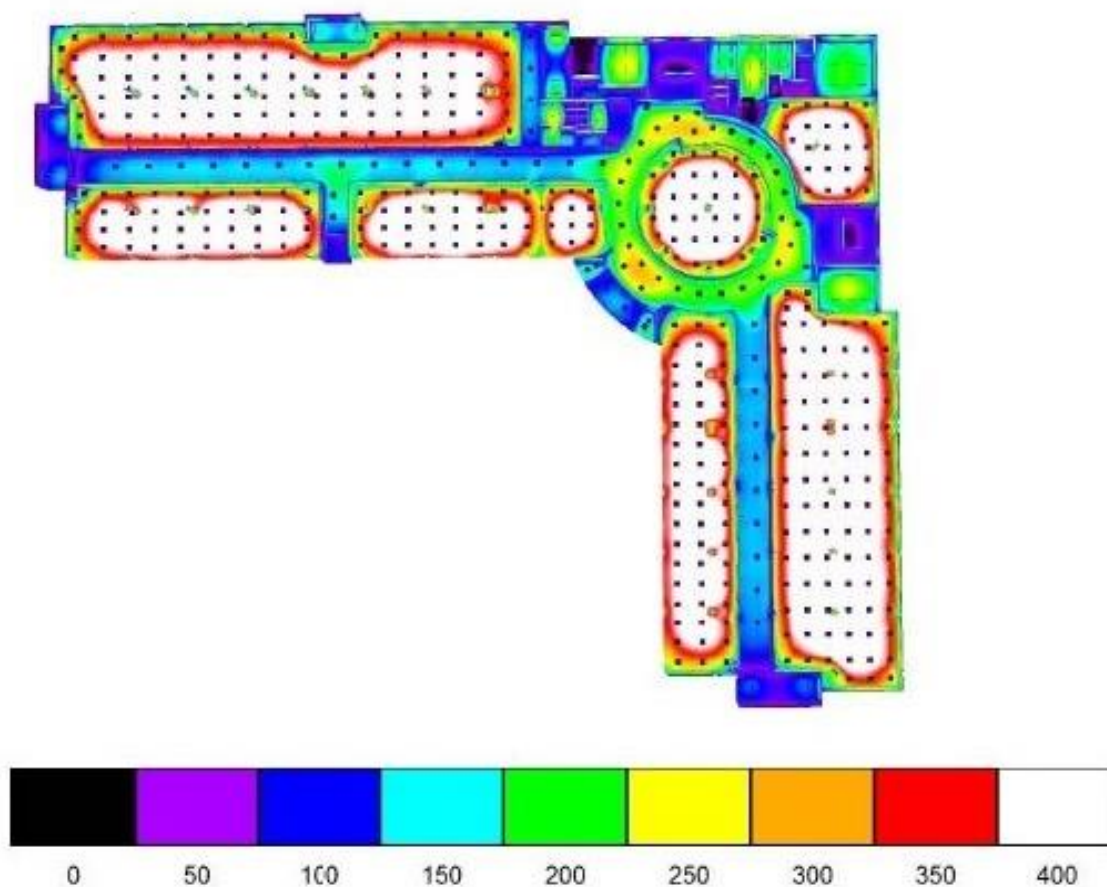


Рисунок 5 – Схема освещенности первого этажа

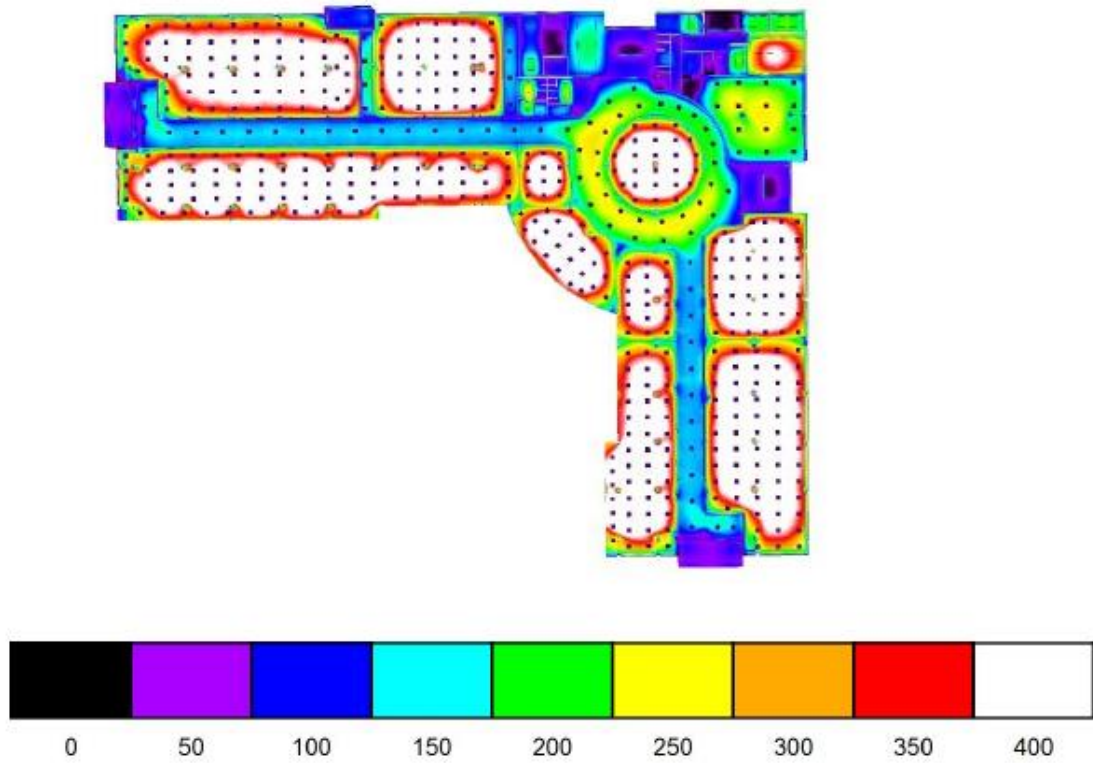


Рисунок 6 – Схема освещенности второго этажа

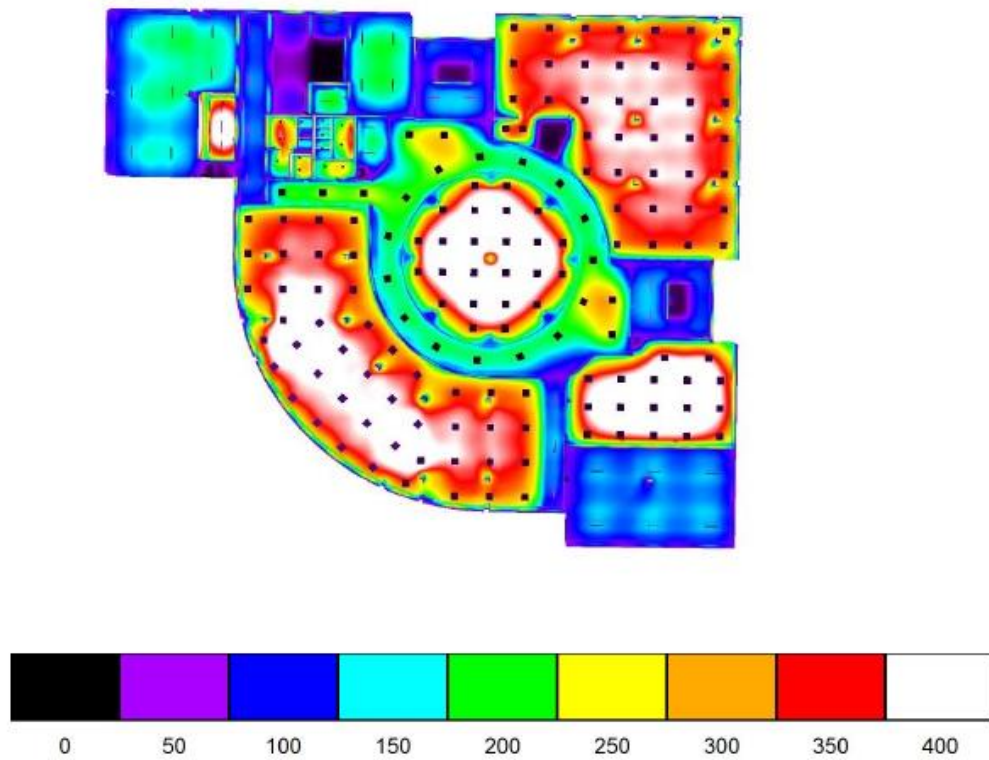
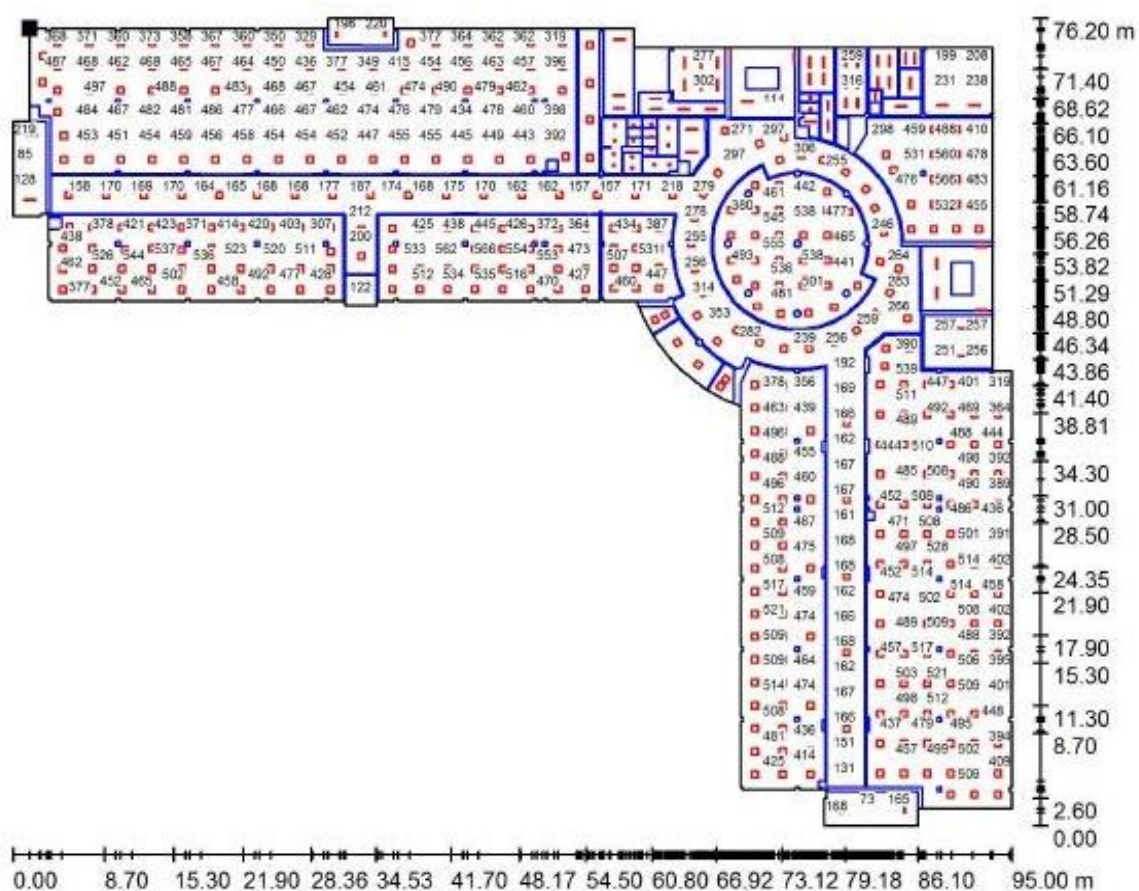


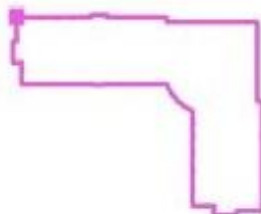
Рисунок 7 – Схема освещенности третьего этажа



Значения в Lux, Масштаб 1 : 680

Не все расчетные данные могут быть представлены.

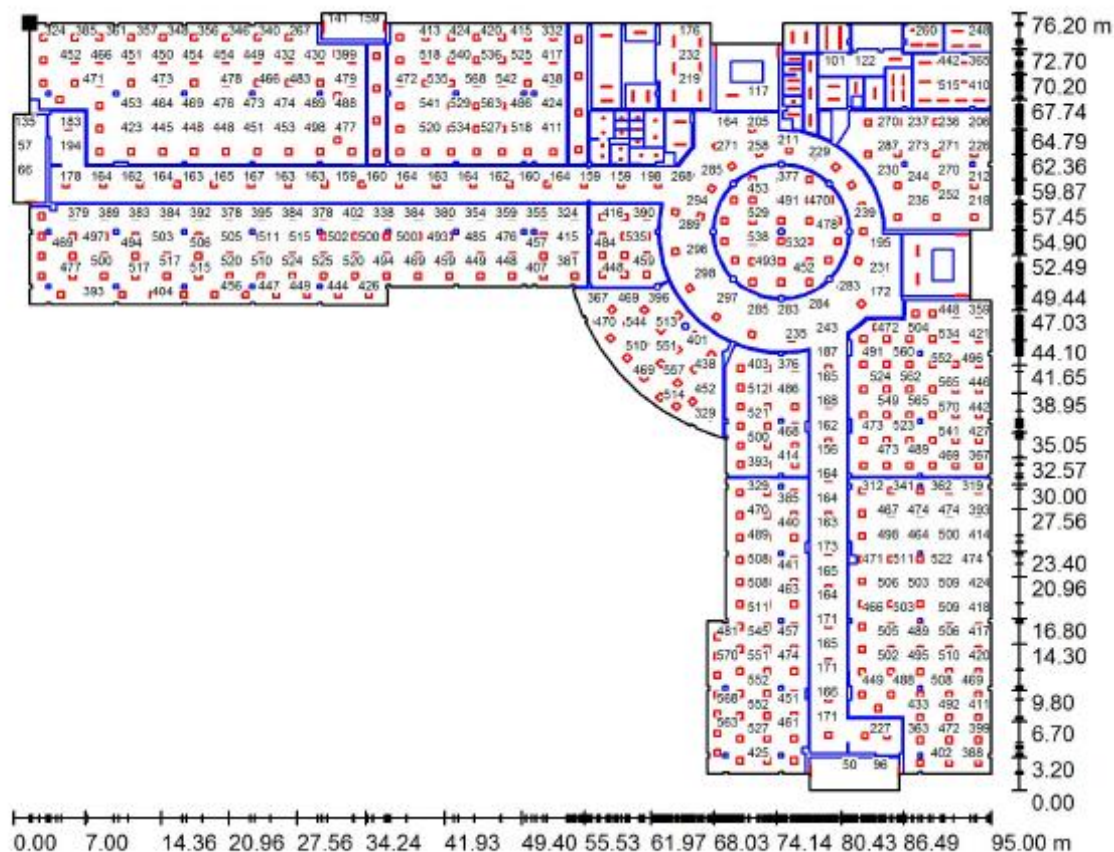
Расположение поверхности в помещении:
Выделенная точка:
(445.054 m, 368.258 m, 0.800 m)



Растр: 128 x 128 Точки

E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
347	21	583	0.060	0.036

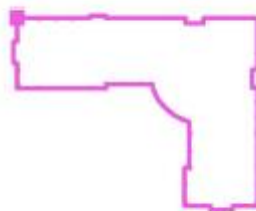
Рисунок 8 – Освещенность и схема расстановки светильников первого этажа



Значения в Lux, Масштаб 1 : 680

Не все расчетные данные могут быть представлены.

Расположение поверхности в помещении:
Выделенная точка:
(445.054 м, 252.536 м, 0.800 м)

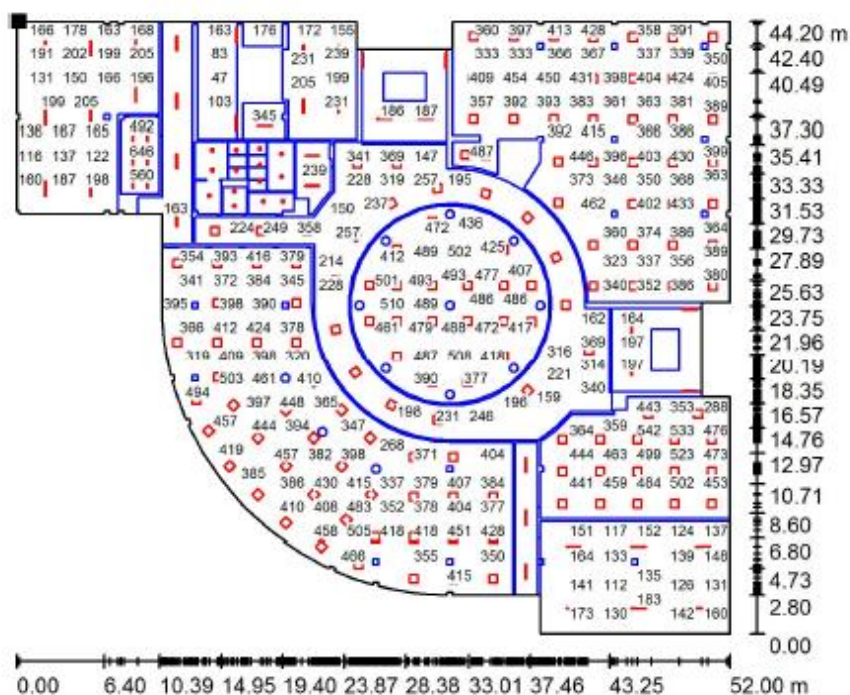


Растр: 128 x 128 Точки

E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
343	15	598	0.043	0.025

Рисунок 9 – Освещенность и схема расстановки светильников второго этажа

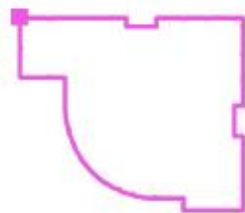
Светильники, которые предназначены для освещения при эвакуации входят в состав общей системы освещения и имеют обозначение, которое отличает их от рабочего освещения. Эвакуационное освещение входных помещений управляется щитом управления эвакуационного освещения в помещении охраны. Данное освещение располагается в вестибюле, коридорах, зале приема пищи, офисно-административных помещениях.



Значения в Lux, Масштаб 1 : 500

Не все расчетные данные могут быть представлены.

Расположение поверхности в помещении:
Выделенная точка:
(486.654 m, 133.879 m, 0.800 m)



Растр: 128 x 128 Точки

E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{cp}}$	$E_{\text{min}} / E_{\text{max}}$
300	26	653	0.087	0.040

Рисунок 10 – Освещенность и схема расстановки светильников третьего этажа

В сооружении все помещения отнесены в основном к помещениям с нормальной средой, за исключением технических и технологических помещений, где применены светильники с IP54 (IP65). Напряжение ремонтного освещения – 12В, остальных видов освещения- 380/220В, с напряжением на лампах 220В. Присутствуют следующие виды освещения здания:

– рабочее освещение;

- аварийное освещение (эвакуационное и освещение безопасности);
- охранное (дежурное) освещение. В помещениях электрощитовой, ИТП, на постах охраны, выполнено освещение безопасности. Эвакуационное освещение установлено в проходных помещениях, коридорах, вестибюлях, с/у МГН, на лестницах, служащих для эвакуации людей, в административных помещениях, где могут одновременно находиться более 100 человек. Светильники аварийного освещения (эвакуационного и освещения безопасности) выбраны из числа светильников рабочего освещения и помечены знаком «А».

Для охранного (дежурного) освещения вестибюлей и коридоров использованы светильники аварийного освещения. Световые указатели «ВЫХОД» укомплектовываются встроенными автономными источниками питания, рассчитанным на автономную работу не менее 1 часа. Для освещения входов, номерных знаков и указателей пожарных гидрантов и кранов применены специальные светильники, присоединенные к сети аварийного освещения.

Управление рабочим освещением административных и бытовых помещений, обеденного зала, осуществлено от выключателей, расположенных непосредственно у входов в помещения. Выключатели устанавливаются на высоте 1м от пола. Управление аварийным освещением с/у МГН, выполняется от выключателей, расположенных непосредственно у входов в помещения. Выключатели устанавливаются на высоте 1м от пола.

Светильники, установленные на высоте 5 м и менее от пола (принимается высота до низа светильников), обслуживаются со стремянок, приставных лестниц и тому подобных технических средств.

Осветительные групповые щитки установлены в местах, удобных для обслуживания, с учетом равномерного распределения нагрузок по группам.

Групповые осветительные сети выполняются кабелем ППГнг(А)-HF и ППГнг(А)-FRHF (для аварийного освещения).

Нормируемые значения освещенности и типы светильников приняты в соответствии технологическому назначению помещений, характеристике окружающей среды, категоричности по ПУЭ. Расчетные величины освещенности приняты по [8].

Таблица 5 – Показатели освещения основных помещений торгового центра

Наименование помещения	Разряд и подразряд зрительных работ	Освещенность, лк
Кабинеты и рабочие комнаты, офисы	Б-1	300
Торговые зоны	Б-2	200
Санитарно-бытовые помещения: умывальные, уборные, с/у	Ж-1	75
Лестничные клетки	В-2	100
Лифтовые холлы	Ж-1	75
Коридоры и проходы	Ж-1	75
Подсобные помещения	Ж-1	75
Электрощитовая	VIIб	200
Загрузочные, кладовые	VIIб	75
Доготовочная	Б-2	200
Цех овощной, мясной	Б-2	200
Раздаточные, моечные кухонной и столовой посуды помещения для резки хлеба	Б-2	200
Обеденный зал	Б-2	200
Технические помещения	VIIб	75

1.6 Выводы по разделу

1) Рассмотрена система электроснабжения торгового центра, нагрузки электроприемников объекта и их тип.

2) Проведен анализ освещения объекта, нагрузок, затрачиваемых на освещение торгового центра, освещенность помещений общественного здания, соответствие его нормам освещенности.

3) Составлен график потребляемой мощности электроприемниками здания, проведен анализ электропотребления. Наибольшую нагрузку

потребляют внутреннее и наружное освещение, вентиляционные системы, а также системы кондиционирования и холодильные установки.

2 Анализ мероприятий для эффективного потребления энергоресурсов торгового центра

2.1 Повышение энергоэффективности общественных зданий

Показатели, которые крайне тесно связаны с энергоэффективностью какого-либо объекта, это потери энергоресурсов на отопление, вентиляцию, а также потери на водоснабжение. Поэтому процесс повышения энергетической эффективности общественных зданий, а также других объектов и сооружений включает в себя использование различных мер и комплексов решений на стадиях проектирования, строительства, реконструкции или же при ремонте объектов, а также на стадиях эксплуатации.

Исходя из практики, около 40% энергии тепла в зимний период растрачивается на нагрев воздуха вне здания. Из данного количества тепла около 40% расходуется на стены, 20% расходуется на проемы окон и дверей, 20% растрачивается на кровлю, а последние 20% на подвальные помещения и вентиляционные системы. Для того, чтобы снизить эти потери энергии предпринимаются нижеприведенные меры по увеличению энергетической эффективности:

- 1) В зданиях и сооружениях:
 - Монтаж окон с использованием энергосберегающих стеклопакетов (тройное остекление, теплопоглощающее и теплоотражающее остекление). Мероприятие помогает повысить теплозащитные свойства оконных блоков; [3]
 - Использование долговечной теплоизоляции, которая сохраняет свои характеристики в течение долгого времени службы (применение экономически целесообразного сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций). Мероприятие необходимо для

уменьшения тепловых потерь сооружения за счет увеличения сопротивления теплопередачи;

- Монтаж входных дверей с использованием теплоизоляции;
- Использование доводчиков, которые не допускают оставлять двери в открытом состоянии;
- «Устройство вентилирования наружных стен, окон, устройство застекленных лоджий, устройства воздушных завес» [9]. Данное мероприятие необходимо для уменьшения воздухопроницаемости, в следствие увеличения сопротивления теплопередачи.

2) В системах отопления, вентиляционных системах и кондиционирования воздуха:

- Периодический режим работы системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха; [3]

- Применение теплонасосных установок [10];

«В режиме работы системы отопления в течение суток наблюдаются три характерных промежутка времени [9]:

- основной рабочий режим, когда в помещении поддерживаются заданные параметры температуры и влажности;
- дежурный режим, когда после основного режима система отопления переводится на режим поддержания пониженной температуры в помещении;
- режим форсированного нагрева помещения, в течение которого система отопления переводится на возможно быстрый разогрев помещения после охлаждения» [3].

В помещениях зданий может наблюдаться недельный цикл, при котором в выходные и праздничные дни в течение дня может поддерживаться пониженная температура в помещении. Для поддержания температурного режима применяется водяное отопление, выполняющее роль поддержки минимального уровня температуры. Но из-за некоторого снижения

температуры снижается также и температура ограждений. Это приводит к тому, что нагрев ограждающих конструкций и внутреннего воздуха на начальном этапе нового рабочего дня требует большего времени и использования дополнительной отопительной мощности. Длительность и интенсивность нагрева здания зависят от следующего:

- термическое сопротивление ограждающих конструкций, которые влияют на снижение уровня температуры в выходные и праздничные дни;
- тепловая активность ограждений к тепловоздействию;
- скорость тепловой отдачи от источника системы отопления к воздуху внутри помещений и от последнего до поверхности конструкций здания;
- температурный напор и перепад (наружного воздуха).

Наиболее оптимальный режим эксплуатации – комбинированная система отопления, которая представляет собой комбинацию воздушного и водяного отопления. Воздушное отопление работает в связке с приточной вентиляцией и в режиме усиленного нагрева используется в режиме полной воздушной рециркуляции.

Система периодического отопления может управляться автоматизированными системами для поддержания необходимой температуры. Применяются датчики температуры воздуха внутри помещений, которые поддерживают температуру в заданном диапазоне. По сигналу система будет включаться в дополнительный режим. Экономия энергии зависит от того, насколько будет продолжителен период охлаждения.

Помимо периодического режима, может применяться отопление теплотой рециркуляционного воздуха, вращающихся регенеративных утилизаторов теплоты, системами воздушного отопления. Последние используют в жилых, общественных, а также промышленных зданиях и сооружениях, где вентиляция совмещена с отопительной функцией. Для

нагрева воздуха применяются калориферы. Теплообмен осуществляется следующими способами:

- нагретый воздух проходит по воздуховодам и через решетки поступает в помещения
- нагретый воздух подогревает помещения, проходя через стенки по каналам. Охлажденный воздух проходит обратно в калорифер для последующего повторного нагрева или же происходит частичное стравливание воздуха, когда температура воздуха достаточно высокая.

К преимуществам систем воздушного отопления относятся:

- Равномерное распределение температуры в помещении;
- Очистка и увлажнение воздуха;
- Отопительные приборы отсутствуют.

К недостаткам систем относятся:

- Габариты воздуховодов больше, чем у труб водяного и парового отопления;
- Меньший радиус действия, повышенные потери при плохой теплоизоляции воздуховодов.

Чтобы снизить энергозатраты на нагрев наружного воздуха, используются регенеративные теплообменники (рисунок 11), которые утилизируют тепло вытяжного воздуха. В системах отопления воздухом сокращение потерь происходит благодаря отсутствию радиаторных ниш – это участки наружных ограждений, которые присутствуют при использовании водяного и парового отопления. Энергетическое сбережение при использовании воздушного отопления достигают также и благодаря автоматизированию систем при небольшой тепловой емкости воздуха.

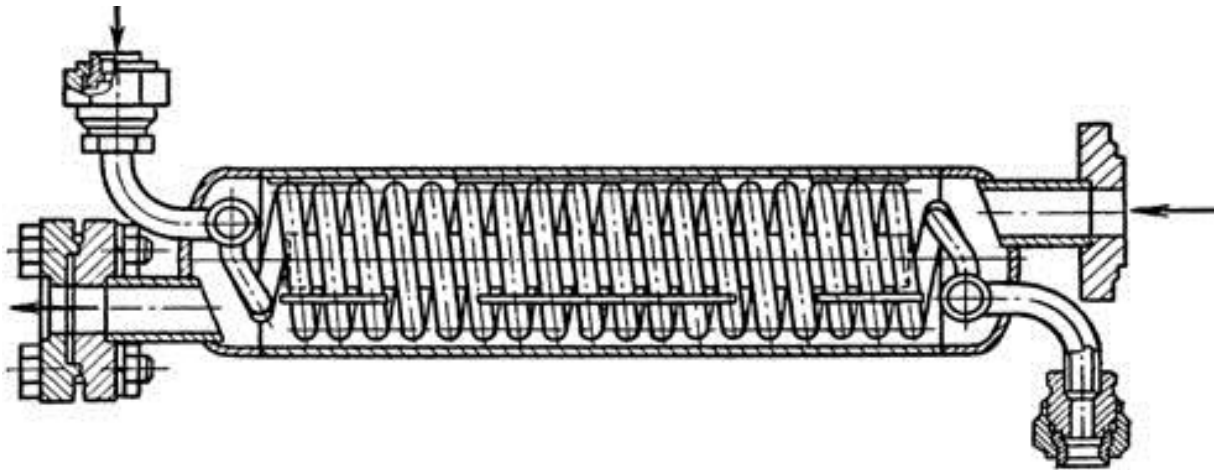


Рисунок 11 – Регенеративный теплообменник

Периодический режим работы системы вентиляции и кондиционирования воздуха используют для поддержания стабильного уровня температуры, влажности, состава воздуха. Такой режим эффективен в помещениях большого объема, а именно в общественных зданиях, где происходит смена численности людей.

Также энергоэффективность обеспечивается изменением расхода воздуха необходимых параметров, оказывает свой вклад использование сложных и дорогих воздухораспределителей, систем автоматизации, регулирование работы вентилятора. Альтернативный способ – периодическое вентилирование, которое работает при определенном состоянии воздуха. Для поддержания тепла на часто используемых входах, вблизи открытых проемов, больших ворот общественных зданий и сооружений применяют тепловые завесы с тамбурами или без них.

Установка воздушных завес на входе, в местах открытых проемов общественных зданий и сооружений при часто открывающихся дверях или с большими по размеру воротами (рисунок 12) помогает снизить потери тепла и затраты на обогрев воздуха.

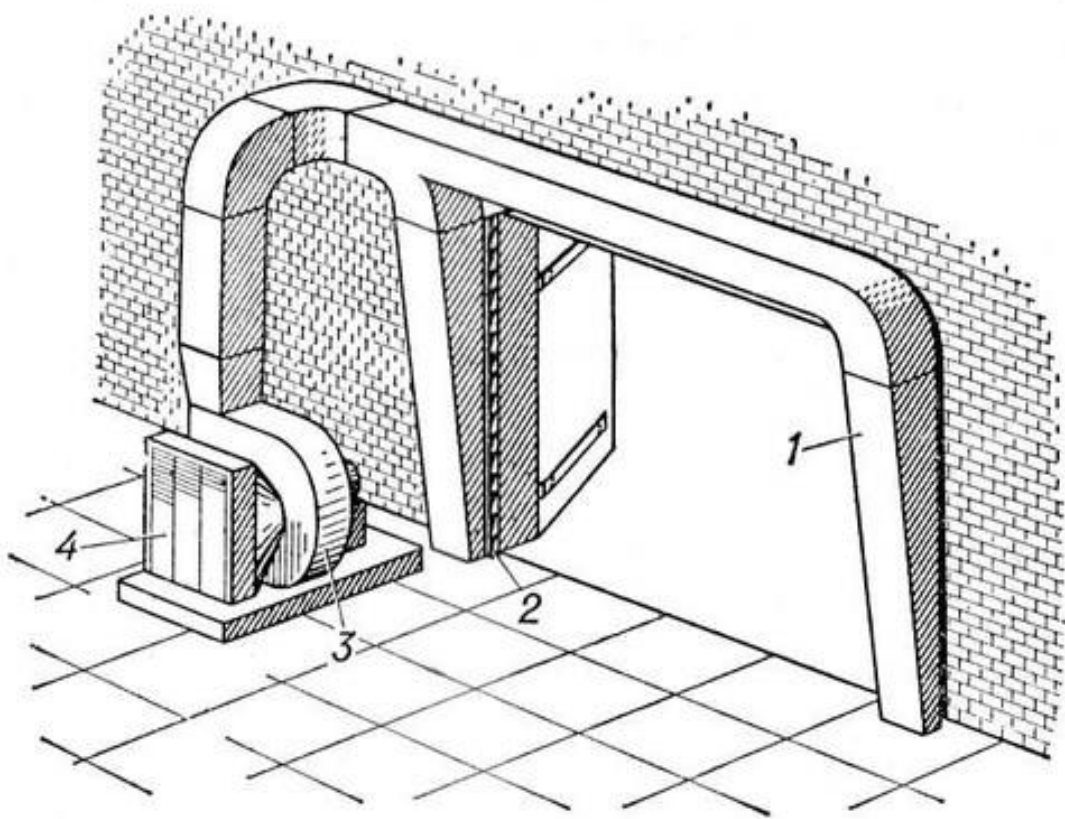


Рисунок 12 – Двусторонняя боковая воздушная завеса

1 – воздуховод; 2 – воздуховыпускная щель; 3 – вентилятор с электродвигателем; 4 – калорифер

Помимо всех этих мероприятий применяется в практике ещё огромное множество действий по энергосбережению, каждое из которых вносит свой полезный вклад.

2.2 Энергосбережение в системе отопления здания

Для обеспечения комфортной жизнедеятельности человека необходимо поддерживать температурный режим, при котором организм не испытывает охлаждения, либо перегрев. Данный вопрос наиболее актуален в холодное время года.

Тепловой режим может быть как постоянным, так и переменным в зависимости от назначения зданий.

Постоянный тепловой режим поддерживается круглые сутки в течение отопительного периода согласно нормируемым требованиям.

Уравнивание тепловых поступлений и потерь называют тепловым балансом помещений. При превышении тепловых потерь над внутренними тепловыделениями необходимо отопление, в обратном случае (обычно это производственные помещения) отопление не нужно, а при теплоизбытке применить специальные меры.

В нашем случае тепlopоступления происходят за счет тепловыделений людей, теплопроводов, технологического оборудования, светильников и электрооборудования.

Системы теплоснабжения по способу подачи воды классифицируются на закрытые/открытые, двухтрубные/четырехтрубные и другие [11].

В системах закрытого типа (рисунок 13) вода из теплосети не забирается, а применяется только в качестве теплоносителя в теплообменниках вода-вода для подогрева холодной воды, которая поступает в систему ГВС. Основные преимущества закрытых систем теплоснабжения: постоянное качество горячей воды и легкость контроля плотности системы. Главными недостатками закрытых систем являются: сложность оборудования и эксплуатации вводов потребителя ГВС; коррозия, накипь и шлам в трубопроводах ГВС.

В системах теплоснабжения открытого типа (рисунок 14) вода отбирается напрямую из теплосети и подается в систему ГВС. В котельной установке в данном случае должны быть предусмотрены дополнительные элементы: аккумулирующий бак для запасания воды при пиковом потреблении, перекачивающие насосы и другое. Основными преимуществами открытых систем являются: простота и дешевизна вводов потребителя ГВС, длительный срок службы; возможность применения

однотрубной линии. К недостаткам относят: сложность устройства и дороговизна оборудования водоподготовки и устройств подпитки; нестабильность воды, которая поступает на ГВС; сложность контроля утечки и герметичности.

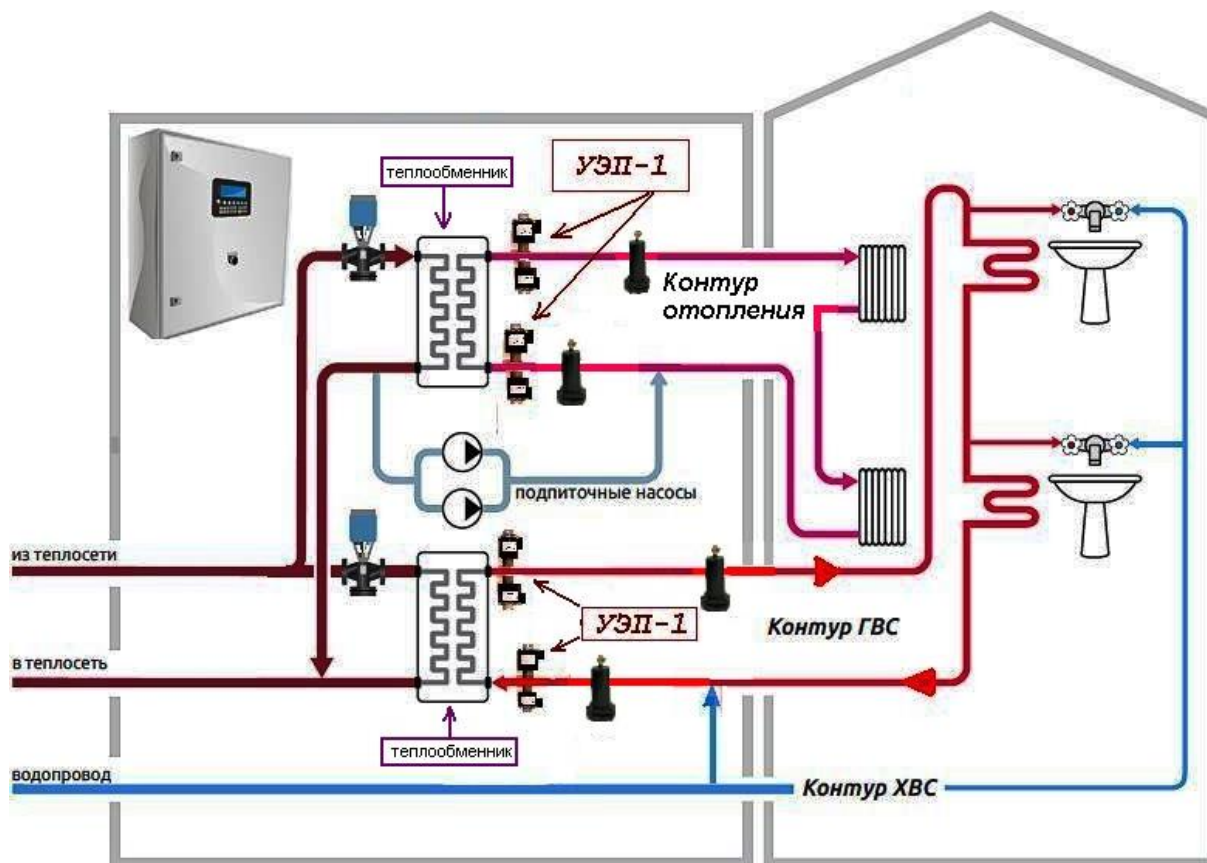


Рисунок 13 – Закрытая система отопления

В двухтрубных системах используется общий трубопровод подачи горячей воды (для отопления, вентиляционных систем и ГВС) и обратный. Данные системы используются чаще всего при тепловых нагрузках 58МВт и выше, четырехтрубные же используются при менее 58МВт. Также последние используются при маленьком радиусе расположения потребителей. В котельной используются две водонагревательные установки, где первая используется для подогрева отопительной воды и для систем вентиляции, а вторая для системы ГВС.

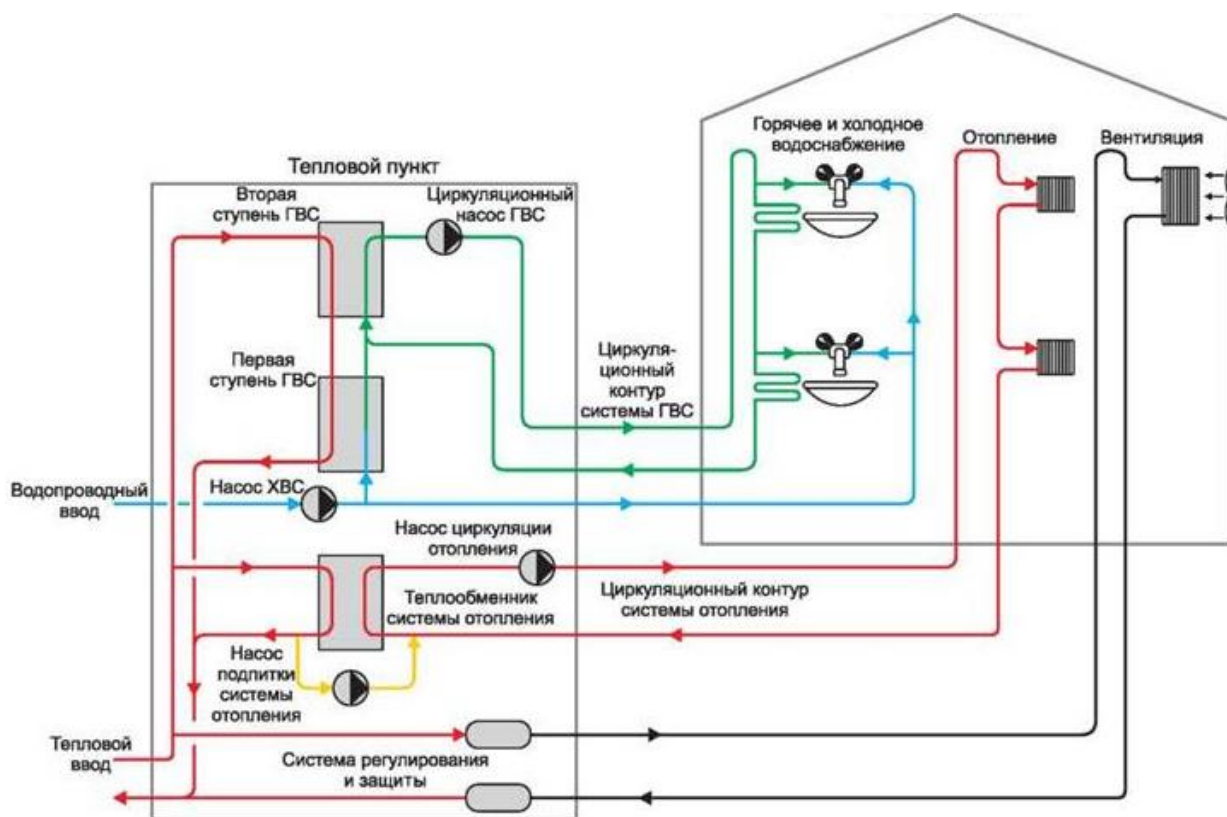


Рисунок 14 – Открытая система отопления

Потребители тепловой энергии имеют возможность подключения к теплосетям через центральные теплопункты (ЦТП) или индивидуальные теплопункты (ИТП), где готовится и подается горячая вода нужных параметров.

Отопительные системы присоединяют к теплосети по одной из нижеперечисленных схем:

- Независимая, где, нагрев теплоносителя производится в теплообменнике;
- Зависимая, где горячая вода подается из теплосети;
- Подключение через элеватор, который выполняет смешивание подаваемой воды и воды, поступающей из обратного трубопровода;
- Использование подмешивающего насоса.

Тепловые нагрузки регулируются с помощью:

- Изменение температурного режима в подающем трубопроводе;

- Изменение расхода воды;
- Изменение температуры и расхода воды.

Для корректировки регулирования в теплосетях проводят дополнительное местное регулирование на ЦТП, тепловых пунктах зданий, также местное, индивидуальное управление на отдельных приборах.

Потребители теплоты по надежности теплоснабжения подразделяются на первую, вторую и третью категорию. «Первая категория - потребители, не допускающие перерывов в подаче расчетного количества теплоты и снижения температуры воздуха в помещениях ниже предусмотренных ГОСТ 30494. Например, больницы, родильные дома, детские дошкольные учреждения с круглосуточным пребыванием детей, картинные галереи, химические и специальные производства, шахты и т.п.

Вторая категория - потребители, допускающие снижение температуры в отапливаемых помещениях на период ликвидации аварии, но не более 54 ч:

жилые и общественные здания до 12 °С;

промышленные здания до 8 °С.

Третья категория - остальные потребители» [12].

Проводя организацию системы отопления, необходимо обращать внимание на тип разводки труб.

Разводка может быть вертикальной, либо горизонтальной. В случае вертикальной разводки основная труба проходит в подвале, к которой подсоединены много вертикальных труб меньших диаметров, проходящих через квартиры. Данная разводка является более упрощенной и дешевой по сравнению с горизонтальной. Последняя может быть однотрубной, либо двухтрубной.

На рисунке 15 подающая магистраль проложена на чердаке, либо под потолком последнего этажа, а теплоноситель проходит последовательно по вертикальным стоякам к приборам. Главное преимущество схемы – низкие затраты на трубы. К недостаткам же можно отнести то, что невозможно

отключить отдельные нагревательные приборы, их перерасход, отсутствует возможность регулировки.

При однотрубной разводке вода проходит по одному контуру через радиаторы здания. В двухтрубной системе присутствует два стояка: из одного вода приходит в радиатор, в другой – уходит (рисунок 16). Данные системы используются тогда, когда важно обеспечить естественную циркуляцию теплоносителя.

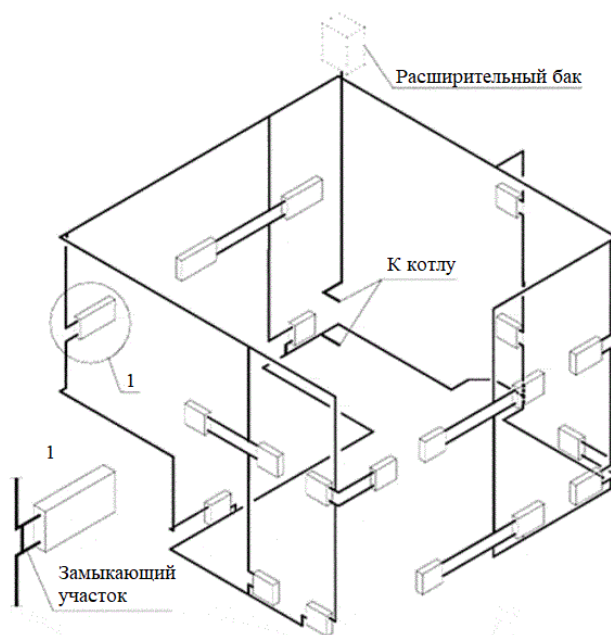


Рисунок 15 – Однотрубная вертикальная система отопления. Разводка верхняя

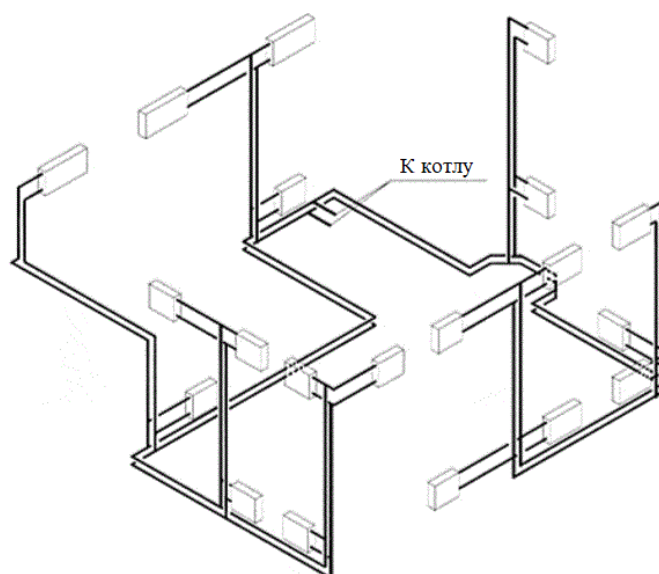


Рисунок 16 – Двухтрубная вертикальная система отопления. Разводка нижняя

В системе, представленной на рисунке 16, подающая и обратная магистрали прокладываются в полу, либо над полом нижнего этажа, тепло проходит независимо во все радиаторы. К преимуществам системы такого типа относится регулировка системы, избирательность в отключении отдельных нагревательных приборов, поэтажное подключение системы в процессе строительства здания, отсутствуют стояки на верхнем этаже, подающая магистраль и, помимо этого, сниженный расход тепла приборами отопления. Основными недостатками является то, что происходит увеличение протяженности трубопроводов в сравнении с однотрубной системой, а также отсутствие возможности в установке квартирных тепловых счетчиков, хотя и устанавливают общедомовые, что для потребителя является более выгодным по изначальным затратам.

Горизонтальные однотрубные системы (рисунок 17) применяются в редких случаях, в связи с областью их применения. Используются чаще всего для отопления крупных помещений.

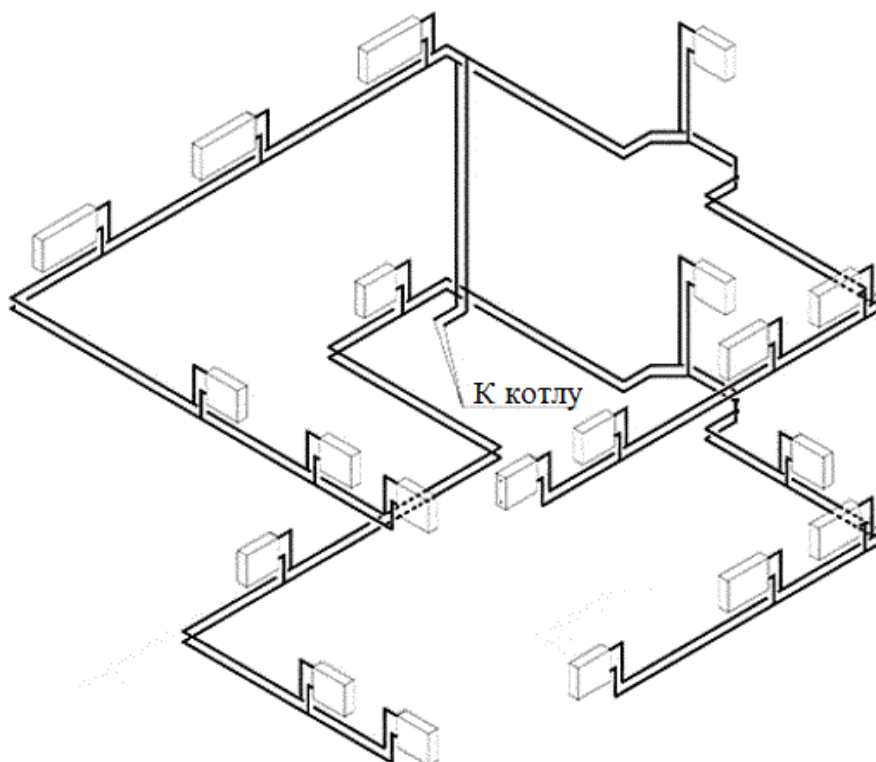


Рисунок 17 – Двухтрубная горизонтальная система отопления

В торговых центрах чаще всего проектируются системы центрального водяного отопления, а схема используется представленная на рисунке 17 с нижней разводкой магистральных трубопроводов. «На отопительных приборах монтируются автоматические терморегуляторы» [13].

В настоящее время теплоснабжение с использованием тепловых насосов является рациональным средством электрификации, которое приводит к экономии топлива. Теплонасосные установки широко распространены за рубежом. Подразделяются на следующие типы тепловых насосов: газовые, струйные, сорбционные, термоэлектрические, компрессионные. Что касается принципа взаимодействия рабочих тел, то подразделяются на две основные группы: открытого цикла (теплоноситель отбирается и отдается в теплосеть) и замкнутого цикла (теплоноситель протекает по замкнутому контуру). Тепловые насосы относительно холодильных машин работают при высоких рабочих температурах. Особо выгодно применять их при выработке теплоты и холода. Чаще всего это применяется в промышленном, сельскохозяйственном производстве.

2.3 Автоматизация системы управления отоплением

В автоматизированные системы отопления включены: местное управление параметрами теплоносителя в тепловом пункте; индивидуальное регулирование подачи теплоты; автоподдержание режима в трубопроводных сетях.

Индивидуальное регулирование дает следующие возможности:

- Корректировка температуры в подающем трубопроводе, используя данные о температуре воздуха на улице;
- Корректировка температуры в обратном трубопроводе, исходя из температуры подающего трубопровода;

- Ограничение подачи теплоэнергии исходя из эксплуатационных особенностей здания;
- Поддержка конкретной температуры в ГВС;
- Поддержка гидравлического режима системы отопления;
- Защита от разморозки системы;

2.4 Освещение. Автоматические системы управления

На практике часто применяются мероприятия по энергосбережению, которые относятся к освещению. «В зависимости от сферы деятельности и применения освещения, оно составляет более 35% потребления электроэнергии в зданиях» [14]. Поэтому необходимо использовать энергосберегающие светодиодные светильники. Тем более, сумма расходов на закупку данных типов светильников в последние годы снижается. Поэтому их замена окупится в течение небольшого промежутка времени и будет экономить средства на использование электроэнергии на освещение.

Следует также рассматривать мероприятия по автоматизации и управлению зданием согласно ГОСТ Р 54862-2011:

«Системы автоматизации и управления здания обеспечивают эффективное управление системами отопления, вентиляции, охлаждения, горячего водоснабжения и освещения и др., позволяют повысить энергетическую и операционную эффективность систем. В целях энергосбережения работа служб здания и программное обеспечение систем должны предусматриваться так, чтобы осуществлять управление зданием с учетом реальных потребностей пользователей, исключая или уменьшая неоправданные затраты энергии» [15].

«Техническое управление зданием предоставляет информацию об эксплуатации, техническом обслуживании, работе отдельных служб и всей системы управления зданием, главным образом в целях оценки

энергопотребления (различные измерения, анализ и хранение полученных данных), а также осуществляет своевременное диагностирование необоснованных затрат энергии. Оценка энергопотребления предъявляет требования к документообороту и процессу контроля и используется для разработки текущих и предупредительных корректирующих действий для повышения энергетической эффективности зданий» [13].

Поэтому расход электроэнергии необходимо снизить путем установки систем автоматического управления освещением. Обеспечение лучших условий эксплуатации, а также высокого уровня заботы о потребителях, происходит за счет адаптивных алгоритмов, использующих естественный свет. Контроль и сбор информации о дневном освещении проводит датчик. В зависимости от уровня дневного освещения изменяется уровень создаваемого искусственного освещения в помещении.

Это помогает не только снизить затраты на искусственное освещение, но и сделать освещенность в помещении наиболее комфортной для пользователя. Исходя из этого система решает задачи управления естественным и искусственным освещением.

Помимо снижения затрат на энергию, также значительно снижаются траты на техническое обслуживание, так как рабочие параметры (условия неисправности, часы работы и потребления энергии для каждого светильника) доступны централизованно.

Помимо контроля освещения, комплексные системы управления зданием могут решать ряд других задач: климат-контроль, управление системой безопасности здания, локальное управление, визуализация, центральное управление, удалённый доступ, учет расходов на энергоресурсы.

Система в большинстве случаев включает:

- Режим температуры, подобранный индивидуально к каждому помещению;

- Управление приборами отопления и теплоснабжения (радиаторы, теплый пол);
- Управление вентиляционными системами, кондиционированием, фанкойлами (температура, влажность приточного воздуха, скорость потока);
- Контроль открытых окон.

Что касается управления системой безопасности, то подразделяется она на следующие подсистемы:

- Охранная сигнализация;
- Пожарная сигнализация;
- Контроль доступа в здание, в офисные помещения;
- Оповещение и контроль утечек и протечек воды и газа;
- Видеонаблюдение.

В данный момент существует множество стандартов, протоколов для реализации управления системами. Каждая система имеет свои преимущества и недостатки, поэтому выделим основные критерии оценки систем: открытость, централизованность, физический и функциональный уровень.

Рассмотрим системы, применяемые в интеллектуальных зданиях. Для управления различными инженерно-техническими системами используются протоколы общего назначения (LON, BACnet, KNX) и специализированные (DALI, Modbus, EnOcean).

Протокол LON чаще всего применяется для автоматизации в таких областях как: железнодорожные комплексы, метрополитен, нефтегазовая промышленность, городское освещение и так далее, имеет высокую стоимость.

Таблица 6 – Преимущества и недостатки протоколов

Протокол	Преимущества	Недостатки
BACnet	Возможность объединения работы ранее не совмещаемых систем	Отсутствие базового ПО для настройки системы, каждый производитель разрабатывает свое ПО для настройки, что приводит к тому, что оборудование может быть несовместимым
EnOcean	Надежная беспроводная передача данных, энергоэффективность Генерация энергии (пьезогенераторы), большинство устройств не требующих питания, пожаробезопасность	Малое количество устройств, затрудненная пусконаладка
DALI	Простая модификация, диммирование, гибкое использование искусственного света, комфорт освещения (сцены, модификация и добавление устройств управления), отчет о неисправностях, надежность протокола, совместимость с большинством протоколов	Скорость переключения (диммирования), распространен в основном только в системах освещения поскольку является узкоспециализированной
KNX	Открытость, совместимость, безопасность (децентрализованный), экономичный, гибкий, широкий выбор компонентов, надежный	Используется в профессиональных системах автоматизации, является дорогостоящей системой

2.5 Энергосбережение в системах кондиционирования и вентиляции

В современной практике существует множество способов для увеличения эффективности холодильных установок, уменьшения их потребления ресурсов и отвода тепла. Многие из этих способов часто используются в крупных холодильных установках, часть же из них – редко. Приведем ниже список основных способов:

Использование высокоэффективного компрессора (с плавным регулированием производительности), теплообменников, хладагента;

Проведение оптимизации параметров цикла для определенных условий использования для уменьшения энергопотребления;

Сжатие с экономайзером, каскадный цикл, ступенчатое охлаждение, регенеративные теплообменники, дополнительные переохладители жидкого хладагента, схема насосов подачи жидкого хладагента, прямое охлаждение без хладоносителя-посредника, электронные терморегулирующие клапана, контроллеры, САУ, – необходимо для повышения эффективности работы холодильного оборудования.

Среди всех вышеперечисленных мероприятий, определенными мероприятиями можно добиться снижения энергопотребления до 50%, а в определенных ситуациях получается даже больше по сравнению с уже используемыми холодильными установками.

2.6 Тепловая защита здания

Количественные показатели расхода теплоты могут вычисляться разными способами:

- 1) с помощью укрупненных показателей;
- 2) используя поверхность нагрева отопительных приборов;
- 3) с помощью расчета тепловых потерь через ограждающие конструкции.

При проведении анализа теплоснабжения здания и сооружения необходимо также учитывать тепловыделение оборудования, осветительных систем и так далее, вносить корректировки в расчет отопительной нагрузки.

На практике, большое количество времени (30-70%) затрачивается на сбор, обработку и уточнение исходных данных. В связи с ростом объемов работ в настоящее время, связанных с проведением энергоаудитов, наиболее оптимальным средством для сокращения времени обследования являются программные комплексы, поскольку они могут хранить исходные данные и

расчеты нескольких объектов, а также проводить обработку, используя нормативно-правовые документы и методики различных видов.

2.6.1 Теплоизоляция вентиляционных систем

Расчет теплоизоляции воздуховодов будем проводить приближенно согласно методике [16].

Форма воздуховодов круглая, материал покровного слоя металл, воздуховоды располагаются в помещении. Прокладка идет с помещения вентиляционной камеры третьего этажа, где установлены компрессорно-конденсаторные блоки, которые осуществляют охлаждение воздуха в летнее время. Также возможно их периодическое использование в зимнее и предзимнее время года. Поскольку основное время использования будет летнее, а поток воздуха будет холоднее относительно температуры помещения, то необходимо производить расчет толщины теплоизоляции по методике с исключением образования конденсата на поверхности воздуховодов.

Воспользуемся следующей формулой для расчета цилиндрической поверхности:

$$\ln B = 2\pi\lambda_{\text{из}}R_{\text{н}}^L \frac{t_{\text{п}}-t_{\text{в}}}{t_{\text{н}}-t_{\text{п}}} \quad (2.1)$$

где $R_{\text{н}}^L$ – нормируемое линейное термическое сопротивление цилиндрической стенки, $\text{м}\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;

$\lambda_{\text{из}}$ –коэффициент теплопроводности материала изоляции, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$;

$t_{\text{п}}$ –температура поверхности изоляции, $^{\circ}\text{C}$. (Влажность воздуха 80% согласно [17], поэтому $t_{\text{п}} = 25-3,8 = 21,2$ $^{\circ}\text{C}$);

$t_{\text{в}}$ –температура среды внутри изолируемого объекта, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{н}}$ –температура окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$;

Проведем выбор теплоизоляционного материала.

Рассмотрим такой материал, как минеральная вата. Представляет собой волокнистый утеплитель, который получают из минерального сырья. Минеральная вата является высокопористой (95% объема занято воздушными пустотами), следовательно, она имеет высокий показатель тепловой изоляции.



Рисунок 18 – Классификация минеральной ваты

Минеральная вата имеет ряд достоинств такие как, негорючесть, гигроскопичность, гашение шума, морозостойкость, стабильность физических и химических характеристик, длительный срок эксплуатации. Из недостатков ваты – требует пароизоляционной и гидроизоляционной пленки при монтаже, при попадании влаги теряет теплоизолирующие свойства. Последнее является критичным, поскольку при «холодной» теплоизоляции происходит образование конденсата на поверхности воздуховода, что приводит к преждевременному износу.

Пеностекло из преимуществ имеет высокую прочность, водостойкость, несгораемость, морозостойкость, легкое при механической обработке, практически не ограниченный срок службы, но имеет недостаток – паронепроницаемость.

Пенополиуретан является одним из видов пластмасс. Представляет пенистую структуру с ячейками, также в составе присутствует газообразное вещество, которое составляет 85-90%. Газом наполнены множество маленьких ячеек, изолированных друг от друга. Оставшийся процент объема

имеет твердую часть – тонкие стенки этих ячеек. Данный материал отлично удерживает тепло, практически не пропускает пар и воду, не поддается коррозии, прочные, способны выдерживать большой перепад температуры, плохие погодные условия. Горючесть достаточно низкая, срок службы 30 лет.

В качестве изоляционного материала выберем пенополиуретан. Плотность равна 40 кг/м^3 . Получаем:

$$\ln B = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,03 \cdot 0,1 \frac{21,2 - 12}{25,9 - 21,2} = 0,037$$

Толщина изоляции:

$$\delta_{\text{из}} = \frac{d_{\text{н}}^{\text{ст}}(B-1)}{2} \quad (2.2)$$

$$\delta_{\text{из}} = \frac{350(1,04-1)}{2} = 7 \text{ мм}$$

Минимальная номенклатурная толщина утеплителя – 10 мм.

Рассчитаем линейную плотность теплового по формулам:

$$q_L = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot K}{R_{\text{вн}}^L + R_{\text{из}}^L + R_{\text{н}}^L} \quad (2.3)$$

Воздуховод и покрывающая утеплитель поверхность состоит из оцинкованной тонколистовой стали 0,5мм. Формула расчета линейного термического сопротивления цилиндрической поверхности:

$$R_L = \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_{\text{н}}}{d_{\text{вн}}} \quad (2.4)$$

Теплоизоляцию необходимо производить снаружи воздуховода (рисунок 19).

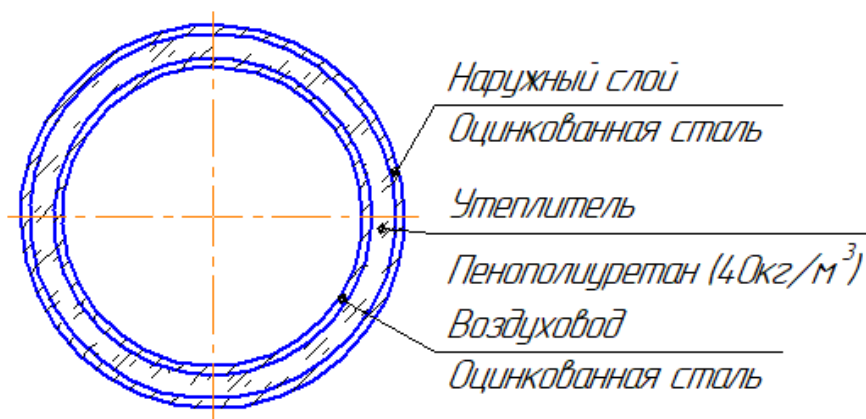


Рисунок 19 – Теплоизолированный воздуховод

2.6.2 Теплотехнический и теплофизический расчет ограждений

Теплотехнический расчет является необходимой составляющей для получения экономии использования энергоносителя. От данного расчета зависит микроклимат зданий, количества тепла, которое расходуется зданием в зимнее время года, температурный режим внутренней поверхности ограждающих конструкций, который должен гарантировать отсутствие образования конденсата на материалах, а также сохранять их долговечность [29].

Микроклимат обеспечивается благодаря правильному расчету толщины конструкции, а также за счет режима работы системы отопления, вентиляционных систем, систем кондиционирования [30].

Методика расчетов заключается в нахождении экономически выгодного сопротивления теплопередаче наружной ограждающей конструкции.

Далее мы будем проводить расчет многослойных конструкций, которые используются непосредственно в здании рассматриваемого объекта.

- 1) Теплотехнический расчет наружных стен вспомогательных и обслуживающих помещений

Занесем в таблицу 7 теплотехнические параметры каждого слоя, конструкции.

Таблица 7 – Теплотехнические параметры каждого слоя конструкции

№	Слой	δ , м	γ , кг/м ³	λ , Вт/(м °С)	μ , мг/(м ч Па)
1	профилированные оцинкованные стальные листы	0,001	2600	221	0
2	базальтовая минвата ТЕРМО БАРЬЕР ПЖ-120	0,15	130	0,041	0,58
3	профилированные оцинкованные стальные листы	0,001	2600	221	0

На рисунке 20 представим конструкцию стеновой панели.

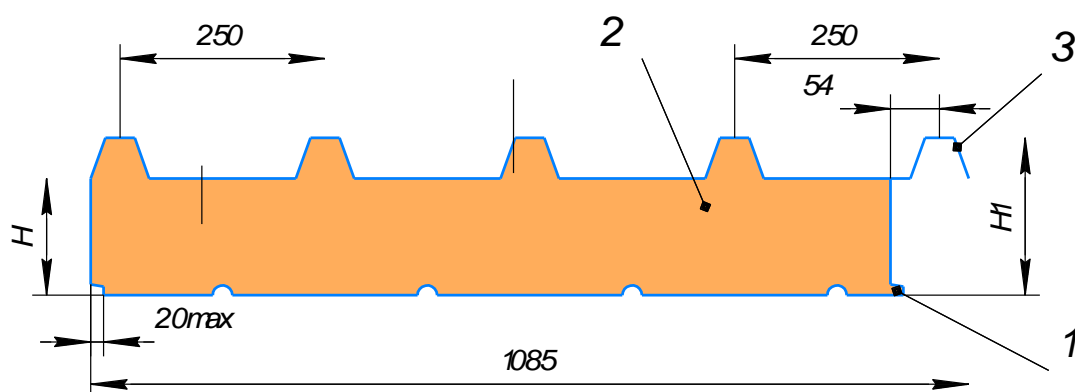


Рисунок 20 – Стеновая панель «ТЕРМОПАНЕЛЬ-МОНОЛИТ» ПКБ-150.

Параметры внутреннего воздуха основных вспомогательных и обслуживающих помещений, выходящих к наружным стенам: $t_{в} = 21 \text{ °С}$ и $\varphi_{в} = 55\%$.

$$G_{СОП} = (t_{в} - t_{оп}) \cdot Z_{оп} \quad (2.5)$$

$$G_{СОП} = (21 + 5,2) \cdot 201 = 5266,2$$

Определяем $R_0^{TP} = 2,78 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)/Вт}$ [18].

$$R_{0 \min}^{TP} = R_0^{TP} \cdot 0,63 = 2,78 \cdot 0,63 = 1,75 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)/Вт}.$$

Находим требуемое сопротивление теплопередаче [19]:

$$R_0^{тр} = \frac{n(t_B - t_H)}{\Delta t_H \cdot \alpha_B} \quad (2.6)$$

$$R_0^{тр} = \frac{1(21+28)}{4,5 \cdot 8,7} = 1,25 \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$$

В проекте здания заложены трехслойные стеновые бескаркасные «ТЕРМОПАНЕЛЬ-МОНОЛИТ» ПКБ-150 с обшивкой из тонколистовой стали с защитным полимерным покрытием и средним слоем (утеплителем) из минеральной тонковолокнистой ваты на основе базальтового волокна ТЕРМО-БАРЬЕР ПЖ-120 производства ОАО «ТЕРМОСТЕПС-МТЛ».

По результатам сертификационных испытаний приведенное сопротивление теплопередаче данной стеновой панели составило $R_0^ф = 2,8$ ($м^2 \cdot ^\circ C$)/Вт.

Согласно санитарно-гигиеническим нормам, данная стеновая панель соответствует комфортным условиям энергосбережения.

2) Теплотехнический расчет внутренних стен тамбуров без отопления

Занесем в таблицу 8 теплотехнические параметры каждого слоя, конструкции.

Таблица 8 – Теплотехнические параметры каждого слоя конструкции

№	Слой	δ , м	γ , кг/м ³	λ , Вт/(м °C)	μ , мг/(м ч Па)
1	известково-песчаный раствор	0,02	1600	0,7	0,12
2	силикатный кирпич	0,12	1800	0,76	0,11
3	ФАСАД БАТТС	0,05	145	0,045	0,3
4	цементно-песчаный раствор	0,02	1800	0,76	0,09

Находим требуемое сопротивление теплопередаче [19]:

$$R_0^{тр} = \frac{1(16 - 2)}{4,5 \cdot 8,7} = 0,358 \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$$

Определяем фактическое сопротивление теплопередаче

$$R_0^\phi = r \left(\frac{1}{\alpha_B} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \frac{1}{\alpha_H} \right) \quad (2.7)$$

Принимаем коэффициент теплотехнической однородности $r = 0,92$.

$$R_0^\phi = 0,92 \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,7} + \frac{0,12}{0,76} + \frac{0,05}{0,045} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{1}{23} \right) = 0,92 \cdot 1,482 = 1,364 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

На рисунке 21 представим схему ограждающих конструкций.

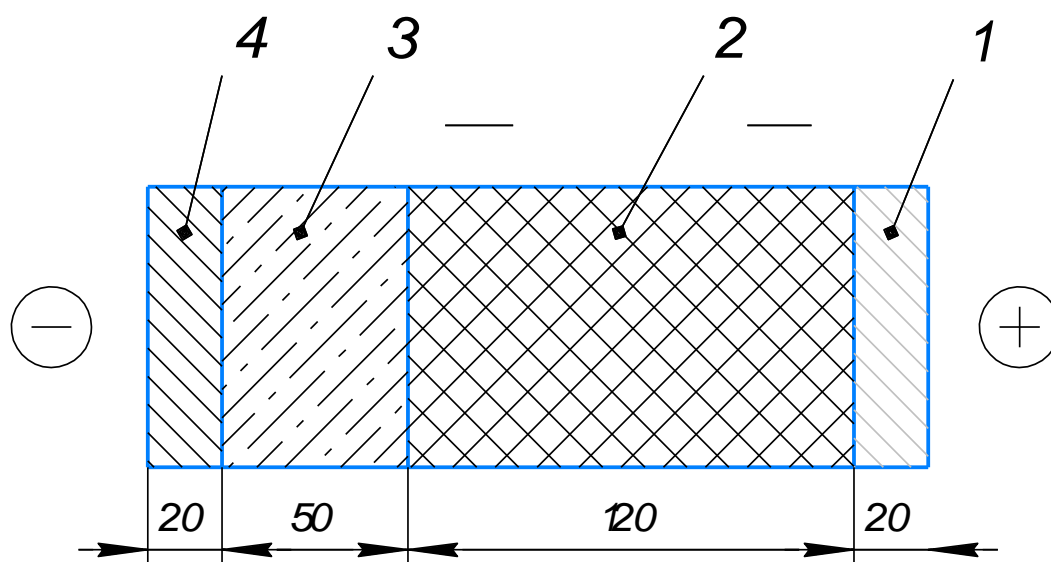


Рисунок 21 – Схема ограждающих конструкций стен тамбуров

Коэффициент теплопередачи внутренних стен:

$$k = \frac{1}{R_0^\phi} \quad (2.8)$$

$$k = \frac{1}{1,364} = 0,733 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

3) Теплофизический расчет покрытия вспомогательных и обслуживающих помещений

Таблица 9 – Теплотехнические параметры каждого слоя конструкции

№	Слой	δ , м	γ , кг/м ³	λ , Вт/(м °С)	μ , мг/(м ч Па)
1	ж/б плита перекрытия	0,22	2500	1,294	0,06
2	выравнивающая цементно-песчаная стяжка	0,01	1800	0,76	0,09
3	пароизоляция – 1 слой техноэласта ЭПП 4,0	0,004	1000	0,17	0,00013
4	РУФ БАТТС Н	0,13	110	0,042	0,32
5	гидроизоляция – 1 слой наплавляемого техноэласта ЭПП 4,0	0,004	1000	0,17	0,008
6	керамзитобетон по уклону	0,05	600	0,2	0,26
7	цементно-песчаная стяжка	0,2	1800	0,76	0,09
8	1 слой унифлекс П марки ЭПП	0,004	1000	0,17	0,008
9	1 слой унифлекс К марки ЭПП	0,005	1400	0,27	0,008

На рисунке 22 представим схему данной конструкции.

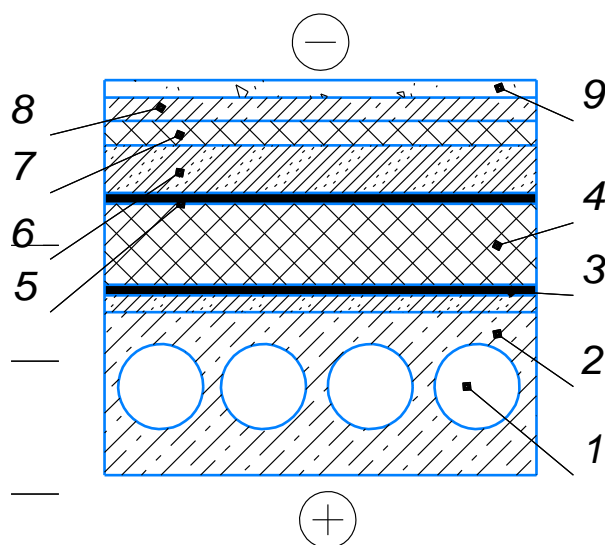


Рисунок 22 – Схема покрытия вспомогательных и обслуживающих помещений

Параметры внутреннего воздуха основных вспомогательных и обслуживающих помещений: $t_{в} = 21$ °С и $\varphi_{в} = 55\%$.

$$\Gamma_{\text{СОП}} = (21+5,2) \cdot 201 = 5266,2$$

Определяем $R_0^{\text{TP}} = 3,71 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ [18].

Определяем требуемую толщину утеплителя из условия $R_0 \geq R_0^{\text{TP}}$.

$$\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_9 + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} > R_0^{\text{TP}}$$

$$R_4 > 3,0 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}; \delta_4 \geq R_4 \cdot \lambda_4 = 3,0 \cdot 0,042 = 0,126 \text{ м}$$

Принимаем $(\delta_4)_{\text{ф}} = 0,13 \text{ м}$.

Определяем фактическое сопротивление теплопередаче по аналогии с 2.7:

$$R_0^{\text{ф}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R_1 + R_2 + R_3 + (R_4)_{\text{ф}} + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_9 + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}$$

Отсюда получаем $R_0^{\text{ф}} = 3,8 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$.

Коэффициент теплопередачи покрытия по 2.8:

$$k = \frac{1}{3,8} = 0,263 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

Проведем расчет влажностного режима покрытия.

Определяем сопротивление паропроницанию [18]:

$$R_{\text{н0}} = \sum_{i=1}^n R_{\text{ni}}; n = 10; R_{\text{ni}} = \frac{\delta_i}{\mu_i}$$

Согласно методу расчета влажностного режима ограждающих конструкций [18], определяем значения безразмерных переменных X_i и Y_i на границах слоев покрытия по следующим формулам:

$$X_i = \frac{\sum R_x}{R_0}; Y_i = \frac{\sum_{i=1}^m R_{ni}}{R_{n0}}$$

Сопровитления и безразмерные переменные заносим в таблицу 10.

Таблица 10 – Сопровитления и безразмерные переменные

№ п/п	Ri, (м2·°C)/Вт	Rni, м2чПа/мг	Xi	Yi
1	0,17	3,67	0,0749	0,0991
2	0,01	0,11	0,0784	0,1021
3	0,02	30,77	0,0846	0,9339
4	3,10	0,41	0,8986	0,9449
5	0,02	0,50	0,9048	0,9584
6	0,25	0,19	0,9706	0,9636
7	0,03	0,22	0,9775	0,9696
8	0,02	0,50	0,9837	0,9831
9	0,02	0,63	0,9886	1,0000

Результаты расчета влажностного режима ограждения приведены на рисунке 23.

Кривая Y_n построена для значений: температуры внутреннего воздуха $t_{int} = 21^\circ\text{C}$ и относительной влажности $\varphi = 55\%$. Параметры наружного воздуха приняты средними для наиболее холодного месяца ($t_{ext}^1 = -11,7^\circ\text{C}$; $\varphi = 81\%$).

Пересечение графиков Y_i и Y_n не происходит, что указывает на отсутствие конденсации влаги в конструкции.

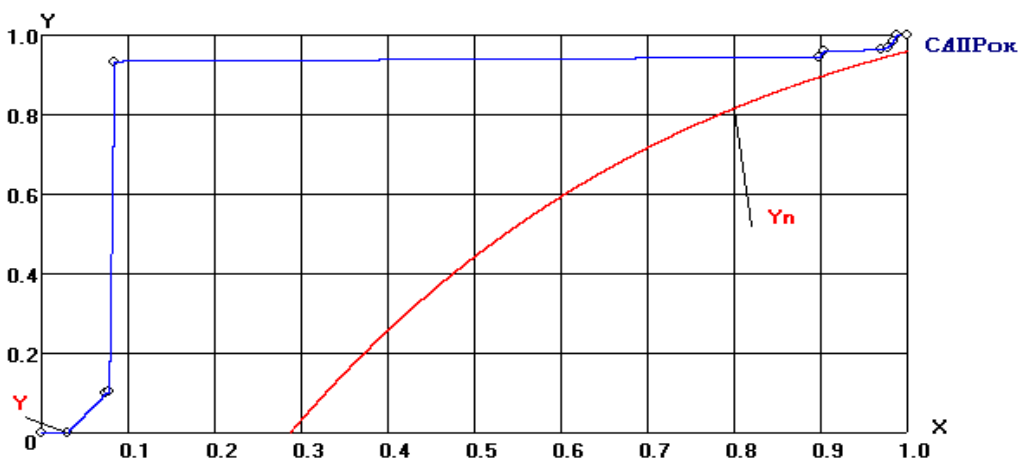


Рисунок 23 – Влажностный режим покрытия

4) Теплофизический расчет эксплуатируемого покрытия над тамбуром и вестибюлем вспомогательных и обслуживающих помещений

Таблица 11 – Эксплуатируемое покрытие над тамбуром и вестибюлем вспомогательных и обслуживающих помещений

№	Слой	δ , м	γ , кг/м ³	λ , Вт/(м °С)	μ , мг/(м ч Па)
1	ж/б плита перекрытия	0,22	2500	1,294	0,06
2	выравнивающая цементно-песчаная стяжка	0,01	1800	0,76	0,09
3	пароизоляция – 1 слой техноэласта ЭПП 4,0	0,004	1000	0,17	0,00013
4	РУФ БАТТС Н	0,12	110	0,042	0,32
5	гидроизоляция – 1 слой наплавляемого техноэласта ЭПП 4,0	0,004	1000	0,17	0,008
6	керамзитобетон по уклону	0,05	600	0,2	0,26
7	цементно-песчаная стяжка	0,02	1800	0,76	0,09
8	1 слой унифлекс П марки ЭПП	0,004	1000	0,17	0,008
9	цементно-песчаная стяжка	0,02	1800	0,76	0,09
10	керамогранитная плитка	0,008	2400	1,8	0,12

На рисунке 24 представим схему ограждающих конструкций.

Параметры внутреннего воздуха вестибюля вспомогательных и обслуживающих помещений: $t_v = 16^\circ\text{C}$ и $\phi_v = 55\%$.

$$\text{ГСОП} = (16+5,2) \cdot 201 = 4261,2$$

Определяем $R_0^{\text{TP}} = 3,33 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ [18].

Определяем требуемую толщину утеплителя из условия $R_0 \geq R_0^{\text{TP}}$ и получаем $R_4 > 2,611 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$. Отсюда получаем: $\delta_4 \geq R_4 \cdot \lambda_4 = 2,611 \cdot 0,042 = 0,11 \text{ м}$. Принимаем $(\delta_4)_\phi = 0,12 \text{ м}$.

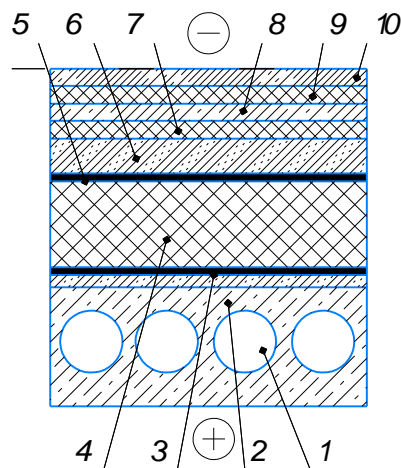


Рисунок 24 – Схема ограждающих конструкций покрытия над тамбуром и вестибюлем вспомогательных и обслуживающих помещений

Определяем фактическое сопротивление теплопередаче по аналогичной выше формуле $R_0^{\phi} = 3,576 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ и фактическое сопротивление теплопередаче $k = 0,28 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$.

По аналогичным формулам производим расчет влажностного режима покрытия и заносим сопротивления и безразмерные переменные в таблицу 12.

Таблица 12 – Сопротивления и безразмерные переменные

№ п/п	$R_i, \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$	$R_{ni}, \text{ м}^2 \cdot \text{чПа/мг}$	X_i	Y_i
1	0,17	3,67	0,0797	0,1001
2	0,01	0,11	0,0834	0,1031
3	0,02	30,77	0,0899	0,9433
4	2,86	0,38	0,8888	0,9535
5	0,02	0,50	0,8954	0,9671
6	0,25	0,19	0,9653	0,9724
7	0,03	0,22	0,9727	0,9785
8	0,02	0,50	0,9792	0,9921
9	0,03	0,22	0,9866	0,9982
10	0,00	0,07	0,9878	1,0000

Результаты расчета влажностного режима ограждения приведены на рисунке 25.

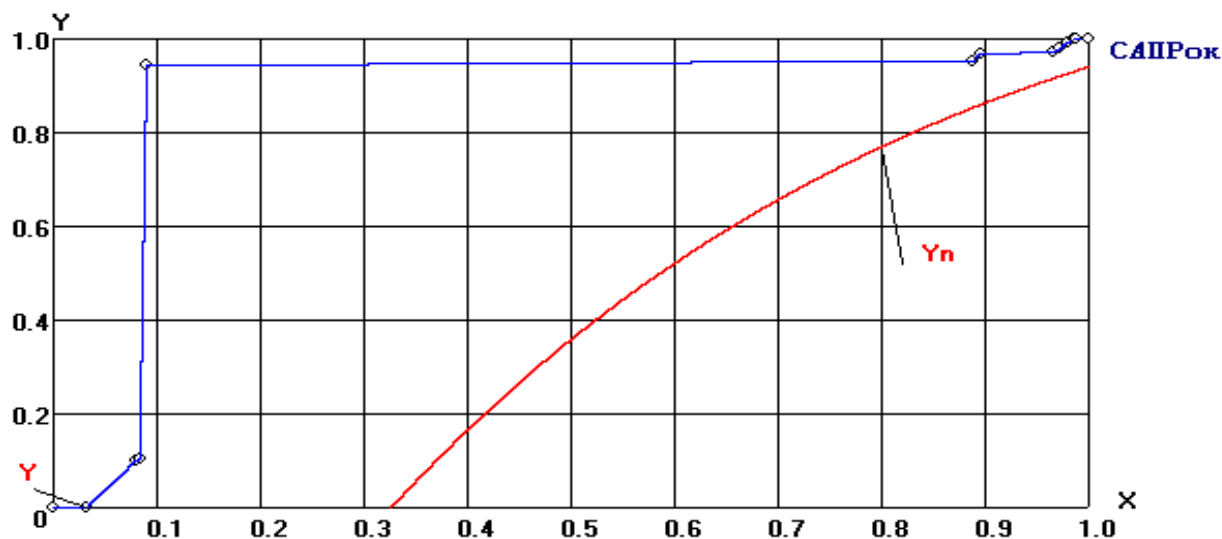


Рисунок 25 – Влажностный режим покрытия.

Кривая Y_n построена для значений: температуры внутреннего воздуха $t_{int} = 16^\circ\text{C}$ и относительной влажности $\varphi = 55\%$. Параметры наружного воздуха приняты средними для наиболее холодного месяца ($t_{ext}^1 = -11,7^\circ\text{C}$; $\varphi = 81\%$).

Пересечение графиков Y_i и Y_n не происходит (рисунок 25), что указывает на отсутствие конденсации влаги в конструкции.

5) Теплотехнический расчет перекрытий над тамбурами

Таблица 13 – Теплотехнические параметры каждого слоя конструкции

№	Слой	δ , м	γ , кг/м ³	λ , Вт/(м °С)	μ , мг/(м ч Па)
1	Гомогенное покрытие	0,005	1800	0,35	0,002
2	Цементно-песчаный раствор	0,02	1800	0,76	0,09
3	Керамзитобетон	0,025	800	0,23	0,19
4	Железобетонная плита	0,15	2500	1,92	0,03
5	РУФ БАТТС Н	0,05	110	0,042	0,32
6	Цементно-песчаный раствор	0,02	1800	0,76	0,09

На рисунке 26 представим схему ограждающих конструкций.

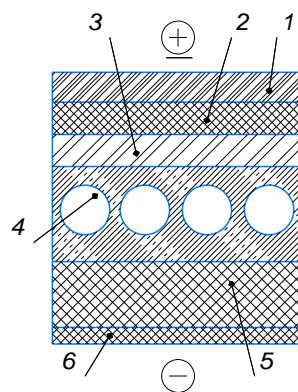


Рисунок 26 – Схема перекрытия над тамбурами

Определяем $R_0^{TP} = 0,786 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ [18].

Определяем требуемую толщину утеплителя из условия $R_0 \geq R_0^{TP}$ и получаем $R_5 > 0,307 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$. Отсюда получаем: $\delta_5 \geq R_5 \cdot \lambda_5 = 0,307 \cdot 0,042 = 0,013 \text{ м}$. Принимаем $(\delta_5)_\phi = 0,05 \text{ м}$.

Определяем фактическое сопротивление теплопередаче по аналогичной выше формуле $R_0^\phi = 1,591 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ и фактическое сопротивление теплопередаче $k = 0,417 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$.

2.7 Выводы по разделу

1) Проведен анализ мероприятий по снижению потерь теплоэнергии общественного здания.

2) Рассмотрен вопрос энергосбережения в системе отопления торгового центра, способы автоматизации и регулирования подачи тепловой энергии.

3) Проанализирован вопрос применения автоматическое управления освещения, различные протоколы, их применимость, преимущества и недостатки.

4) Рассмотрены способы энергосбережения в системах кондиционирования и вентиляции.

5) Произведен расчет тепловой защиты здания. Рассчитаны параметры ограждающих, а также теплоизолирующих конструкций.

3 Проведение технико-экономического расчета

3.1 Энергосбережение наружного освещения

Проведем расчет экономии электроэнергии на освещение при использовании светодиодных светильников. Расчетные данные занесены в таблицу 14.

Получаем экономию электроэнергии, которая составляет приблизительно 61кВт для внутреннего освещения при замене люминесцентных светильников на светодиодные светильники с аналогичным световым потоком, кривой силы света, а также массогабаритными показателями, которые необходимо также учитывать при монтаже. В процентах же, общая экономия на внутреннем освещении составляет 57% от общего потребления внутренним освещением.

Далее проведем расчет для наружного освещения здания. Количество светильников составляет 74шт. Марка установленных светильников РКУ16-250-002 «Лидер», мощность которых составляет 250 Вт. Заменяем на аналогичные светодиодные светильники марки GALAD Победа LED-100-ШБ2/К50 (рисунок 27) мощность 100 Вт. Экономия электроэнергии на наружном освещении составит 11,1 кВт, что составляет 60% от общего потребления электроэнергии наружными светильниками. Общая стоимость светильников почти 500 тысяч рублей. Окупаемость данных светильников составляет около года и трех месяцев. График светораспределения данного светильника представлен на рисунке 28.

Эти же светильники выполняют функцию фасадного освещения, поскольку данное освещение помогает выделить особенности архитектуры здания относительно других построек в округе. Данные светильники имеют степень защиты IP65.

Фасадное освещение устанавливается на высоте 9 метров от уровня земли. Управление осуществляется как в ручном режиме из помещения электрощитовой, так и в автоматическом режиме. Монтаж осуществлен на кронштейны.



Рисунок 27 – Внешний вид наружного светильника GALAD Победа LED-100-ШБ2/K50

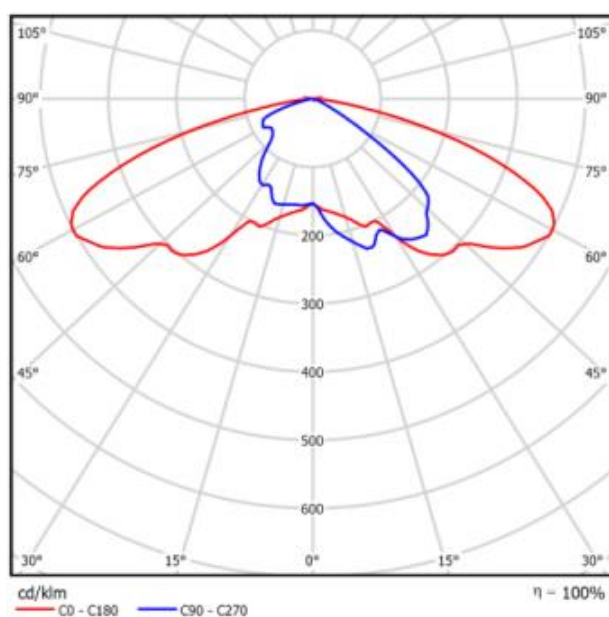


Рисунок 28 –Светораспределение (КСС) светильника GALAD Победа LED-100-ШБ2/K50


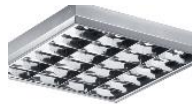






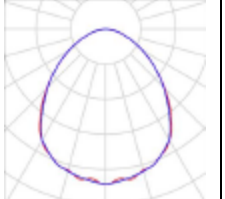
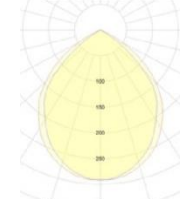
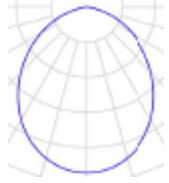
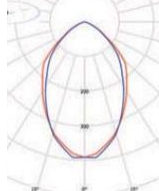
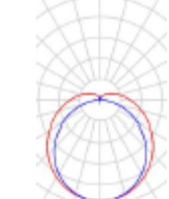
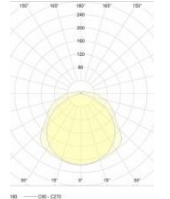
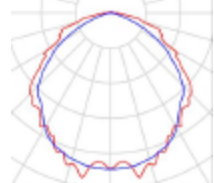
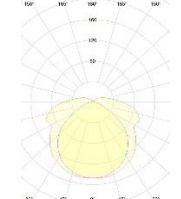
3.2 Повышение энергоэффективности внутреннего освещения

Для расчета экономии электроэнергии на внутреннее освещение общественного здания занесем в таблицу необходимые параметры. Результаты также занесем в таблицу 14.

Таблица 14 – Таблица расчета внутреннего освещения

Параметр	Аналог 1	Тип 1	Аналог 2	Тип 2	Аналог 3	Тип 3	Аналог 4	Тип 4
Маркировка	ASTZ-ДВО12-38-001 Prizma 840	ЛВО13-4X18 АСТРА	ASTZ-ДВО59-35-001 DLU840	TL10H-02 70 EL	ASTZ-ДПО52-40-101 Optimus 840	LTX 254 HF	ASTZ-ДСП52-32-102 Optima 840	ALS.PRS 236 HF
Световой поток, лм	4044	3000	3325	3021	4566	4450	3939	3250
Световая отдача, лм/Вт	106	80	95	90	120	61	122	52
Цветовая температура, К	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Коэффициент мощности	0,98	-	0,95	-	0,96	0,96	0,96	0,96
Масса, кг	3,2	3,1	0,87	1,9	1	2,9	1,1	3,4
Габариты, мм	L=595; B=595; H=40	L=595; B=595; H=93	D=228; H=64	D=240; H=145	L=1040; B=104; H=64	L=1050; B=210; H=75	L=1040; B=64; H=74	L=1270; B=190; H=95
Мощность светильника, Вт	34,8	80	35,0	70	38,0	108	32,2	72
Суммарная мощность, Вт	38488,8	88480	1645	3290	3116	8856	3220	7200

Продолжение таблицы 14

Количество, шт.	1106		47		82		100	
Общий вид								
Кривая силы света (КСС)								
Экономия, кВт	49,99		1,645		5,740		3,980	
Экономия, %	56,5		50		64,81		55,28	
Стоимость, тыс. руб	3964		239		280		314	
Окупаемость	2 года 3 мес		4 года		1 год 4 мес		2 года 2 мес	

3.3 Энергосбережение системы автоматического управления освещением

Наиболее оптимальным решением будет являться система управления освещением DALI, поскольку она специализируется именно на освещении, что является наиболее крупной сферой, в которой необходимо провести оптимизацию. Система управления освещением DALI может включать в себя все интерфейсы для общей коммуникационной работы системы здания. Данная характеристика позволяет создать общий пользовательский интерфейс: освещение, кондиционер, жалюзи, мультимедиа несмотря на то, что торговый центр имеет малое число офисных помещений. Датчики присутствия, сенсорные панели, модули ввода/вывода, лицензии на ПО могут одновременно и совместно использоваться всеми системами здания (рисунок 28).

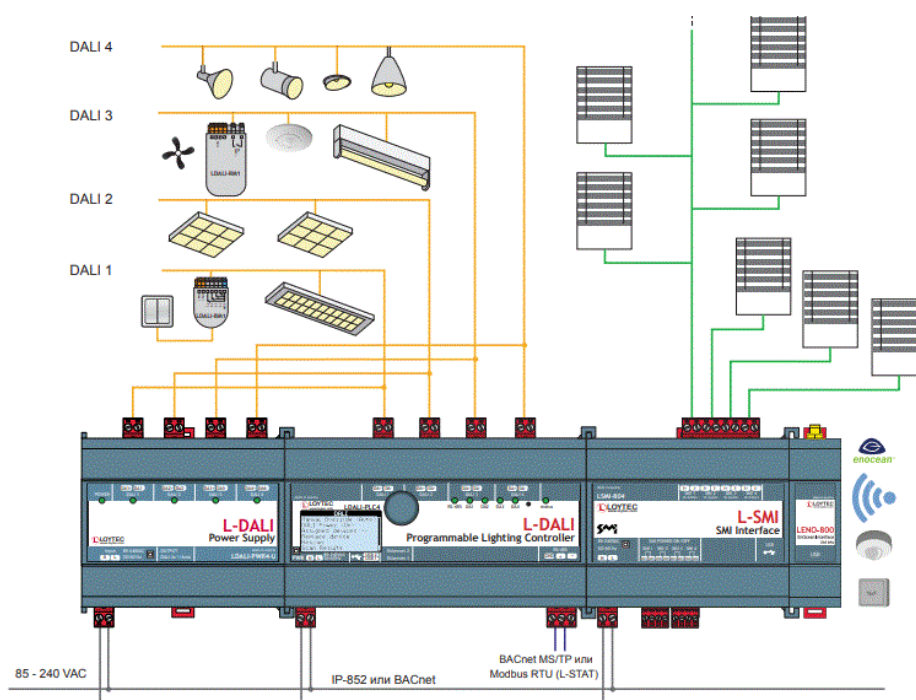


Рисунок 28 – Схема подключения контроллера, источника питания, интерфейса приводов

Протокол DALI конфигурируется под структуру Master-Slave. Slave-устройство – это источник света, а master-устройство – контроллер, датчик, выключатель, а также может быть другим устройством управления.

Также одним из плюсов является множество вариантов топологий (рисунок 29) в отличие, к примеру, от протокола DMX.

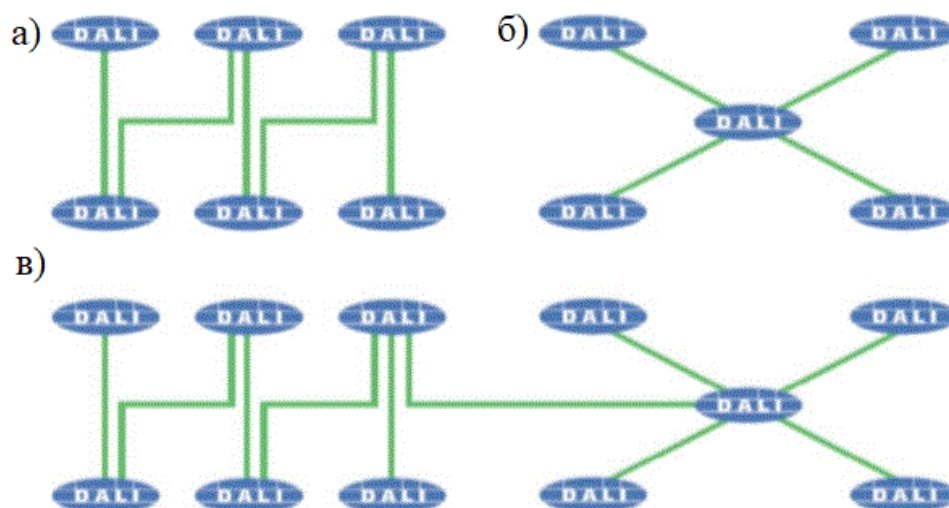


Рисунок 29 – Варианты топологий DALI

Например, нажимные клавишные выключатели, которые подключаются к модулю DALI, могут применяться и для управления другой системой (жалюзи), кнопки, подключенные к модулям Bacnet, LonMark (ввод/вывод), интегрируются в приложение освещения.

DALI является независимым от производителя стандартом для цифрового управления освещением, который поддерживается крупными и растущими мелкими производителями. Он имеет простую разводку и надежность.

«К шине DALI можно подключить датчики присутствия, движения, освещенности, диммеры и многое другое» [21].

Датчики движения по принципу действия подразделяются на самые различные типы. Сначала рассмотрим микроволновые датчики. Этот тип датчиков работает по принципу радиолокации. Принцип состоит в том, что

датчик генерирует электромагнитные волны, которые отражаются от объектов, а датчик реагирует на изменения в отраженных волнах. Ещё одним типом датчиков являются ультразвуковые датчики движения. Принцип действия их основан на использовании ультразвуковых волн. Датчик генерирует колебания, которые человек не слышит. УЗ колебания, как и в случае с микроволновыми датчиками, отражаются от объектов, а микрофон ультразвукового датчика улавливает отраженные волны. «Принцип действия вышеприведенных датчиков основан на эффекте Доплера (изменение частоты и, соответственно, длины волны излучения, воспринимаемой наблюдателем (приёмником), вследствие движения источника излучения и/или движения наблюдателя (приёмника))» [20].

Существуют также датчики движения, принцип работы которых основан на использовании температуры объекта. Для корректной работы датчика важно лишь то, чтобы температура контролируемой области датчика отличалась от температуры движущегося объекта, который имеет тепловое излучение. Сенсор PIR реагирует на тепловое излучение изменением своего электрического потенциала. Далее по заложенному алгоритму происходит сравнение температур.

Данная система управления освещением позволяет принести дополнительную экономию электроэнергии приблизительно в размере 15-30% теоретически, а окупаемость на практике данной системы является небольшой, около двух лет.

Ручное управление рабочим освещением зон торговли, вестибюлей, коридоров и других помещений должно осуществляться из помещения охраны. Управление аварийным освещением наружных входов, пожарных гидрантов и кранов, номерных знаков осуществляется в автоматическом режиме (включение освещения с наступлением темноты, отключение с наступлением рассвета) из помещения охраны с возможностью ручного управления. В помещениях, имеющих технологическое оборудование (электрощитовых, насосных, венткамерах и т.п.), предусматривается

установка ящиков с понижающим трансформатором 220/12В для подключения оборудования и переносных светильников на время ремонтных работ.

Помимо датчиков для управления освещением, датчики применяются в системах вентиляции и кондиционирования, системах безопасности. Также можно оптимизировать режим работы терморегулирующих клапанов, и даже работу термопотов для административно-офисных помещений (поддержание приемлемой температуры, только в рабочие часы).

Проведем расчет датчиков движения. Согласно таблице 14, общее потребление вновь установленных электроприемников будет составлять 46469,8 Вт. Датчики будут устанавливаться в санузлах, загрузочных, лестничных клетках и пролетах на трех этажах.

Таблица 15 – Расчет потребления и экономии светильниками с установленными датчиками движения

Маркировка светильника	1 этаж	2 этаж	3 этаж	n	P, Вт	P _Σ , Вт
ДПО52-40-101 Optimus 840	14	14	8	36	38	1368
ДСП52-32-102 Optima 840	12	12	0	24	32,2	772,8
ДВО59-35-001 DLU840	17	17	17	51	35	1785
						3925,8

Если брать в расчет то, что светильники будут работать в течении 6 часов из 12 часов, то за счет только датчиков движения получаем экономию в 5%. Эти же датчики покрывают всего лишь 10% освещаемых помещений и площади. Основной же процент составляет датчики присутствия и освещенности, так как самую большую площадь занимает зона торговли и зоны с большей проходимостью. Соответственно экономию в 15-30% вполне реально, так как зоны торговли составляют около 80% процентов площади здания.

Стоимость 1 кВтч на 2019 год составляет 4,17 руб. Ежемесячная экономия составляет 1413,36 кВтч энергии (3,926кВт·12ч·30дней) на датчиках движения. На датчиках освещенности и присутствия

приблизительно получаем ежемесячную экономию в 5650 кВтч. Суммарная экономия – 7063 кВтч. Экономия в денежном эквиваленте составляет 29453 руб. Суммарные затраты на закупку датчиков, оборудования, кабелей и монтажных работ составляют примерно около 600 тысяч рублей. Работы на монтаж оплачиваются отдельно. Примерная окупаемость составляет 21 месяц.

Далее приведем график экономии электрической энергии (рисунок 30).

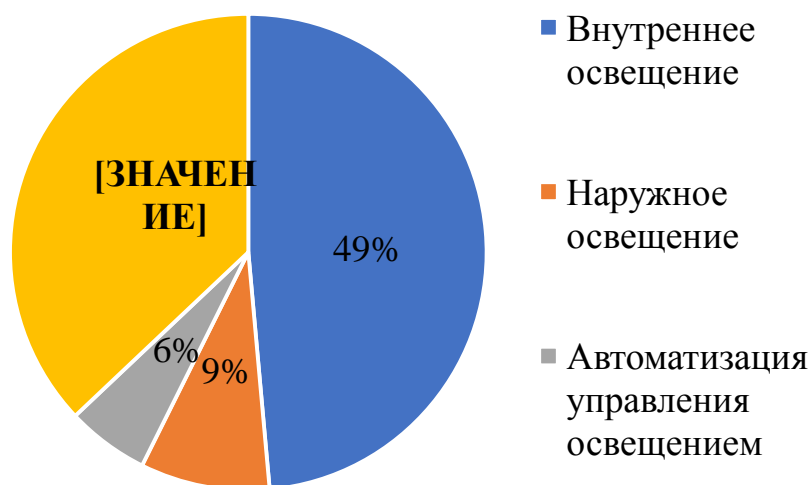


Рисунок 30 – Экономия электрической энергии при проведении энергосберегающих мероприятий в освещении здания

3.4 Теплосбережение при проведении тепловой защиты здания

Стоимость 1 Гкал (1163кВтч) тепловой энергии на 2019 год составляет 1500 руб. Площадь здания составляет 4200 м². Общая площадь поверхности здания составляет 11500 м². Объем – 45000 м³.

Проведем расчет теплотерь здания за отопительный период на отопление и вентиляцию здания [19]:

$$Q_{\text{общ}}^{\text{год}} = 0,024 \text{ГСОП} V_{\text{от}} q_{\text{от}}^{\text{р}} = 0,024 \cdot 5266,2 \cdot 45 \cdot 0,417 = 2371 \text{ МВтч/год}$$

Среднее сопротивление теплопередаче (фактическое) составляет 3 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт. До внедрения теплоизоляционных конструкций составляло 1,8 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт.

Денежная экономия составляет 1 млн. 530 тыс. рублей. Стоимость проведения теплоизоляционных работ на 1 м^2 составляет 350 рублей. Средняя стоимость проведения работ по утеплению ограждающих конструкций составляет 4 млн. 25 тыс. рублей. Стоимость теплоизоляционных работ по вентиляционным системам за 1 погонный метр составляет 900 рублей. Стоимость работ составляет около 300 тыс. рублей. Окупаемость теплоизоляционных работ на отопление и вентиляцию составляет 3 года.

Что касается использования тепловых насосов вода-вода, то они имеют окупаемость в среднем около четырех лет. В нашем случае, установка их затруднительна в следствие сложности проведения работ и особенностей расположения торгового центра. Мероприятия по установке тепловых насосов следует учитывать на начальных этапах проектирования зданий.

3.5 Экономия тепловой энергии при внедрении автоматизированной системы отопления

Для снижения потерь на отопление необходимо внедрить автоматизированный узел управления системой отопления (АУУСО), который является одной из разновидностей ИТП.

Принцип работы узла следующий. При повышении температуры тепловой сети выше требуемой, электронный регулятор дает сигнал на включение насоса, который начинает добавлять в систему охлажденный теплоноситель до нормализации температуры. Регулятор же ограничивает подачу сетевой воды.

Продолжительность отопительного периода – 201 день;

Число ночных часов – $201 \cdot 12 = 2412$ ч;

Температура помещений в рабочее время $t_{in} = 21$ °С, в нерабочее время $t_{in}' = 15$ °С;

Средняя температура наружного воздуха за период отопления $t_{ht} = -11,7$ °С.

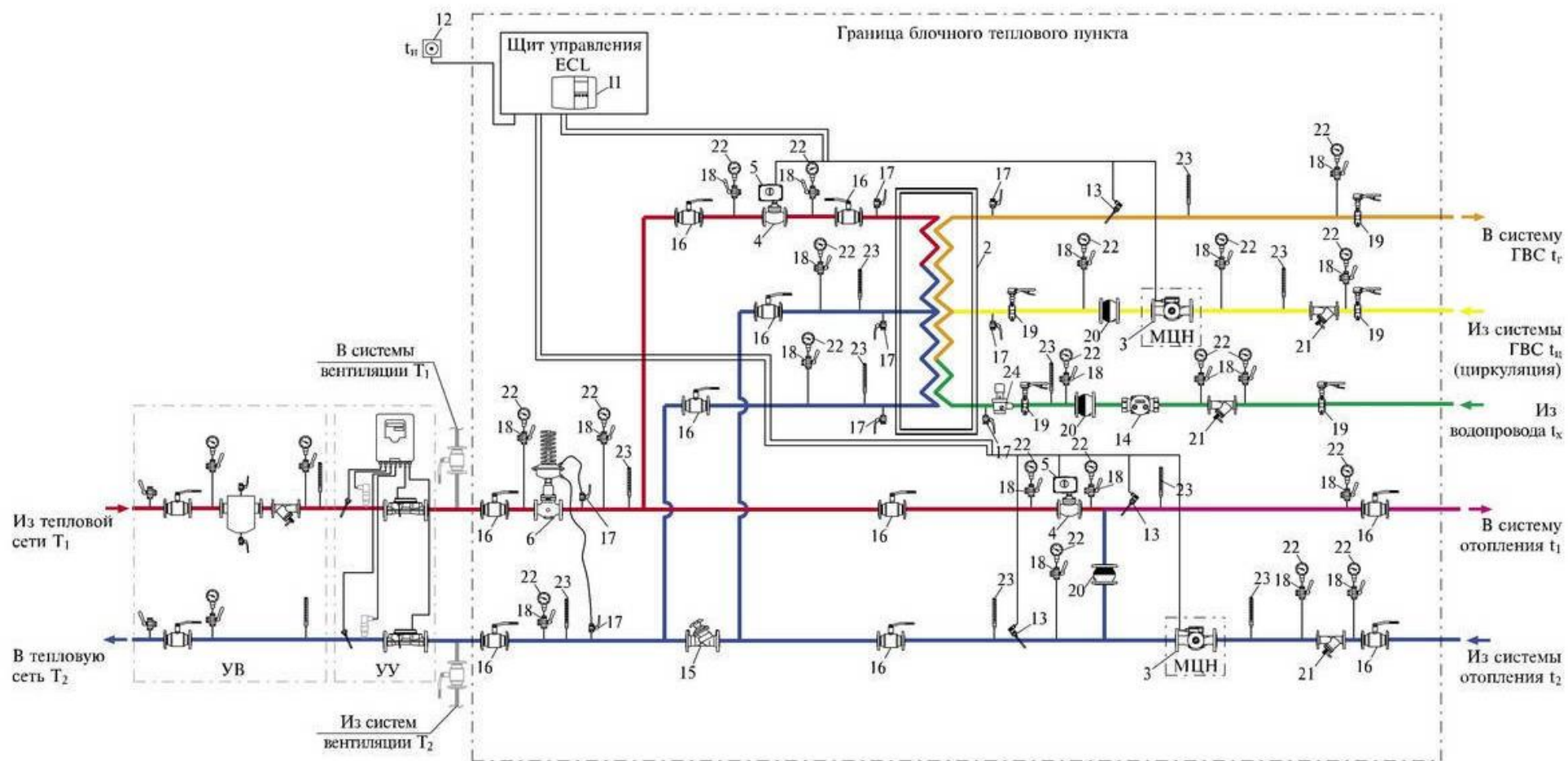


Рисунок 31 – Технологическая схема № 12а блочного теплового пункта для системы отопления при зависимом присоединении к тепловой сети и системы ГВС с двухступенчатым водоподогревателем на базе двухходового моноблочного теплообменника

Поскольку кроме температуры все параметры остаются неизменными, то применим следующую формулу:

$$Q_{\text{после}}^{\text{год}} = Q_{\text{до}}^{\text{год}} \frac{(t'_{in} - t_{ht})T' + (t_{in} - t_{ht})(T - T')}{(t_{in} - t_{ht})T} \quad (3.1)$$

$$Q_{\text{после}}^{\text{год}} = 2371 \cdot \frac{(15 + 5,2)12 + (21 + 5,2)12}{(21 + 5,2)24} = 2100 \text{ МВтч/год}$$

Исходя из расчета мы получаем, что, снижая температуру в ночное время, мы экономим 13% тепловой энергии. Экономия составляет 271 МВтч/год (233 Гкал/год). Экономия в денежном эквиваленте в год составляет 349500 тыс. рублей.

Коммерческое предложение по замене на блочный тепловой пункт (рисунок 31) на расчетную суммарную тепловую нагрузку 450 Мкал/ч (2525 МВтч за отопительный период) составляет 1,4 млн. рублей. Получаем, что окупаемость данного теплового пункта составит 4 года.

Далее приведем диаграмму, на которой представлена доля экономии тепловой энергии после внедрения мероприятий, направленных на теплосбережение (рисунок 32).

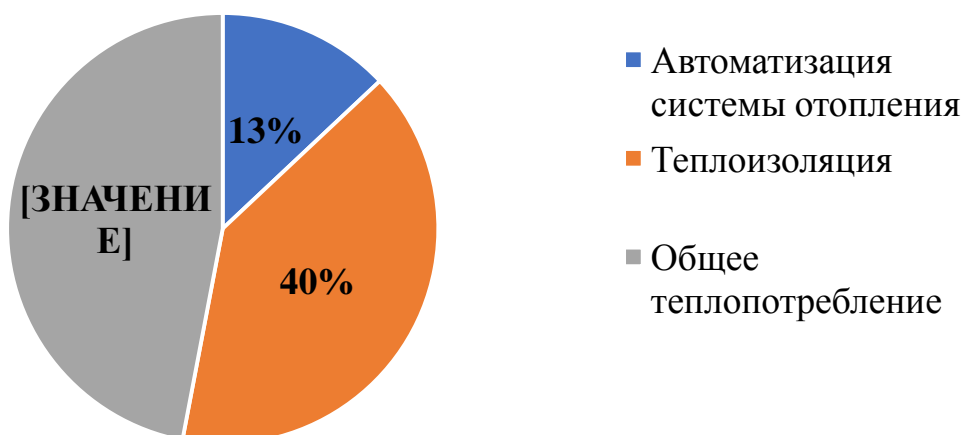


Рисунок 32 – Экономия тепловой энергии при проведении энергосберегающих мероприятий

3.6 Экономия в системах вентиляции и кондиционирования

Используя формулу 2.4, мы получаем, что изменение линейного термического сопротивления воздуховода составляет 30%. Если взять расчет то, что потребляемая электрическая мощность систем кондиционирования напрямую зависит от отдаваемой тепловой энергии, то получается, что есть возможность снижения холодопроизводительности оборудования для поддержания стабильного микроклимата здания. Потребляемая мощность системами кондиционирования составляет 50 кВт. В результате получаем экономию мощности в 15 кВт.

Используя данные предыдущих расчетов по экономии электроэнергии на внутреннем и наружном освещении, составим сводный график изменения расхода электроэнергии при внедрении энергосберегающих мероприятий (рисунок 33).

Ниже представим общий график полученной экономии электроэнергии.



Рисунок 33 – График изменения электрических нагрузок (кВт) при внедрении энергосберегающих мероприятий

3.7 Выводы по разделу

1) Проведены расчеты экономии электроэнергии наружного и внутреннего освещения, а также денежной экономии и сроки окупаемости мероприятий (замена люминесцентных светильников на светодиодные эквиваленты, а также использование системы автоматического управления освещением).

2) Проведены расчеты экономии теплоэнергии при проведении мероприятий по тепловой защите торгового центра.

3) Рассчитана экономия тепловой энергии при внедрении автоматизированной системы отопления торгового центра, окупаемость данного мероприятия.

4) Рассчитан экономический эффект, оказываемый на системы вентиляции и кондиционирования после проведения теплозащитных мероприятий.

Заключение

В ходе работы, мы выяснили, что основными путями энергосбережения являются: мотивация потребителя к рациональному расходу энергоносителя, благодаря использованию и внедрению актуальных норм, правил проектирования и эксплуатации здания, повышение энергетической эффективности зданий и сооружений; введение новейших решений и технологий. Комплексное проведение энергосберегающих мероприятий позволит получить наиболее крупную экономию, как в энергетическом эквиваленте, так и в экономическом, учитывая постоянно растущие цены на энергоносители. В следствие этого мы провели следующие энергосберегающие мероприятия:

1) Проведение анализа освещения здания. Применение умного освещения (датчики движения, освещенности, присутствия и др.) внутри здания. Проведен анализ существующих интеллектуальных систем управления освещением. Выбор протокола управления освещением DALI, в силу его распространённости и доступности. Ежемесячная экономия в денежном эквиваленте составляет 29 тысяч рублей. Суммарные затраты составляют примерно около 600 тысяч рублей. Работы на монтаж оплачиваются отдельно. Примерная окупаемость составляет 21 месяц.

2) Применение энергоэффективных источников света для внутреннего и наружного освещения. Замена люминесцентных светильников на светодиодные, проведен расчет экономии как в энергетическом, так и в денежном эквиваленте. Общая стоимость светильников наружного освещения 500 тысяч рублей. Окупаемость данных светильников составляет около года и трех месяцев. Расчеты экономики внутреннего освещения представлены в таблице 14.

3) Проведена экономия электроэнергии в области систем кондиционирования. Снижены потери при передаче теплоэнергии, что приводит к снижению производительности и потреблению электроэнергии.

Также проведены расчеты касаясь экономии тепловой энергии. Увеличив термическое сопротивление ограждающих конструкций, мы снизили теплотребление здания. Общая стоимость работ около 4,5 млн. рублей. Окупаемость составляет 3 года.

4) Применение автоматизированного теплового пункта привело к годовой экономии в денежном эквиваленте 349500 тыс. рублей. Стоимость затрат составляет 1,4 млн. рублей. Окупаемость данного теплового пункта составит 4 года.

Срок окупаемости, составляющий менее 5 лет, является благоприятным [21].

Научная новизна данной работы состоит в том, что в данной работе были применены современные методики по энергосбережению торгового центра, которые объединены и применены в одном объекте исследования.

Практическая значимость работы состоит в том, что при использовании данных мероприятий можно снизить денежные издержки на энергоресурсы общественных и административных зданий примерно на 20-30%.

Список используемых источников

1. Актуальность энергосбережения в РФ на современном этапе [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <http://www.energsovet.ru/stenergo.php?idd=13> (дата обращения: 14.10.2018).

2. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года [Электронный ресурс] // Министерство энергетики. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращение: 15.01.2019).

3. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей: учеб. пособие. СПб.: НИУ ИТМО, 2013. 274 с.

4. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 23.11.2009 №261 (ред. от 26.07.2019). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения 27.12.2019).

5. Правила устройства электроустановок [Электронный ресурс]: Справочно-правовая система КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98464/ (дата обращение: 15.01.2019).

6. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]: Справочная система Техэксперт. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035252> (дата обращение: 15.01.2019).

7. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный ресурс]: Справочная система Техэксперт. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращение: 15.01.2019).

8. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция [Электронный ресурс]: Строительные нормы и правила 23-05-95. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения: 27.12.2019).

9. Энергосбережение в зданиях и сооружениях [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <http://www.vce34.ru/attachments/Усадчий%20Д%20Г.pdf> (дата обращения: 14.10.2018).

10. В.М. Фокин Основы энергосбережения и энергоаудита. М.: «Издательство машиностроение-1», 2006. 256 с. Тольятти 2020

11. СП 347.1325800.2017 Внутренние системы отопления, горячего и холодного водоснабжения. Правила эксплуатации [Электронный ресурс]: Справочная система Техэксперт. URL: <http://docs.cntd.ru/document/557664066> (дата обращения: 27.12.2019).

12. СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция [Электронный ресурс]: Строительные нормы и правила 41-02-2003. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095545/> (дата обращения: 27.12.2019).

13. Отопление торгового центра [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <https://www.airfresh.ru/Otoplenie-torgovogo-tsentra.htm> (дата обращения: 01.11.2019).

14. Энергосберегающие светодиодные лампы [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <http://energoberejenie.org/stati/energoberegayushchie-svetodiодные-lampy> (дата обращения: 14.10.2018).

15. Энергоэффективность зданий. Методы определения влияния автоматизации, управления и эксплуатации здания [Электронный ресурс]: Стандартинформ от 01.05.2012. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200089609> (дата обращения: 14.10.2018).

16. СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция [Электронный ресурс] Строительные нормы и правила 41-03-2003 (с Изменением N 1). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200091050/> (дата обращения: 27.12.2019).

17. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция [Электронный ресурс] Строительные нормы и правила 23-01-99* (с Изменениями N 1, 2). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095546/> (дата обращения: 27.12.2019).

18. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция [Электронный ресурс] Строительные нормы и правила 23-02-2003 (с Изменением N 1). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095525> (дата обращения: 27.12.2019).

19. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция [Электронный ресурс] Строительные нормы и правила 41-01-2003 (с Изменением N 1). URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054205> (дата обращения: 27.12.2019).

20. Эффект Доплера [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Эффект_Доплера. (дата обращения: 01.11.2019).

21. Срок окупаемости проекта: новый подход к расчету [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <https://www.fd.ru/articles/159098-srok-okupaemosti-proekta> (дата обращения: 15.03.2020).

22. Назаров М.А. Автоматика погодного регулирования со смесительным клапаном / «Молодежь. Наука. Общество»: Всероссийская студенческая научно-практическая междисциплинарная конференция (Тольятти, 5 декабря 2018 года). Тольятти: Изд-во ТГУ, 2018. С.683-684.

23. Назаров М.А. Мероприятия по повышению энергоэффективности общественных зданий / «Студенческие Дни науки в ТГУ»: научно-практическая конференция (Тольятти, 1-30 апреля 2019 года). Тольятти: Изд-во ТГУ, 2019. С.175-177.

24. Назаров М.А. Умное освещение жилых и общественных зданий/ «Энергоэффективность и энергобезопасность производственных процессов (ЭЭПП-2019): V Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов (Тольятти, 12-13 ноября 2019 года). Тольятти: Изд-во ТГУ, 2019. С.297-300.

25. Назаров М.А., Докалина А.А. Автоматика погодного регулирования со смесительным трехходовым клапаном и циркуляционным насосом/Электро-2018: сборник трудов Межвузовской научно-практической конференции. Саратов: СГТУ им. Гагарина Ю.А. 2018. С. 44-45.

26. Abdulhakim Amer A.Agl, Yousif M.Hamad, Tarek A.Hamad, John W.Sheffield. Study of energy recovery and power generation from alternative energy source [Text] / Missouri University of Science and Technology, Mechanical and Aerospace Engineering. - 2015. - PP. 1-7. - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X14000227> (дата обращения: 27.12.2018).

27. H. S. Fernandes, M. B. Moura, P. C. Guadelupe, M. Z. Fortes, and N. C. Fernandes. Software to manage transformers using intelligent electronic device [Text] / Universidad Nacional de Colombia. - 2016. - PP. 1-5. - URL: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingenv/article/view/48104> (дата обращения: 27.12.2018).

28. Valerio R.M. Lo Verso, Anna Pellegrino. Energy Saving Generated Through Automatic Lighting Control Systems According to the Estimation Method of the Standard EN 15193-1 [Text] / Journal of Daylighting. - 2019. - URL: <https://solarlits.com/jd/6-131> (дата обращения: 27.12.2019).

29. Binbin Zhao, Yang Chen, Yuhan Lei. Energy-saving House based on the Healthy-Housing theory in Sanjiangyuan, Qinghai [Text] / E3S Web of Conferences. - 2019. - PP. 1-4. - URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/62/e3sconf_icbte2019_03028.pdf (дата обращения: 27.12.2019).

30. Małgorzata Basińska, Halina Koczyk. Analysis of the possibilities to achieve the low energy residential buildings standards [Text] / Technological and Economic Development of Economy. - 2016. - URL: <https://journals.vgtu.lt/index.php/TEDE/article/view/786> (дата обращения: 27.12.2019).