

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)

Техническое и информационное обеспечение интеллектуальных систем электроснабжения
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Внедрение системы «умный офис» на предприятие среднего бизнеса

Студент

И.С. Самафалов
(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., О.В. Самолина
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Содержание

Введение.....	3
1 Анализ экономической эффективности разрабатываемой системы, аналогичных систем и рынка электрооборудования.....	6
1.1 Анализ экономической эффективности разрабатываемой системы «Умный офис».....	6
1.2 Анализ рынка готовых систем.....	10
1.3 Планируемая реализация разрабатываемой системы «Умный офис» ..	15
2 План помещения здания.....	25
2.1 Описание ПИД-регуляторов и измерителей-регуляторов.....	25
2.2 Анализ готового решения от ООО «НПК Рэлсиб».....	27
2.3 Анализ регулятора-измерителя TRM138 от компании «ОВЕН»	30
2.4 Анализ регулятора-измерителя TRM1 от компании «ОВЕН».....	32
2.5 Анализ ПИД-регулятора TRM12 для системы поддержания влажности воздуха.....	33
2.6 Анализ датчиков для разрабатываемой системы.....	36
2.7 Анализ датчиков температуры	37
2.8 Анализ датчиков влажности	45
2.9 Анализ исполнительных органов	50
3 Выбор расположения датчиков	58
3.1 Расположение датчиков температуры	58
3.2 Расположение датчиков влажности	61
3.4 Расположение контроллеров.....	65
3.5 Алгоритм работы систем.....	66
3.6 Расчет стоимости и мощности оборудования	69
Заключение	75
Список используемых источников.....	78

Введение

В СССР в течение длительного исторического периода электроэнергетика развивалась по экстенсивному пути развития. Потребности промышленности в электроэнергии были компенсированы строительством новых объектов, генерирующих мощность. Искусственно низкие тарифы на электроэнергию, тепло и другие энергоресурсы не стимулировали энергосбережение у потребителей. И никаких эффективных мер по энергосбережению не принимались. В результате чего, к началу XXI века в России наблюдалась серьезная проблема энергосбережения [35]. В совокупности с постепенным удорожанием энергоресурсов вопрос энергосбережения становится все более актуальным.

Основные затраты энергии на содержание и эксплуатацию зданий расходуются на систему отопления. Одной из основных задач при применении энергосберегающих технологий является рациональное использование тепловой энергии [39, 40].

Один из возможных вариантов добиться сбережения тепловой энергии является применение термостатов, с помощью которых можно добиться необходимой температуры воздуха в помещениях.

При применении термостатов в электронных радиаторах экономия тепловых энергоресурсов достигается путем регулирования мощности работы электроприемника [2, 36].

При помощи термостата решается и еще одна немаловажная задача - это создание благоприятных условий для комфортного пребывания человека, путем создания оптимального показателя температуры, то есть, создания оптимального микроклимата, что не маловажно, так как объектом исследования является помещение офисного типа.

Объект исследования расположен в с.Васильевка. Это административное здание площадью 360 квадратных метров. Отопление офисных помещений осуществляется электрическими радиаторами.

Для стандартизации микроклимата разработан ГОСТ 30494-2011[5]. В нем описаны классификация общественных помещений и параметры микроклимата, в том числе температура воздуха и относительная влажность воздуха.

Помещения по классификации ГОСТ 30494-2011 относятся к 3а: помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении сидя без уличной одежды [1, 5].

Микроклимат - это совокупность метеоусловий в определённом замкнутом пространстве. В рабочей зоне человека он определяется как показатели, температуры, влажности, скорости движения воздуха. Для обеспечения микроклимата необходим контроль следующих параметров - это температура и влажность воздуха.

Человеческий организм способен эффективно и продолжительно функционировать только в небольшом диапазоне температуры окружающей среды. При изменении этого параметра в ту или иную сторону, нарушается теплообмен организма, что приводит к переохлаждению или перегреву. Это приводит к снижению трудоспособности и утомляемости.

Переносимость температуры во многом зависит от влажности воздуха. При низком содержании влаги в воздухе наблюдается интенсивное тепловыделение у человека, что способствует высыханию слизистых оболочек дыхательных путей. Это способствует проникновению в организм бактерий и высокой вероятности простудных и других заболеваний.

В таблице 1 приведены оптимальные показатели микроклимата по ГОСТ 30-494-2011 для категории 3а, которым является объект исследования.

Таблица 1 - Оптимальные показатели микроклимата

Период года	Категория помещения	Температура Воздуха, °С		Результирующая Температура, °С		Относительная влажность, %	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая
Холодный	3а	20-21	19-23	19-20	19-22	45-30	60
Теплый		23-25	18-28	22-24	19-27	60-30	65

Оптимальными параметрами для данного типа помещений являются:

- для холодного периода оптимальная температура равна 20-21°С,
- для холодного периода оптимальная относительная влажность 30-45%,
- для теплого периода оптимальная температура равна 23-25°С,
- для теплого периода оптимальная относительная влажность 30-60%.

Для поддержания этих параметров на оптимальном уровне используют средства автоматики.

Таким образом, актуальность проблемы исследования с каждым годом становится все более острой, поскольку стоимость энергоресурсов поднимается, а иммунитет человека с каждым годом ухудшается в связи с ухудшающейся экологической обстановкой.

Целью магистерской работы является:

- повышение эффективности использования энергетических ресурсов за счет внедрения системы по поддержанию микроклимата

Для достижения цели необходимо выполнить следующие задачи:

- разработать систему поддержания температуры воздуха,
- разработать систему поддержания влажности воздуха,
- разработать алгоритм работы систем.

1 Анализ экономической эффективности разрабатываемой системы, аналогичных систем и рынка электрооборудования

1.1 Анализ экономической эффективности разрабатываемой системы «Умный офис»

При отсутствии регулирования температуры воздуха в зимний период возникает проблема «перетопа» помещений, то есть их перегрева. «Перетоп» возникает, когда при изменении температуры окружающей среды, то есть на улице, температура теплоносителя не успевает снизиться с этой же скоростью. При этом здание получает излишнюю тепловую энергию и происходит его перегрев. Что приводит к потерям тепловой энергии.

Применение регулятора температуры позволяет выровнять выработанное количество тепла.

Рассмотрим эффект применения регулятора температуры о офисном здании с водяными радиаторами отопления [19, 21]. В этом примере регулятор температуры подключен к контроллеру. Измерение температуры происходит с помощью датчиков температуры, которые также подключены к контроллеру.

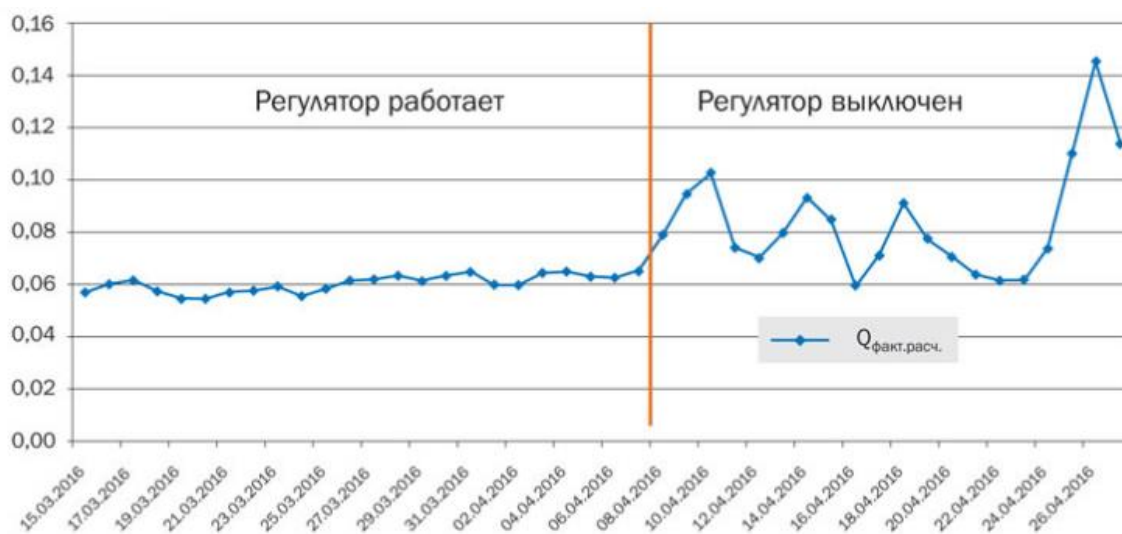


Рисунок 1 - График тепловой нагрузки здания с применением регулятора и его отсутствием

Фактическая тепловая нагрузка найдена расчетным методом [19, с.44] при заданной температуре воздуха в помещении 18°C. При применении регулятора тепловая нагрузка оставалась практически постоянной.

При выключенном регуляторе тепловая нагрузка офисного здания изменялась в больших диапазонах, в некоторых периодах доходя до нагрузки в два раза большей, чем с применением регулятора температуры. Объясняется это «перетопом» температуры воздуха в офисном здании. При этом, для отвода тепла открывались окна.

Далее рассмотрим график практического и расчетного потребления тепловой энергии зданием, представленном на рисунке 2.

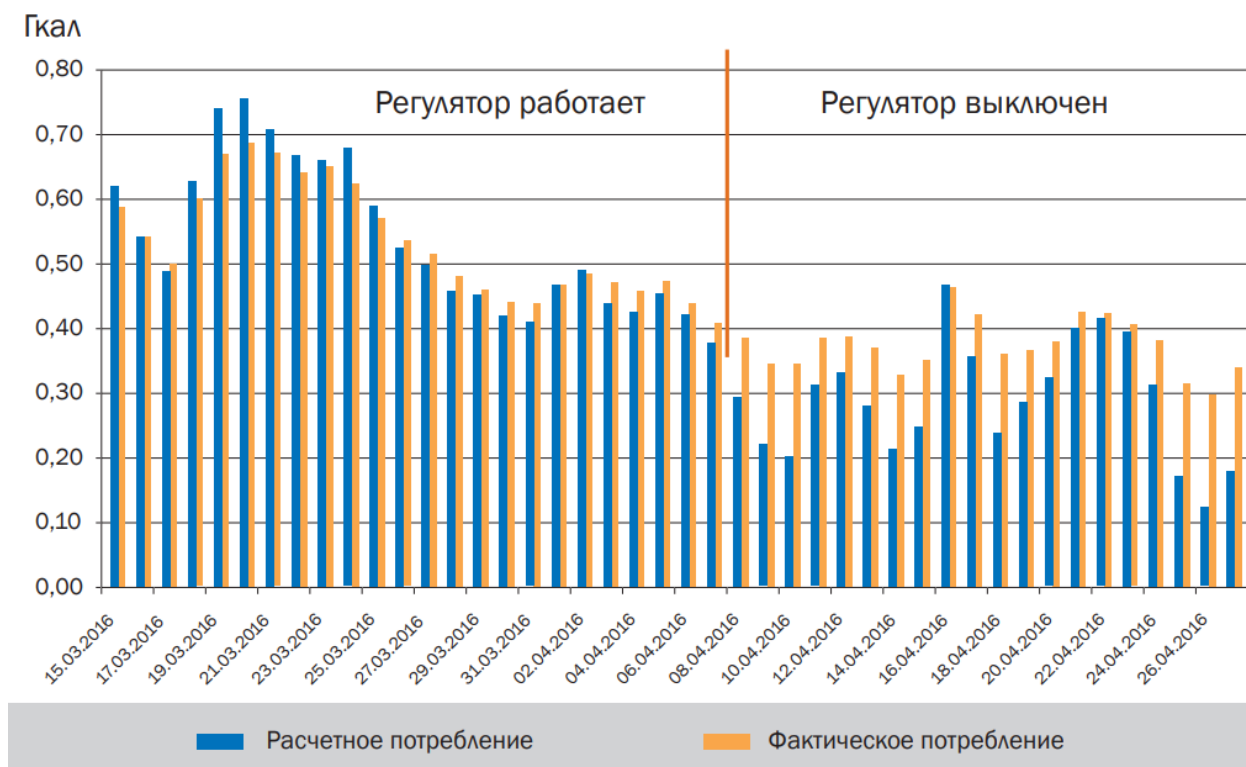


Рисунок 2 - Фактическое и расчетное потребление тепловой энергии зданием

Исходя из рисунка 2, при применении регулятора температуры большая часть тепловой энергии расходуется на отопление здания, поскольку фактическое и расчетное потребление тепловой энергии практически равны. При отсутствии регулятора большое количество

тепловой энергии расходуется не по прямому назначению, поскольку имеется большое расхождение фактического и расчетного потребления тепловой энергии. При этом, максимальное значение тепловой нагрузки зданием соответствует минимальному значению потребления тепловой энергии зданием. Это подтверждает, что в этот день наблюдался «перетоп» здания и для комфортной температуры воздуха офисное здание проветривалось.

Далее рассмотрим экономический эффект от использования регулятора температуры. На рисунке 3 представлен график экономической выгоды применения регулятора температуры.

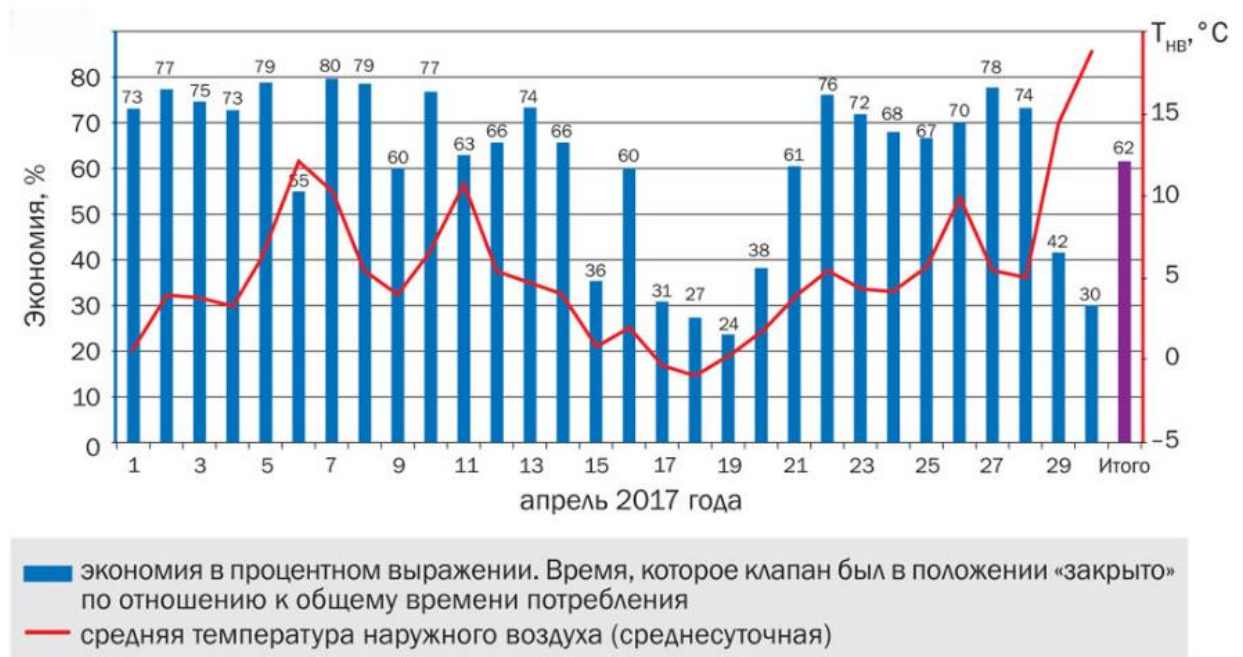


Рисунок 3 - График экономической выгоды применения регулятора температуры

Под экономией понимается отношение время работы клапана к в положении «открыто» к общему времени работы системы, выраженное в процентах. Анализ графика дает понять, что наибольшая экономия тепловой энергии, потребляемой зданием, при применении терморегулятора достигается при относительно высоких температурах воздуха на улице. При

относительно низких температурах теплоноситель поциркулирует через радиатор большее время, соответственно, экономическая выгода не такая большая [19].

На рисунке 4 представлен график экономии тепловой энергии за апрель 2017 года.

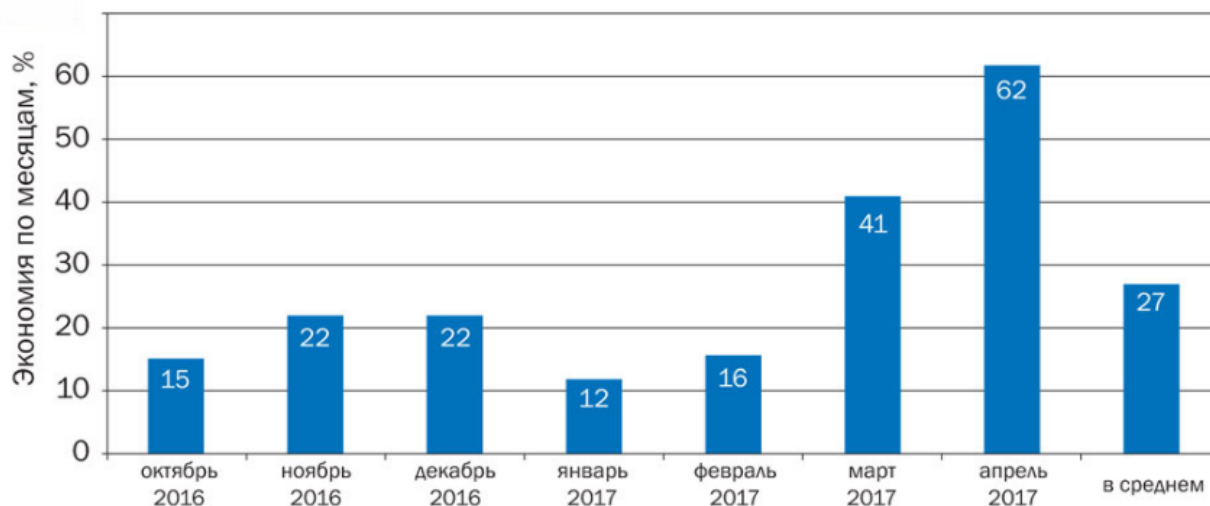


Рисунок 4 - Экономический итог работы регулятора температуры

На практике за анализируемый период экономия тепловой энергии составила в среднем 28 %.

Рассмотренный пример применения регулятора температуры для водяных радиаторов справедлив и для помещений с электрическим отоплением, поскольку в них применяется похожий алгоритм управления температуры теплоносителя.

Таким образом, на примере описана возможность достижения одной из целей магистерской диссертации, а именно повышение эффективности энергетических ресурсов за счет регулирования работы электрических конвекторов.

1.2 Анализ рынка готовых систем

Рынок система поддержания микроклимата представлена немногочисленными готовыми продуктами. При этом, каждая система разрабатывается индивидуально.

1.2.1 Система кондиционирования воздуха

Для поддержания температуры воздуха на оптимальном уровне в помещении в системе теплоснабжения установлены регуляторы температуры с датчиками.

Для поддержания параметров воздуха на оптимальном уровне используется система кондиционирования. Система конструируется на основе приточно-вытяжной вентиляции. На рисунке 5 представлена принципиальная схема системы кондиционирования воздуха.

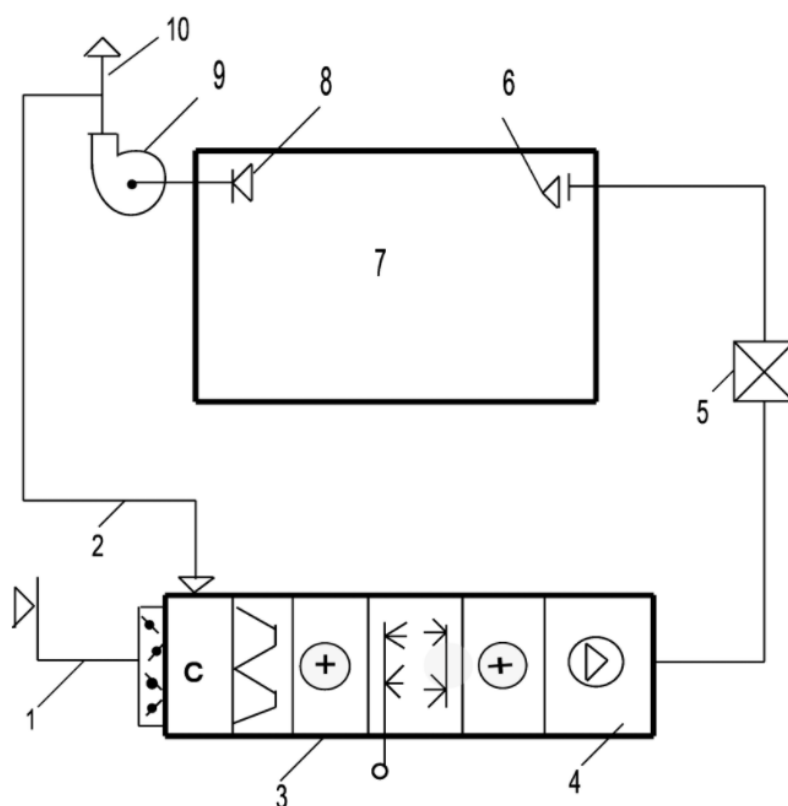


Рисунок 5 - Принципиальная система кондиционирования воздуха

- Где 1 - воздухозаборное устройство;
2 - рециркуляционный воздуховод;
3 - установка кондиционирования воздуха;
4 - приточный вентилятор;
5 – доводчик;
6 - система распределения воздуха;
7 – помещение;
8 - система удаления воздуха;
9 - вытяжной вентилятор;
10 - канал для выброса воздуха.

Поступающий воздух снаружи помещения имеет непостоянные параметры, поэтому ему необходимо задать необходимые параметры. Его необходимо очистить, нагреть и придать необходимую влажность. Воздух забирается с улицы воздухозаборным устройством, далее поступает в систему кондиционирования, где ему придаются необходимые параметры. Далее воздух поступает в помещение. А отработанный воздух удаляется через вытяжные устройства [29].

Для кондиционирования воздуха используются канальные кондиционеры. Канальный кондиционер предназначен для кондиционирования нескольких помещений одновременно, поэтому имеет мощный вентилятор для преодоления сопротивления воздуха. Состоит из компрессорно-конденсаторного блока (устанавливается на фасаде здания) и испарительного блока (устанавливается внутри здания). На рисунке 6 представлены блоки канального кондиционера.



Рисунок 6 - Канальный кондиционер

Канальный кондиционер способен подогреть и охладить поступающий воздух, а также осушать. Для применения централизованного кондиционирования помещений исследуемого объекта необходим кондиционер с рабочей площадью помещения не менее 360 м². Стоимость такого кондиционера начинается от 1 миллиона рублей, и номинальная мощность оборудования превышает 11 кВт.

Также возможно применение отдельного кондиционера под каждое помещение исследуемого объекта. Для площади в 50 м² минимальная стоимость канального кондиционера равна 47 тыс. рублей.

Для осуществления увлажнения воздуха в систему кондиционирования необходимо интегрировать увлажнитель воздуха.

Стоимость канальных увлажнителей в системе приточно-вытяжной вентиляции начинается от 50 тыс. рублей. При этом увлажнитель необходимо подключить к системе водоснабжения.

Все оборудование системы канального кондиционирования подключается к контроллеру для осуществления управления.

Достоинством системы кондиционирования является:

- поддержание заданного режима микроклимата,
- производительность,
- работа системы не зависит от внешних условий,
- возможность подачи очищенного воздуха,
- возможность подогрева воздуха.

Недостатками системы являются:

- дорогостоящий монтаж системы,
- высокая стоимость оборудования,
- необходимость организации подачи воды для увлажнения воздуха,
- высокая потребляемая мощность оборудования,
- необходимость разработки индивидуального проекта.

Применение системы кондиционирования воздуха с помощью приточно-вытяжной вентиляции для объекта исследования потребует дополнительных затрат помимо основного оборудования, поскольку необходима установка вентиляции.

1.2.2 Кондиционеры сплит-систем

Для создания микроклимата в жилых и общественных помещениях наибольшее распространение получили сплит-системы. Система состоит из внутреннего блока (испаритель) и внешнего блока (компрессорно-конденсаторного агрегата) [34]. Внешний блок может быть установлен снаружи здания для того, чтобы конденсатор, находящийся в блоке, мог обдуваться атмосферным воздухом. Внутренний блок устанавливается в необходимом помещении и предназначен для подогрева и охлаждения воздуха, фильтрации и необходимого перемещения [29].

Аналогом разрабатываемой системы поддержания микроклимата являются кондиционеры с возможностью увлажнения. Для создания оптимального микроклимата в помещении при использовании сплит-систем необходимо, чтобы кондиционер поддерживал функцию увлажнения

воздуха, так как специфика системы такова, что исходящий воздух из кондиционера всегда осушен.

Помимо охлаждения воздуха, сплит-системы способны также работать на обогрев помещения, но при определенных температурных условиях окружающей среды на улице.

На рисунке 7 представлен кондиционер сплит-системы.



Рисунок 7 - Кондиционер сплит-системы

Отличием сплит-системы в качестве аналога разрабатываемой системы заключается в рабочих характеристиках. Полноценно сплит-система заменить радиаторы отопления не может вследствие рабочего диапазона температур на обогрев. В самых дешевых моделях обогрев происходит при температуре окружающей среды вне здания, равной от минус 15 до плюс 24 °С.

1.3 Планируемая реализация разрабатываемой системы «Умный офис»

Реализация системы достигается путем взаимодействия оборудования с контроллером. Поддержание температуры достигается путем оптимизации работы электрических конвекторов. Для анализа температуры воздуха, в офисном помещении устанавливаются датчики температуры. Оборудование поддержания температуры воздуха подключено к контроллеру для создания единой системы контроля и поддержания температуры.

Для поддержания влажности на определенном уровне используются увлажнители и осушители воздуха. В офисном помещении также установлены датчики влажности. Для создания системы контроля и поддержания влажности воздуха датчики и оборудование подключены к контроллеру. Контроллер осуществляет прием информации от датчиков, ее обработку, и передачу сигнал на исполнительные органы.

Для реализации системы «Умный офис» необходимо произвести выбор оборудования. Оно будет состоять из следующих элементов:

- устройства обогрева,
- увлажнители воздуха,
- осушители воздуха,
- датчики температуры и влажности,
- контроллер.

1.3.1 Анализ рынка электрических конверторов

В офисном здании уже установлены модули конвектора фирмы Electrolux Air Gate Transformer с механическим блоком управления. При таком варианте исполнения, радиатор может работать только в двух вариантах - это минимальная мощность и максимальная.



Рисунок 8 - Конвектор Electrolux Air Gate Transformer

Стоимость самого дешевого конвектора с встроенным электронным термостатом превышает стоимость одного уже установленного в 2,2 раза. Этот конвектор способен поддерживать заданную температуру воздуха. Недостатком конвекторов является место размещения термостата, который находится рядом с радиатором. Это приводит к тому, что выставленная температура на конвекторе будет различаться от рабочей зоны.

На рынке также имеются системы с несколькими радиаторами и выносным терморегулятором, который устанавливается в любое место помещения. Эти системы совершеннее тех, в которых терморегулятор установлен в сам радиатор. Но также и имеется недостаток. На несколько конвекторов устанавливается один терморегулятор. Терморегулятор может располагаться достаточно далеко от радиаторов, и это значит, что температура в рабочей зоне может отличаться от температуры, где расположен терморегулятор. В этом случае радиаторы будут работать на большей мощности, чем требуется и, соответственно, температура в помещении будет выше нормы.

Еще одной недостатком этой системы является неравномерное распределение температуры в помещении. При такой конфигурации радиаторы работают на одинаковой мощности, и, соответственно,

прогреваться помещение будет неравномерно, вследствие разной температуры у оконных проемов и остальной части помещения.

Достоинством данной системы является минимальное количество терморегуляторов и возможность точного выставления температуры.

1.3.2 Анализ рынка увлажнителей воздуха

Назначением бытовых увлажнителей является создание благоприятного микроклимата для жизнедеятельности людей.

Увлажнители воздуха на рынке представлены в большом количестве. Различают несколько видов увлажнителей воздуха [4]:

- паровые или изотермические,
- ультразвуковые,
- атомайзеры.

Принцип работы паровых увлажнителей воздуха основан на кипении воды.

В увлажнителе находится бачок с водой, которая с помощью форсунок подается на нагревательный элемент (в виде пластинки или спирали). Нагревательные элементы увлажнителя доводят воду до высокой температуры, после чего жидкость переходит в парообразное состояние.

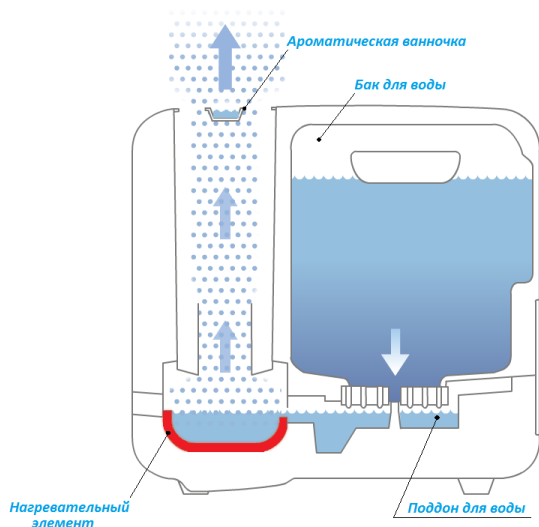


Рисунок 9 - Принцип работы парового увлажнителя

Достоинством этого вида увлажнителя является производительность.

Но устройство имеет ряд недостатков:

- высокая температура пара,
- высокая мощность электропотребления,
- высокая стоимость.

Принцип работы атомайзеров основан на распылении небольших капель воды через форсунки под большим давлением. При этом, вода, которая распыляется, не подогревается, что приводит к охлаждению воздуха, поэтому атомайзеры еще и используют в системах охлаждения воздуха. Производительность их составляет от 5 до 230 литров в час, что является самым высоким показателем среди увлажнителей.

Атомайзеры нашли широкое применение в промышленности.

Достоинства атомайзеров:

- высокая производительность,
- возможность использования в качестве охладителей воздуха,
- безопасность.

Недостатки:

- высокая стоимость,
- большой расход воды.

В ультразвуковых увлажнителях воздух насыщается влагой за счет попадания воды на мембрану, которая вибрирует в ультразвуковом диапазоне. За счет вибрации вода превращается в мелкодисперсные капли, которые с помощью вентилятора поднимаются вверх по камере парообразования и увлажняют воздух. При этом, в отличие от парового увлажнителя, пар не нагрет до температуры, когда при попадании на кожные покровы у человека может появиться термический ожог.

Достоинства ультразвукового увлажнителя воздуха:

- малая потребляемая мощность,
- невысокая температура пара,
- дешевизна.

Недостатки:

- производительность ниже, чем у парового увлажнителя.

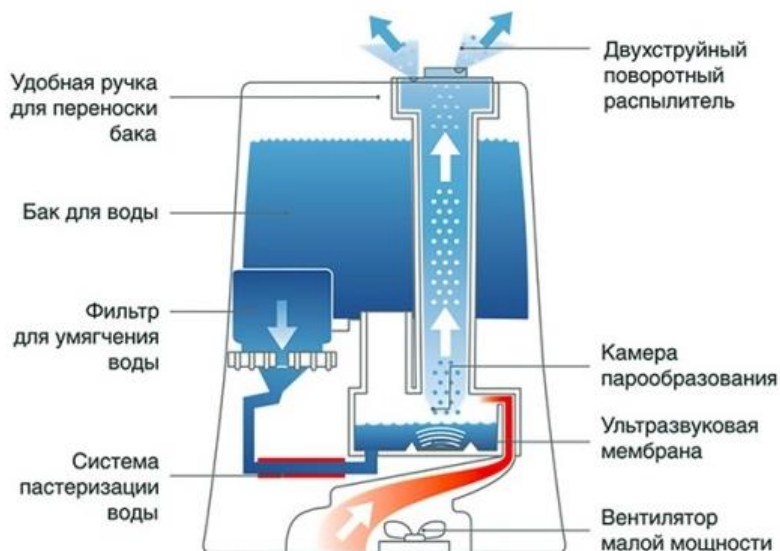


Рисунок 10 - Конструкция и принцип работы ультразвукового увлажнителя

Для офисных помещений наиболее оптимальным вариантом является применение ультразвуковых увлажнителей, так как они имеют низкое энергопотребление, сравнительно дешевы и безопасны.

1.3.3 Анализ рынка осушителей воздуха

На рынке представлены несколько типов осушителей воздуха. Это конденсационные осушители, абсорбционные и ассимиляционные [23].

Для осушения воздуха в ассимиляционных осушителях используется вентиляционная система. Принцип работы достаточно прост – влажный воздух из помещения удаляется, а в помещение подается сухой воздух с улицы. Недостатком этой системы является нестабильность параметров поступающего воздуха по причине того, что влажность воздуха на улице

колеблется в зависимости от погодных условий. Еще одним недостатком является высокая стоимость установки.

Для создания системы поддержания микроклимата на исследуемом объекте применить ассимиляционные установки невозможно в виду отсутствия вентиляционных систем в помещениях.

В абсорбционных осушителях принцип работы основан на прохождении воздуха через барабан с абсорбентом. Такие установки имеют влагоудаление сотни литров в сутки. Такие установки применяются в промышленности.

Конденсационные установки для осушения воздуха используют принцип конденсации влаги. При прохождении влажного воздуха через испаритель, из него отделяется влага в следствие его охлаждения ниже точки росы. Влага при этом конденсируется на ребрах испарителя. Осушенный воздух, при этом, направляется в теплообменник для подогрева и последующего вывода в помещение при помощи вентилятора. Выделенная влага скапливается на ребрах и опускается в бак для сбора конденсата.

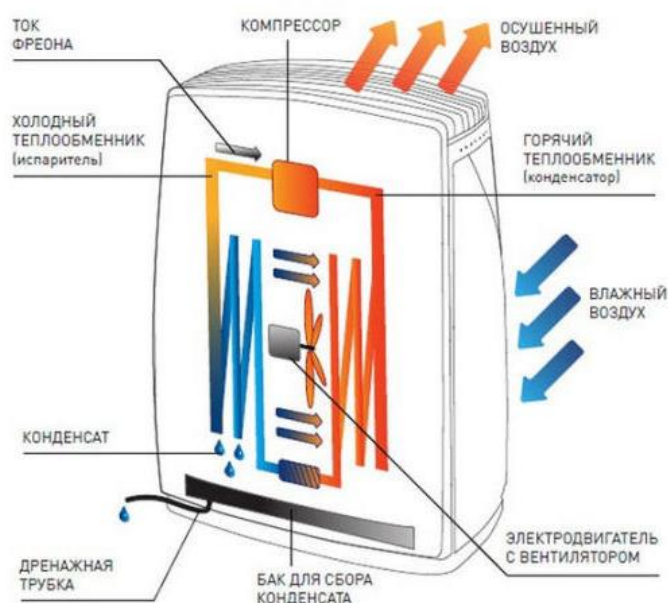


Рисунок 11 - Конструкция и принцип работы осушителя воздуха

Из всех рассмотренных типов осушителей воздуха, для исследуемого объекта возможно применение только конденсационных осушителей, поскольку ассимиляционные установки требуют установки системы вентиляции, а абсорбционные осушители имеют высокую стоимость.

1.4 Предполагаемый алгоритм работы разрабатываемой системы

Для достижения поставленной цели необходимо разработать правильный алгоритм работы системы. Особенностью данного алгоритма заключается в том, что для управления влажностью воздуха контроллеру необходимо управлять сразу двумя элементами системы - увлажнителем и осушителем воздуха, данные для контроля которых контроллер получает от общего для них датчика влажности.

Алгоритм работы разрабатываемой системы поддержания микроклимата «Умный офис» представлен на рисунке 12.

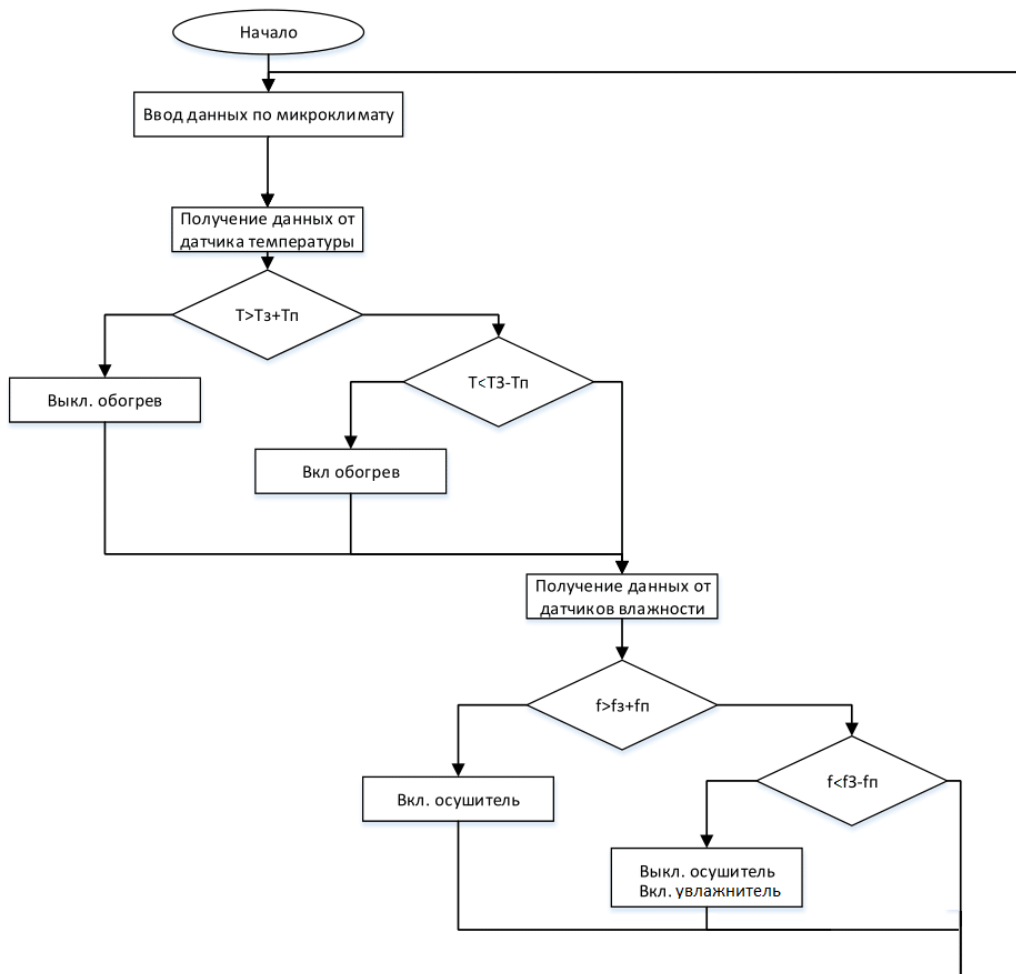


Рисунок 12 - Алгоритм работы разрабатываемой системы

Для начала работы системы необходимо задать параметры микроклимата (температура, влажность), а также допустимые отклонения.

Далее микроконтроллер получает измеряемые данные от датчиков и анализирует показания. Система поддерживает необходимые параметры микроклимата в определенном «коридоре».

Система работает следующим образом. После того, как были заданы параметры, микроконтроллер получает информацию от датчиков температуры, находящихся в помещениях. Далее микроконтроллер сравнивает показания, полученных от датчиков, и заданное значение температуры. Для начала сравнивается сумма заданной температуры и

погрешности с полученной температуры от датчиков ($T > T_3 + T_n$). Если реальная температура больше, чем значение диапазона, то микроконтроллер подает сигнал на отключение радиатора отопления. Если же значение меньше, то происходит сравнение реальной температуры с нижним порогом диапазона заданной температуры. Если реальная температура больше, то прибор находится в первоначальном состоянии, то есть отключенном. При обратном исходе микроконтроллер подает сигнал на включение радиатора отопления.

Следующим действием микроконтроллер анализирует данные, полученные от датчика влажности. Полученное значение влажности анализируется с суммой заданной влажности и погрешности ($f > f_3 + f_n$). Если реальная влажность воздуха больше заданной, то микроконтроллер подает команду на включение осушителя воздуха. Если же реальная влажность оказалось ниже верхней границы заданной, то она сравнивается с нижней. При реальной влажности ниже нижней границы заданных значений, микроконтроллер подает сигнал на отключение осушителя воздуха, одновременно подавая сигнал на включение увлажнителя.

Далее процесс, описанный выше, повторяется.

Выводы к первому разделу

Проведен анализ экономической эффективности применения терморегуляторов в системе отопления. Выяснено, что за счет оптимизации работы радиаторов отопления возможно сократить расходы на отопление в ориентировочно на 20%. Причем, наблюдается зависимость от температуры воздуха на улице и эффективности применения терморегуляторов в системе отопления - тем теплее погода, тем экономический эффект более заметен. Связано это с тем, что при теплой погоде радиаторы находятся больше времени в отключенном состоянии.

Выполнен анализ готовых систем, предлагаемых на рынке оборудования по поддержанию микроклимата.

Описан метод взаимодействия оборудования разрабатываемой системы между собой, алгоритм работы, а также обзор оборудования для разработки системы «Умный офис».

2 План помещения здания

Для правильного подбора измерителей-регуляторов, ПИД-регуляторов и всего оборудования для системы необходимо точно знать размеры помещений, а также места расположения конвекторов. На рисунке 13 представлен план помещения исследуемого объекта.

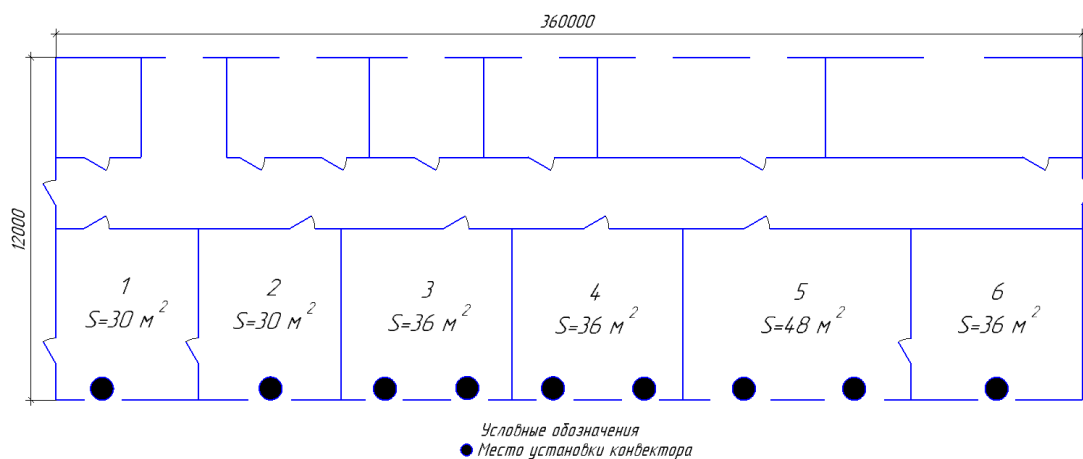


Рисунок 13 - Схема помещения

В магистерской диссертации рассматриваются только помещения 1-6, в которых располагается персонал предприятия, а остальные помещения относятся к техническим и практического и экономического смысла внедрения разрабатываемой системы нет.

2.1 Описание ПИД-регуляторов и измерителей-регуляторов

Для построения автоматизированных систем мониторинга, контроля и управления технологическими процессами, в системах климат-контроля, в различных отраслях промышленности широкое применение нашли ПИД-регуляторы. Устройство состоит из нескольких составляющих-пропорциональной, интегрирующей и дифференциальной.

Пропорциональная составляющая вырабатывает выходной сигнал, противодействующий отклонению регулируемой величины. Но при этом возникает статическая ошибка, равная отклонению регулируемой величины, обеспечивающая выходной сигнал, стабилизирующий выходную величину именно на этом значении [16].

Для устранения статической ошибки используют интегрирующую составляющую, которая позволяет учесть статическую ошибку. Дифференцирующая составляющая пропорциональна темпу изменения отклонения регулируемой величины и предназначена для противодействия отклонениям от целевого значения, которые прогнозируются в будущем. Отклонения могут быть вызваны внешними возмущениями или запаздыванием воздействия регулятора на систему [17].

ПИД-регулятор для разрабатываемой системы должен иметь ряд особенностей:

- наличие 9 входов для датчиков температуры (по количеству конвекторов),
- наличие 9 выходов напряжением 220В для подключения конвекторов,
- наличие 6 входов для подключения датчиков влажности,
- наличие 12 выходов для подключения увлажнителей и осушителей воздуха.

При этом, для поддержания влажности должно использоваться два канала: первый - для увлажнителя воздуха, второй - для осушителя.

На рынке регуляторов несколько производителей предлагают готовые решения, которые поддерживают температуру и влажность на оптимальном уровне – это «ОВЕН» и ООО «НПК Рэлсиб».

Рассмотрим продукцию данных производителей и выберем подходящую для разработки системы.

2.2 Анализ готового решения от ООО «НПК Рэлсиб»

Для контроля и регулирования параметров микроклимата ООО «НПК Рэлсиб» предлагает прибор EClerk-Eco. Он позволяет поддерживать температуру воздуха в помещении и относительную влажность воздуха.



Рисунок 14 - Измеритель температуры, влажности и абсолютного давления EClerk-Eco-RHTP

Технические характеристики прибора представлены в таблице 1 [14].

Таблица 1 - Технические характеристики EClerk-Eco-RHTP-0-0-0-R

Характеристика	Значение
Измерение температуры	
Диапазон измерения температуры, °С	0...+55
Абсолютная погрешность измерения, %	±0,4
Напряжение питания, В	АС 85...265
Диапазон измерения, °С	3...97

Абсолютная погрешность измерения, %	±3,0
-------------------------------------	------

Продолжение таблицы 1

Измерение абсолютного давления	
Диапазон измерения, мм.р.ст.	630...800
Абсолютная погрешность измерения, %	±0,8
Временной интервал между измерениями	
Температура, с	4
Относительная влажность, с	4
Содержание CO ₂ , с	4
Общие данные	
Коммутируемый ток датчика температуры, А	16
Коммутируемое напряжение датчика температуры, В	250 AC
Коммутируемый коэффициент мощности датчика температуры	cos φ=1
Коммутируемый ток датчика влажности, А	6
Коммутируемое напряжение датчика влажности, В	250 AC
Коммутируемый коэффициент мощности датчика влажности	cos φ=1
Установленная временная задержка включения реле, с	4
Напряжение внешнего питания прибора, В	24,0 VDC
Потребляемая мощность, мВт	не более 10
Время непрерывной работы на элементах питания при выключенном внешнем питании, мес.	2

Устройство имеет выносной розеточный ряд для подключения нагрузки. Схема подключения розеточного ряда представлен на рисунке 15.

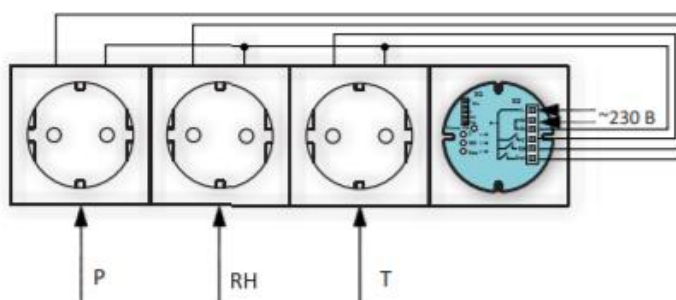


Рисунок 15 - Схема подключения розеточного ряда

На рисунке 16 представлена схема подключения блока питания управления нагрузками EClerk- Eco- RHTP- 0- 0- R.

где Р - сигнализация абсолютного давления,
 RH - регулирование влажности воздуха,
 Т - регулирование температуры.

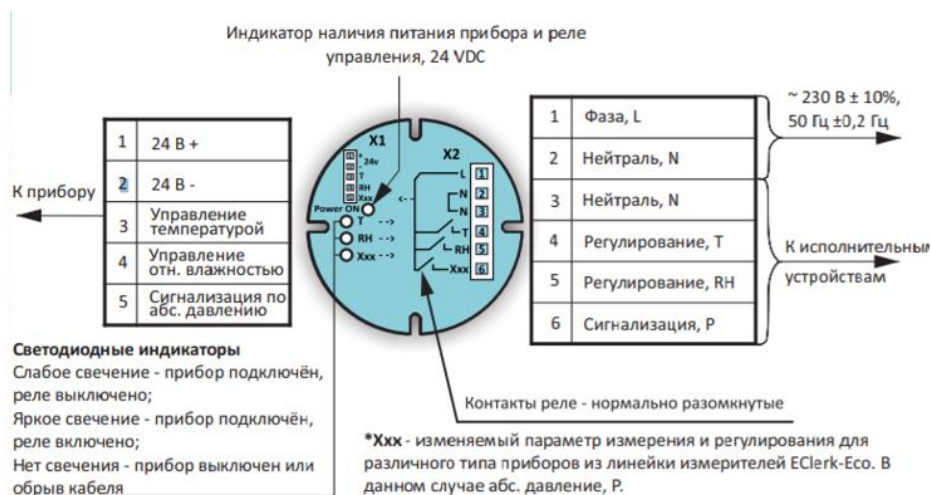


Рисунок 16 - Схема подключения блока питания управления нагрузками EClerk- Eco- RHTP- 0- 0- R

При этом, прибор уже имеет встроенные датчики.

Для разрабатываемой системы данный регулятор-измеритель невозможно применить, так как устройство не имеет возможности поочередно регулировать влажность увлажнителем и осушителем воздуха в виду отсутствия в розеточном ряду возможности для подключения второго прибора управления влажностью воздуха.

Компания «ОВЕН» имеет широкий ассортимент измерителей-регуляторов, но готовых систем по поддержанию температуры и влажности воздуха нет. Из этого следует, что разрабатываемая по поддержанию влажности воздуха и поддержанию температуры будет рассматриваться отдельно.

2.3 Анализ регулятора-измерителя ТРМ138 от компании «ОВЕН»

Наиболее подходящим вариантом для разработки системы поддержания температуры является восьмиканальный регулятор ТРМ138. На рисунке 17 представлен регулятор ТРМ138



Рисунок 17 - Измеритель-регулятор ТРМ138

Регулятор имеет 8 входов для подключения датчиков, а также 8 выходов для подключения нагрузки. При этом, в зависимости от конфигурации возможно установить следующие выходные устройства:

- реле 4 А 230 В,
- транзисторные оптопары n–p–n типа 200 мА 40 В,
- симисторные оптопары 50 мА 300 В (0,5 А в импульсном режиме),
- логический выход 4...6 В 50 мА для управления твердотельным реле,
- ЦАП «параметр - ток 4...20 мА».

Для разрабатываемой системы на все выходы требуется установка реле 4А 230 В.

На рисунке 18 представлена функциональная схема ТРМ138.

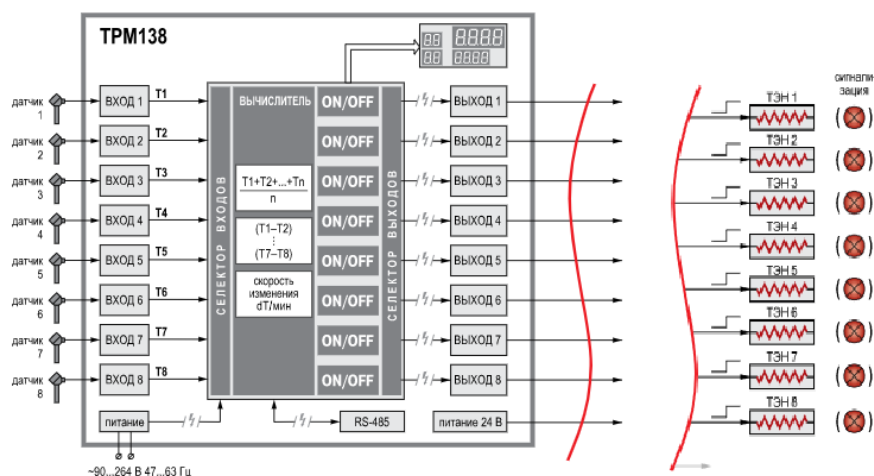


Рисунок 18 - Функциональная схема ТРМ138 для разрабатываемой системы

Технические характеристики регулятора ТРМ138 представлены в таблице 2 [26].

Таблица 2 - Технические характеристики измерителя-регулятора ТРМ138

Характеристика	Значение
Напряжение питания, В	90...264
Частота питания, Гц	47...63
Количество универсальных входов, шт	1...8
Входное сопротивление при подключении датчика с измерением тока, Ом	$100 \pm 0,1 \%$
Входное сопротивление при подключении датчика с измерением напряжения, кОм	не менее 100
Предел допустимой основной погрешности измерения входного параметра, %	$\pm 0,25$
Предел допустимой основной погрешности измерения при использовании оптопары, %	$\pm 0,5$
Время опроса одного входа, с	не более 1
Напряжение питания активных датчиков, В	20...28
Максимально допустимый ток, мА	150
Количество выходных устройств, шт	8
Тип интерфейса связи с ЭВМ	RS-485
Скорость передачи данных, кбит/с	2.4; 4.8; 9.6; 14.4; 19.6; 28.8; 38.4; 57.6; 115.2

Тип кабеля	экранированная витая пара
------------	---------------------------

Поскольку в ТРМ138 восьмиканальный, а в офисном здании установлено 9 конвекторов, для разработки системы поддержания температуры воздуха требуется один одноканальный регулятор-измеритель.

2.4 Анализ регулятора-измерителя ТРМ1 от компании «ОВЕН»

В ассортименте продукции компании «ОВЕН» имеется одноканальный регулятор-измеритель ТРМ1 с универсальным входом. Технические характеристики ТРМ1 представлены в таблице 3 [24].

Таблица 3 - Технические характеристики измерителя-регулятора ТРМ1

Характеристика	Значение
Напряжение питания, В	90...245
Частота питания, Гц	47...63
Потребляемая мощность, ВА	не более 7
Напряжение встроенного источника питания нормирующих преобразователей, В	24 ± 2,4
Максимально допустимый ток источника питания, мА	50
Количество универсальных входов, шт	1
Время опроса входа для термопреобразователей сопротивления, с	не более 0,8
Время опроса входа для других датчиков, с	не более 0,4
Предел основной приведенной погрешности измерения для термоэлектрических преобразователей, %	±0,5
Предел основной приведенной погрешности измерения для других датчиков, %	±0,25
Количество выходных устройств, шт	1
Типы выходных устройств	Р, К, С, С3, Т, И, У

На рисунке 19 представлена функциональная схема прибора.

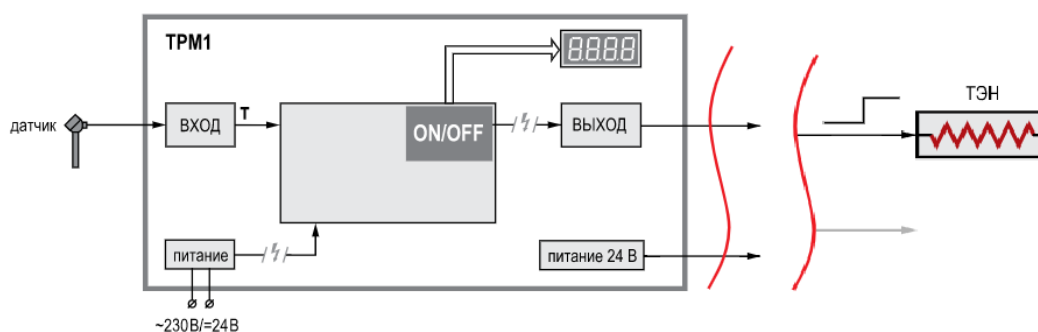


Рисунок 19 - Функциональная схема измерителя-регулятора TRM1

2.5 Анализ ПИД-регулятора TRM12 для системы поддержания влажности воздуха

Для реализации системы поддержания относительной влажности на оптимальном уровне необходим ПИД-регулятор с входом для одного датчика и выходом для двух приборов с напряжением 220 В. Компания «ОВЕН» в своем ассортименте имеет ПИД-регулятор с универсальным входом TRM12, удовлетворяющий этому условию. Регулятор TRM12 предназначен для автоматизации теплоносителя в системе горячего водоснабжения, но за счет универсальности входов и вариаций установки выходных устройств данный прибор дает возможность применить его в разрабатываемой системе.

На рисунке 20 представлен ПИД-регулятор TRM12.



Рисунок 20 - ПИД-регулятор TRM12

Функциональная схема TRM12 представлена на рисунке 21.

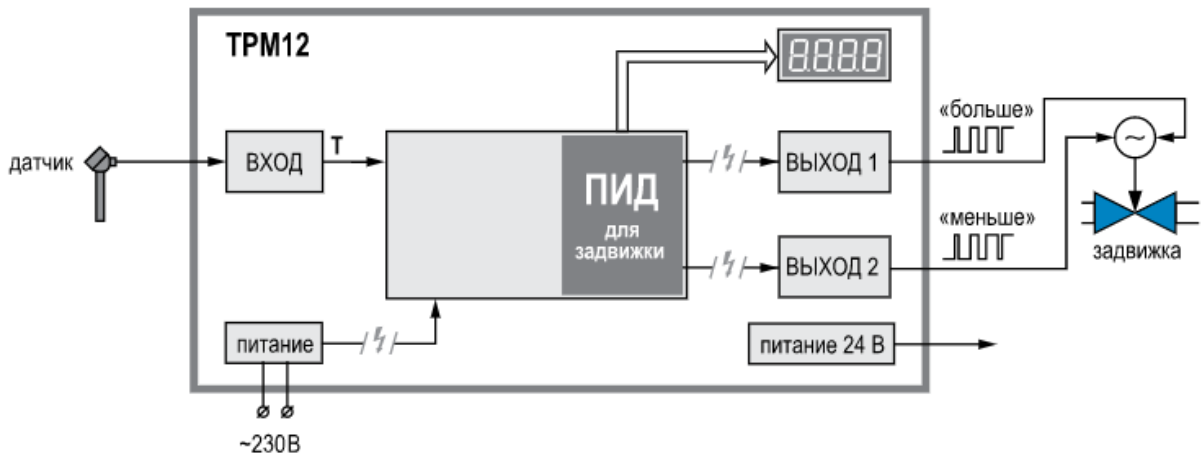


Рисунок 21 - Функциональная схема ПИД-регулятора TRM12

Технические характеристики TRM12 представлены в таблице 4 [25].

Таблица 4 - Технические характеристики ПИД-регулятора ТРМ12

Характеристика	Значение
Напряжение питания переменного тока, В	~90...245
Напряжение питания постоянного тока (только для корпуса Щ11), В	=20...375 (номинальное 24)
Частота напряжения питания, Гц	47...63
Потребляемая мощность, ВА	не более 7
Напряжение встроенного источника питания нормирующих преобразователей, В	24 ± 2,4
Максимально допустимый ток источника питания, мА	80
Универсальные входы	
Количество универсальных входов	1
Время опроса входа для термопреобразователей сопротивления, с	не более 0,8
Время опроса входа для других датчиков, с	не более 0,4
Предел основной приведенной погрешности измерения для термоэлектрических преобразователей, %	±0,5
Предел основной приведенной погрешности измерения для других датчиков, %	±0,25
Выходные устройства	
Количество выходных устройств	2 («больше», «меньше»)
Типы выходных устройств	Р, К, С, Т (два ВУ одного типа)

ТРМ12 может работать в нескольких режимах:

- ПИ-регулятор для управления задвижками и трехходовыми клапанами;
- ПИД-регулятор для управления системой «нагреватель-холодильник».

Для разрабатываемой системы оптимальным вариантом является режим работы «нагреватель-холодильник», поскольку в схеме управления присутствуют два исполнительных устройства, в нашем случае это будут осушитель и увлажнитель воздуха. Действия регулятора будет направлено на уменьшение отклонения текущего значения контролируемой величины от заданного.

Для подключения исполнительных органов компания «ОВЕН» дает возможность выбора схем подключения выходных устройств. Это электромагнитное реле, транзисторные оптопары, симисторные оптопары и

твердотельные реле. Для подключения увлажнителя и осушителя воздуха необходима модификация с электромагнитным реле. Схема подключения выходных устройств представлена на рисунке 22.

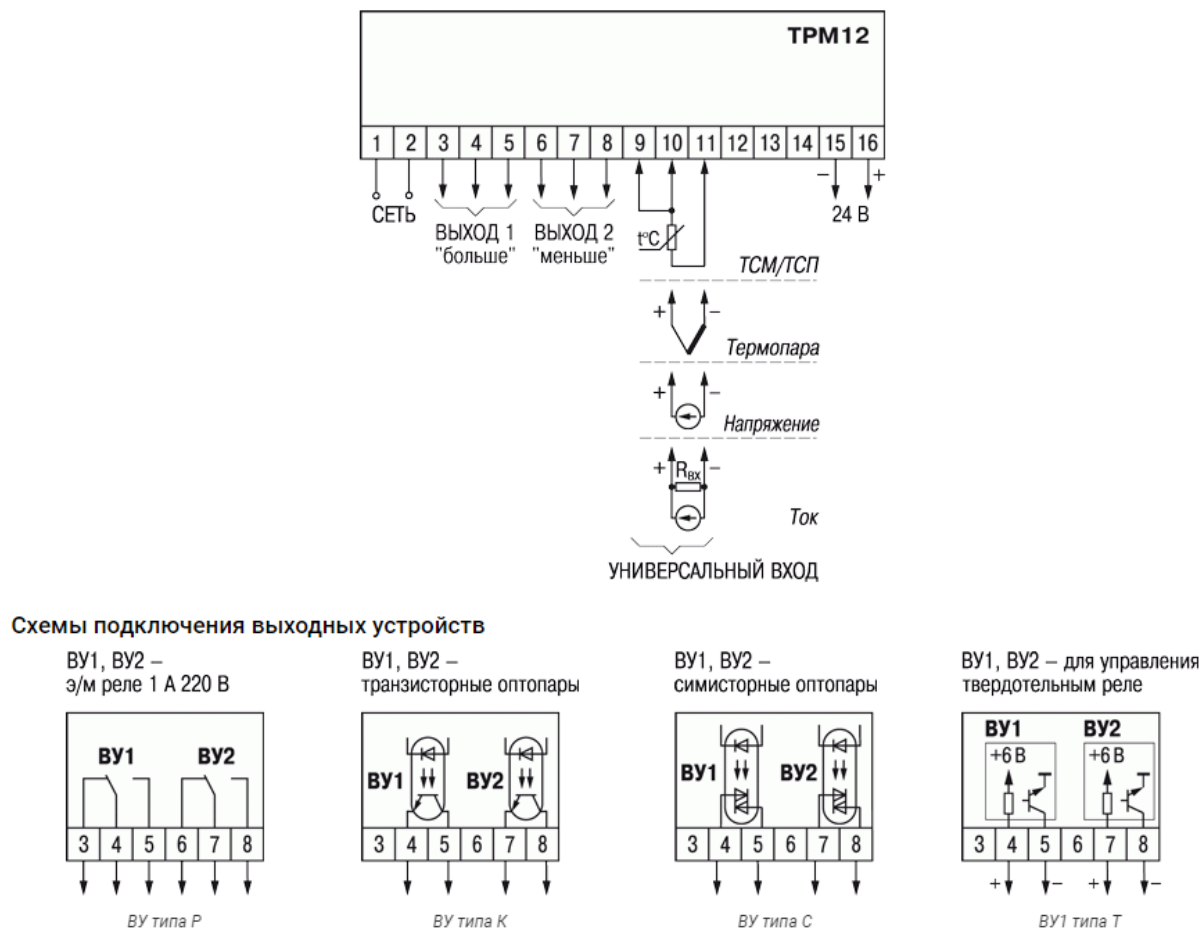


Рисунок 22 - Схема подключения выходных устройств.

Исходя из конфигурации прибора TRM12, для каждого помещения здания требуется индивидуальная установка регулятора.

2.6 Анализ датчиков для разрабатываемой системы

Для автоматизации различных технологических процессов, управления механизмами необходимы многочисленные измерения физических величин. Информацию о параметрах системы получают с помощью датчиков. Датчик

– это устройство, преобразующее входное воздействие физической величины в сигнал, который удобен для дальнейшего использования [32].

Различают два класса датчиков:

- аналоговые (преобразуют аналоговый сигнал из пропорции к изменению входной величины),
- цифровые (генерируют последовательные импульсы или цифровой код, который чаще всего имеет двоичный вид).

Для разрабатываемой системы «Умный офис» необходимо выбрать датчики температуры и влажности. Класс датчиков будет зависеть от конфигурации контроллеров.

2.7 Анализ датчиков температуры

Конфигурация регуляторов ТРМ138 и ТРМ1 предполагает установку универсальных аналоговых входных устройств [24, 25]. Ко входам ТРМ138 и ТРМ1 имеется возможность подключать:

- термопреобразователи сопротивления ТСМ50М/100М, ТСП50П/100П, Pt100,
- термопары ТХК(L), ТХА(K), ТЖК(J), ТНН(N), ТПП(R), ТПП(S), ТВР(A-1);
- датчики с унифицированным выходным сигналом тока 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА;
- датчики с унифицированным выходным сигналом напряжения 0...50 мВ, 0...1 В.

Компания «ОВЕН» имеет в своем ассортименте датчики температуры, далее произведен анализ продукции для выбора подходящего датчика.

Каталог продукции «ОВЕН» содержит термосопротивления, термопреобразователи сопротивления с выходным сигналом 4...20 мА и термопары. На рисунке 23 представлено термосопротивление ДТМхх4.



Рисунок 23 - Термосопротивление ДТМхх4

Все датчики температуры компании «ОВЭН» имеют промышленное исполнение и предназначены для измерения технических жидкостей и пара. Следовательно, для разрабатываемой системы необходимо выбрать датчики от другого производителя.

Подбор датчиков от сторонних производителей осуществляется по конфигурации универсальных входов. Рассмотрим несколько вариантов разных производителей.

Компания Siemens производит большое количество датчиков для измерений, в том числе датчики температуры. Среди ассортимента присутствует датчик измерения температуры комнатный QAA2071 с входным сигналом 4...20 мА. На рисунке 24 представлен внешний вид датчика.



Рисунок 24 - Датчик температуры Siemens QAA2071

Технические характеристики представлены в таблице 5 [16].

Таблица 5 - Характеристики датчика QAA2071

Характеристика	Значение
Аналоговый выход, сигнальный, мА	DC 4...20
Класс защиты	IP30
Рабочее напряжение, В	DC 13.5...35
Размеры (Ш x В x Г), мм	90 x 100 x 36
Диапазон измерения температуры, °С	0...50
Электрические подключения	Винтовые зажимы
Постоянная времени, мин	7
Точность измерений при -50...50 °С, К	±0,9
Дисплей	---

Датчик температуры Siemens QAA2071 разработан на основе чувствительного элемента Ni 1000 (тонкопленочный резистивный элемент).

Основным элементом датчика является терморезистор, который

изменяет свое сопротивление в зависимости от температуры воздуха. Датчики применяются для систем отопления, кондиционирования воздуха, вентиляции.

Далее рассмотрим датчик температуры от этого же производителя QAA 2010. У датчика присутствует чувствительный элемент Pt100, который поддерживается выбранными контроллерами. Внешний вид датчика Siemens QAA2010 представлен на рисунке 25.



Рисунок 25 - Датчик температуры QAA 2010

Внешне рассматриваемые датчики не различаются. Технические характеристики представлены в таблице 6 [8].

Таблица 6 - Характеристики датчика QAA2010

Характеристика	Значение
Чувствительный элемент, температура	Pt100
Класс защиты	IP30
Рабочее напряжение, В	DC 13.5...35
Размеры (Ш x В x Г), мм	90 x 100 x 32
Диапазон измерения температуры, °C	0...50
Электрические подключения	Винтовые зажимы
Постоянная времени, мин	7
Точность измерений при 0...50 °C, К	±0,6
Дисплей	---

Датчик температуры Siemens QAA2010 разработан на основе чувствительного элемента Ni 1000 (тонкопленочный резистивный элемент).

Основным элементом датчика является терморезистор, который изменяет свое сопротивление в зависимости от температуры воздуха. Датчики применяются для систем отопления, кондиционирования воздуха, вентиляции.

На рисунке 26 представлена зависимость точности показаний от температуры воздуха чувствительного элемента [37].

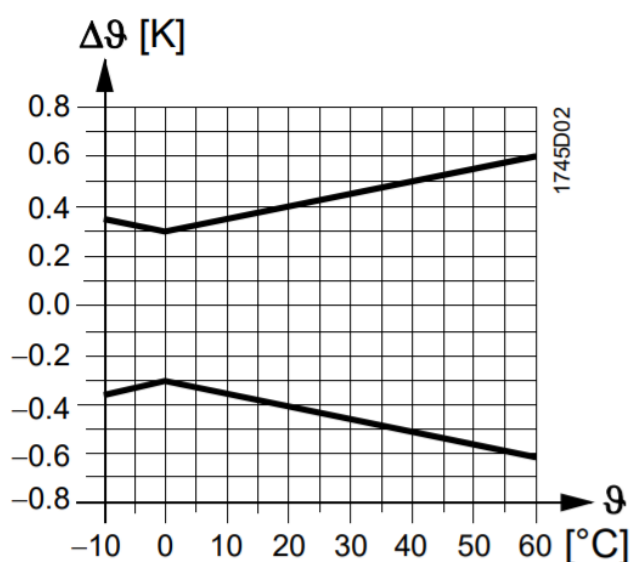


Рисунок 26 - Зависимость погрешности прибора от температуры

Рассмотрим еще один датчик температуры от этого же производителя – Siemens QAA2061. Внешне датчик аналогичен предыдущим, а технические характеристики идентичны QAA2061 [9], кроме параметров входа. В таблице 7 приведено сравнение технических характеристик QAA 2061 и QAA2071.

Таблица 7 - Сравнение характеристик датчиков QAA2071 и QAA2061

Характеристика	QAA2071	QAA2061
Аналоговый выход сигнальный	DC 4...20 мА	DC 0...10 V
Класс защиты	IP30	IP30
Потребление энергии, ВА	≤ 1	≤ 1
Рабочее напряжение, В	DC 13.5...35	AC 24, DC 13.5...35
Размеры (Ш x В x Г), мм	90 x 100 x 36	90 x 100 x 36
Диапазон измерения температуры, °С	0...50	0...50
Электрические подключения	Винтовые зажимы	Винтовые зажимы
Постоянная времени, мин	7	7
Точность измерений при 0...50 °С, К	$\pm 0,9$	$\pm 0,9$
Дисплей	---	---

В большинстве контроллеров для входных параметров используют два типа аналогового сигнала:

- токовый 4...20мА,
- сигнал напряжения 0-10В.

При использовании сигнала 0-10В для определения показания весь диапазон датчика делится на диапазон 0-10В.

У аналогового сигнала 4...20мА «Токовая петля» диапазон датчика находится в пределах от 4 до 20мА. Сигнал 4...20мА имеет ряд преимуществ перед 0-10В:

- сигнал можно передавать на значительно большие расстояния,
- обрыв линии легко диагностировать, поскольку передача сигнала начинается от 4А. Поэтому если на входе ток равен 0, то значит линия оборвана.

Еще одним аналогом для установки является датчик температуры от производителя S+S Regeltechnik. В ассортименте продукции присутствует датчик THERMASGARD RTF1 Pt100, который предназначен для измерения температуры в закрытых сухих помещениях, в жилых, торговых и офисных помещениях. Для передачи входного сигнала используется напряжение 0-10В. Внешний вид датчика представлен на рисунке THERMASGARD RTF1 Pt100 представлен на рисунке 27.



Рисунок 27 – Датчик температуры THERMASGARD RTF1 Pt100

Технические характеристики датчика представлены в таблице 8 [38].

Таблица 8 - Характеристики датчика THERMASGARD RTF1 Pt100

Характеристика	Значение
Диапазон измерения, °С	-30 ...+70
Тип подключения:	по двухпроводной схеме
Размеры, мм	85 x 85 x 27
Измерительный ток	< 0,6 мА (Pt1000) < 1,0 мА (Pt100) < 0,3 мА (Ni1000, Ni1000 ТК5000) < 2,0 мВт (NTC xx) 400 мкА...5 мА (LM235Z)
Электрическое подключение	кабелем 0,14–1,5 мм ²
Допустимая относительная влажность воздуха, %	< 95
Класс защиты:	III
Степень защиты:	IP30

Схема подключения датчика представлена на рисунке 28.

**1 двухпроводное подключение
стандартное исполнение**



Рисунок 28 - Схема подключения датчика THERMASGARD RTF1 Pt100

Исходя из сравнения характеристик, датчики примерно схожи по функционалу. При этом, датчик THERMASGARD RTF1 отличается от других тем, что может измерять данные при более низкой температуре помещения, которая может составлять минус 30°C, но при выборе датчиков этот показатель не будет основным по причине того, что в помещении

температура воздуха будет положительная. Поэтому главным критерием для выбора датчиков температуры будет их стоимость. В таблице приведена стоимость сравниваемых датчиков.

Таблица 9 - Стоимость сравниваемых датчиков

Сравниваемая характеристика	QAA2071	QAA2010	QAA2061	THERMASGARD RTF1
Стоимость, р.	6019	1999	6019	1707

Исходя из стоимости датчиков температуры, к установке применим THERMASGARD RTF1 в количестве 9 штук.

Далее произведем анализ датчиков влажности для разрабатываемой системы.

2.8 Анализ датчиков влажности

Конфигурация ПИД-регулятора ТРМ12 предполагает установку универсальных аналоговых входных устройств. Ко входу ТРМ12 можно подключать [25]:

- термопреобразователи сопротивления типа ТСМ или ТСП 50/100, Pt100;
- термопары ТХК, ТХА, ТНН, ТЖК, ТПП(S), ТПП(R), ТВР(А-1, 2, 3), ТПР(В), ТМК(Т);
- активные датчики с унифицированным сигналом тока 0...5 мА, 0(4)...20 мА или напряжения -50...+50 мВ, 0...1 В.

В каталоге продукции «ОВЭН» присутствует преобразователь влажности и температуры ПВТ10. Прибор предназначен для непрерывного преобразования относительной влажности воздуха и температуры в выходной сигнал 4...20мА. Прибор применяется для измерения параметров в библиотеках, музеях, лабораториях, офисных и складских помещениях и т.д.

Принцип работы прибора основан на перерасчете измеренных значений влажности и температуры воздуха в значение температуры точки росы.

Внешний вид датчика ПВТ10 представлен на рисунке 29.



Рисунок 29 - Датчик влажности и температуры воздуха ПВТ10

Технические характеристики ПВТ10 представлены в таблице 10 [15].

Таблица 10 - Технические характеристики ПВТ10

Характеристика	Значение
Диапазоны измерений относительной влажности RH, %	0...95
Диапазоны измерений температуры окружающего воздуха, °С	- 20...+ 70
Абсолютная погрешность измерения влажности, %	± 3,0
Абсолютная погрешность измерения температуры, °С	± 0,5

Продолжение таблицы 10

Степень пылевлагозащиты	IP20
Время готовности к работе после включения по каналу влажности / температуры, сек	10 / 15
Поддерживаемые интерфейсы и протоколы	Modbus RTU RS-485

Схема подключения датчика и исполнительных органов представлена на рисунке 14.

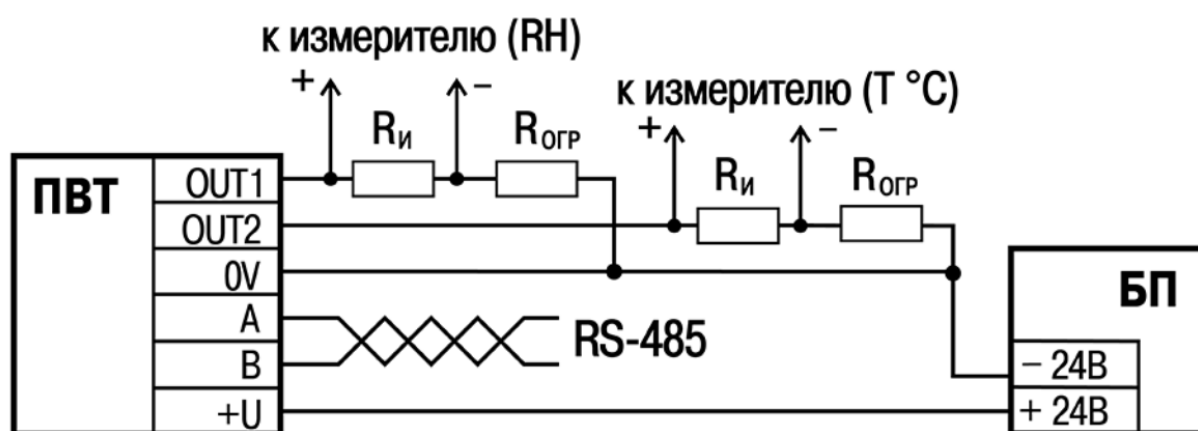


Рисунок 14 - Схема электрических соединений прибора

Соответственно, ПВТ10 имеет двухпроводное питание.

Далее рассмотрим датчик влажности от компании S+S Regeltechnik. В многочисленном ассортименте присутствует датчик HYGRASGARD RFF-I-BD1, который преобразует измеряемые величины в выходной сигнал 4...20мА. Датчик применяется в холодильной технике, системах кондиционирования, в жилых и офисных помещениях. Внешний вид HYGRASGARD RFF-I-BD1 представлен на рисунке 15.



Рисунок 30 - Датчик влажности HYGRASGARD RFF-I-BD1

Далее в таблице 30 приведены технические характеристики рассматриваемого датчика [6].

Таблица 11 - Технические характеристики HYGRASGARD RFF-I-BD1

Характеристика	Значение
Напряжение питания, В	AC 24 В ($\pm 20\%$) DC 15...36 В
Нагрузка	$R_a \text{ (Ом)} = (U_b - 14 \text{ В}) / 0,02 \text{ А}$
Потребляемая мощность	$< 1,1 \text{ В} \cdot \text{А} / 24 \text{ В}$ пост. тока; $< 2,2 \text{ В} \cdot \text{А} / 24 \text{ В}$ перем. тока
Погрешность измерения влажности, %	$\pm 3\%$
Выходной сигнал влажности	4...20 мА
Чувствительные элементы:	цифровой датчик влажности, с интегрированным датчиком температуры, стойкий к конденсату, с малым гистерезисом, высокой долговременной стабильностью
Диапазон измерения влажности, %	0 ... 100
Рабочий диапазон влажности, %	0 ... 95
Степень защиты	IP 30

Подключение токового датчика влажности HYGRASGARD RFF-I-BD1 осуществляется по двухпроводной системе методом токовой петли. Схема подключения представлена на рисунке 31.

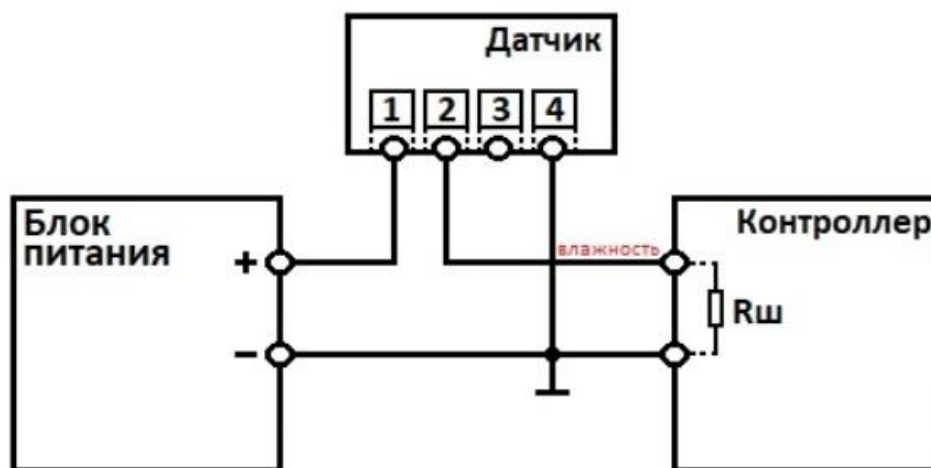


Рисунок 31 - Схема подключения «HYGRASGARD RFF-I-BD1»

Для измерения влажности воздуха в системах вентиляции и кондиционирования, компания Siemens выпускает датчик QFA2000. Причем под этой маркировкой выпускаются не только датчики для измерения влажности воздуха, но также и совмещенный в одном корпусе датчик влажности и датчик температуры. Для разрабатываемой системы необходим вариант только с датчиком влажности, который имеет двухпроводную систему подключения напряжением 0-10В. Измерения показаний влажности происходят при помощи емкостного элемента. Электронный измерительный контур преобразует сигнал, который представляет собой диапазон напряжения от 0 до 10В, от датчика, в пропорциональное значение влажности. Внешне датчик идентичен датчикам температуры от Siemens, которые рассматривались ранее. Технические характеристики датчика представлены в таблице 12 [8].

Таблица 12 - Технические характеристики Siemens QFA2000

Характеристика	Значение
Рабочее напряжение, В	АС 24; DC 13.5...35
Диапазон измерения влажности, %	0...95
Точность измерений, %	±5
Электрические подключения	Винтовые зажимы
Способ монтажа	Винтовые зажимы
Выходной сигнал влажности, В	DC 0...10
Класс защиты	IP30
Размеры (Ш x В x Г), мм	90 x 100 x 36

Рассмотренные датчики влажности и температуры имеют схожие технические характеристики: диапазон измерения влажности воздуха составляет 0-95%, погрешность приборов в необходимом диапазоне относительной влажности составляет плюс-минус 3%. Поэтому выбор датчика осуществлен исходя из стоимости продукта.

Стоимость датчиков составляет:

- ПВТ10 - 7590 р.;
- NYGRASGARD RFF-I-BD1 - 13201 р.;
- Siemens QFA2000 - 11049 р.

Исходя из экономических соображений, для установки в разрабатываемой системе «Умный офис» принят датчик влажности ПВТ10.

Далее произведен выбор увлажнителей и осушителей воздуха.

2.9 Анализ исполнительных органов

2.9.1 Анализ осушителей воздуха

Выбор осушителей воздуха для разработки «Умный офис» производится исходя из объема рассматриваемых помещений. Высота потолков здания составляет 2,75 м. Занесем в таблицу 13 площадь и объем рассматриваемых помещений.

Таблица 13 - Площадь и объем рассматриваемых помещений

Номер помещения	Площадь помещения, м ²	Объем помещения, м ³
1	30	82,5
2	30	82,5
3	36	99
4	36	99
5	48	132
6	36	99

Далее рассчитаем производительность выбираемого осушителя.

Для установки в разрабатываемой системе приняты конденсационные осушители воздуха, поскольку ассимиляционные установки используются в только в системах приточно-вытяжной вентиляции, а абсорбционные установки применяются в промышленности, поскольку имеют большую производительность, применение такого осушителя нецелесообразно по экономическим причинам. Для определения приблизительной производительности осушителя воздуха используется формула 1 [24]:

$$Q = V \cdot 2,0 / 1000 \quad (1)$$

где Q - расчетная производительность, м³/ч;

V - объем помещения, м³.

Результаты произведенного расчета необходимой производительности занесен в таблицу 14.

Таблица 14 - Расчет производительности увлажнителя

Номер помещения	Площадь помещения, м ²	Объем помещения, м ³	Расчетная производительность, м ³ /ч;	Расчетная производительность, л/сут
1	30	82,5	0,165	3,9
2	30	82,5	0,165	3,9
3	36	99	0,198	4,7

Продолжение таблицы 14

4	36	99	0,198	4,7
5	48	132	0,264	6,3
6	36	99	0,198	4,7

Анализ рынка осушителей воздуха показал, что самая минимальная производительность осушителей равняется 10 л/сут. Поэтому осуществлен подбор 2 наиболее оптимальных варианта по производительности и объему бака для конденсата, технические характеристики рассмотренных увлажнителей занесены в таблицу 15 [3, 13].

Таблица 15 - Сравнительная характеристика осушителей воздуха

Характеристика	Neoclima ND-10АН	Ballu BD15N
Площадь помещения, м ²	14	18
Производительность, л/сут	10	15
Емкость бака, л	1,5	2
Мощность, Вт	200	205
Стоимость, р.	10080	11899

Сравнительная характеристика показала, что Ballu BD15N превосходит конкурента по всем параметрам, но цена его выше на 8%. Для разрабатываемой системы выбран Ballu BD15N, поскольку у него производительность в 1,5 раза больше, чем у Neoclima ND-10АН. Это значит, что для достижения относительной влажности воздуха до определенного уровня ему потребуется меньше времени.

Далее произведен анализ рынка увлажнителей воздуха

2.9.2 Анализ увлажнителей воздуха

Как уже ранее было учтено в п.1.3.2, для установки в офисных помещениях наиболее подходящим типом установки увлажнителей воздуха являются ультразвуковые установки. Достоинством таких увлажнителей является малая потребляемая мощность, невысокая температура пара, дешевизна относительно других типов увлажнителей.

Для выбора увлажнителя воздуха необходимо знать минимальное значение относительной влажности в здании в течение года. Опытным путем установлено, что она равняется примерно 30%. Это значение соответствует ГОСТ 30494-2011 для теплого и холодного периода, но в то же время колебания достигают больших значений. Оптимальным значением влажности, которая соответствует ГОСТ для летнего и зимнего периода является 45%. Это значение бралось за основу при подборе увлажнителей воздуха.

Для помещений без вентиляционной системы часовая производительность увлажнителя определяется по формуле 2 [20]:

$$Q = V \cdot N \cdot 1,2 \cdot (X2 - X1) / 1000, \quad (2)$$

где Q - количество влаги, которое необходимо генерировать, г/час,

V - объем помещения, м³;

N - кратность воздухообмена;

1,2 - удельная масса воздуха при нормальных условиях;

$X1$ - абсолютная влажность приточного воздуха, г/м³;

$X2$ - абсолютная влажность воздуха после его увлажнения, г/м³.

Кратность воздухообмена – величина, показывающая, сколько раз за один час происходит полная замена воздуха, для разрабатываемых помещений примем $N=1,5$.

За абсолютную влажность приточного воздуха принято значение 30%, что соответствует 6,6 г/м³ содержания водяного пара в воздухе [22].

Значение абсолютной влажности принято 45%, что соответствует 9,8 г/м³ [22].

Рассчитанные значения производительности увлажнителя внесены в таблицу 16.

Таблица 16 - Расчет производительности увлажнителя

Номер помещения	Площадь помещения, м ²	Объем помещения, м ³	Количество влаги, кг/ч
1	30	82,5	0,475
2	30	82,5	0,475
3	36	99	0,570
4	36	99	0,570
5	48	132	0,760
6	36	99	0,570

Далее произведен выбор увлажнителей воздуха для разрабатываемой системы. Выбор производился на основе производительности и объема резервуара для воды, а также цены устройства.

Среди большого ассортимента увлажнителей воздуха имеются устройства с производительностью 550 мл/ч. Эти устройства пригодны для эксплуатации для всех помещений рассматриваемого здания, кроме помещения 5. Увлажнитель пригоден для установки в помещении 3 и 4, поскольку расчет производился с учетом того, что увлажнителю необходимо поднять относительную влажность с 30 до 45%, на практике работа в таком режиме увлажнитель будет крайне редко. Результаты анализа наиболее подходящих по характеристикам увлажнителей воздуха внесены в таблицу 17 [27, 31].

Таблица 17 - Сравнение характеристик увлажнителей воздуха

Характеристика	BEURER LB88	BORK Cuckoo LH-5311 FN
Мощность, Вт	280	200
Тип увлажнителя	ультразвуковой	ультразвуковой
Тип управления	механическое	электронное
Производительность, мл/час	550	550
Площадь помещения, м ²	48	22
Резервуар для воды, л	6	5
Тип фильтра	для жесткой воды	-
Стоимость, р.	6160	11793

Две выбранные для сравнения модели примерно одинаковы по характеристикам, устройство BORK имеет более низкое энергопотребление, устройство же BEURER LB88 обладает большим резервуаром для воды и почти в два раза ниже по стоимости, поэтому устройство принято для установки в помещении 1,2,3,4,6.

Для помещения 5 необходим увлажнитель воздуха с производительностью 750 г/ч. После анализа определено, что на рынке отсутствуют ультразвуковые увлажнители свыше 550 г/ч. Поэтому для установки приметы 2 увлажнителя.

Результаты анализа увлажнителей воздуха с производительностью свыше 350 г/час занесены в таблицу 18 [28, 30].

Таблица 18 - Сравнение характеристик увлажнителей воздуха

Характеристика	Neoclima NHL-075	Dantex D-H50UCF-(W/B)
Мощность, Вт	50	30
Тип увлажнителя	ультразвуковой	ультразвуковой
Тип управления	механическое	электронное
Производительность, мл/ч	400	400
Площадь помещения, м ²	25	50
Резервуар для воды, л	7	5
Стоимость, р.	5990	6960

На рисунке 31 представлен увлажнитель воздуха Neoclima NHL-075.



Рисунок 31 - Увлажнитель воздуха Neoclimate NHL-075

Из результатов сравнения следует вывод, что наиболее подходящим вариантом для установки является увлажнитель Neoclimate NHL-075, поскольку при той же производительности имеет больший резервуар для воды и стоит на 16% дешевле.

Выводы ко второму разделу

Проведен анализ контроллеров для разрабатываемой системы «Умный офис». Исходя из технических особенностей контроллеров, система поддержания температуры и влажности воздуха будут работать независимо. Для системы поддержания температуры выбраны два контроллера - ТРМ138 и ТРМ1. Для системы поддержания влажности воздуха выбран ПИД-регулятор ТРМ12. Устройство обладает одним входом для подключения датчиков и двумя выходами с применением электромагнитных реле, что позволяет подключить увлажнители и осушители воздуха. Для каждого помещения здания необходимо применить индивидуальный контроллер.

Выполнен анализ и выбор датчиков температуры и влажности воздуха с учетом особенностей конфигурации контроллеров. Для измерения температуры выбран датчик THERMASGARD RTF1, который имеет для подключения к контроллеру универсальный выход 4...20мА, а также меньшую стоимость по сравнению с аналогами.

Для системы поддержания влажности выбран ПВТ-10, который по характеристикам идентичен аналогам, по стоимости значительно ниже. Датчик имеет универсальный выход 4...20мА.

Для выбора осушителей воздуха произведен расчет приблизительной производительности устройств. По результатам расчета для всех рассматриваемых помещений выбран осушитель Ballu BD15N.

Для выбора увлажнителей воздуха произведен расчет приблизительной производительности устройств. По результатам расчета для помещений 1, 2, 3, 4, 6 выбран увлажнитель BEURER LB88. Для помещения 5 производительность этого увлажнителя недостаточна, поэтому произведен выбор двух увлажнителей Neoclima NHL-075, суммарная производительность которых больше расчетной производительности для данного помещения.

3 Выбор расположения датчиков

Для корректного контроля температуры и влажности воздуха недостаточно только подобрать оборудование необходимой конфигурации и класса точности. Необходимо также и правильно расположить датчики и приборы. Расположение датчиков не регламентировано ГОСТ, но имеется ряд условий для получения оптимального результата от регулирования.

3.1 Расположение датчиков температуры

Для комнатных датчиков температуры существуют следующие универсальные условия для установки [7]:

- датчик устанавливается на расстоянии не менее 1,5 метров от пола или потолка,
- на датчик не должны попадать прямые солнечные лучи,
- не рекомендуется устанавливать датчик на сквозняке,
- датчик не должен располагаться за мебелью или шторами,
- датчик не должен размещаться вблизи конвекторов.

При этом, желательна установка датчика температуры на стене, являющейся внутренней перегородкой здания. На рисунке 32 представлено оптимальное расположение датчика температуры в помещении.

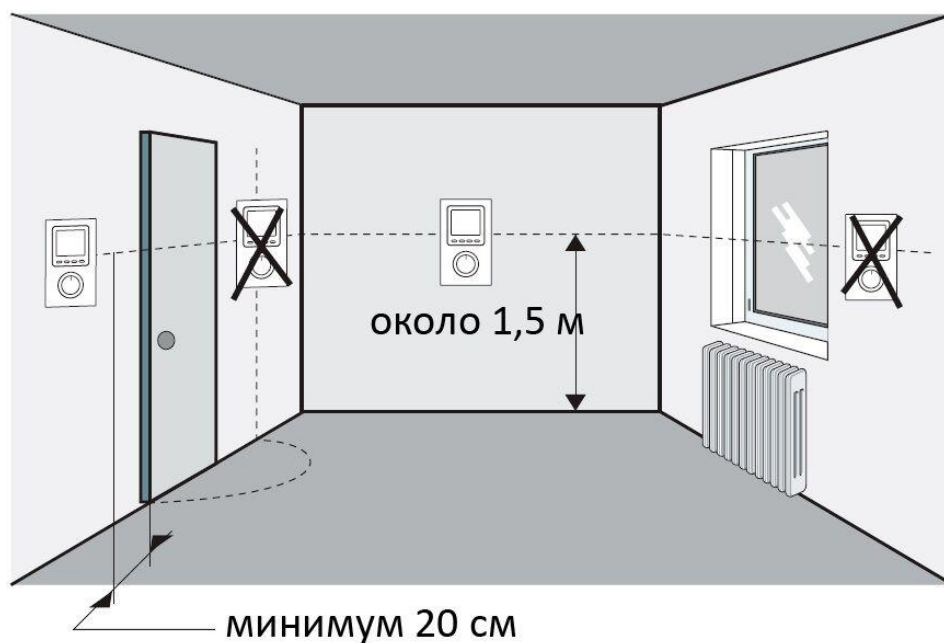


Рисунок 32 - Оптимальное расположение датчиков температуры в помещении

Для определения оптимального места установки датчиков температуры необходимо знать расположение радиаторов в помещении, а также расположение здания относительно движения солнца. На рисунке 33 представлен план здания с учетом расположения конвекторов и оконных проемов.

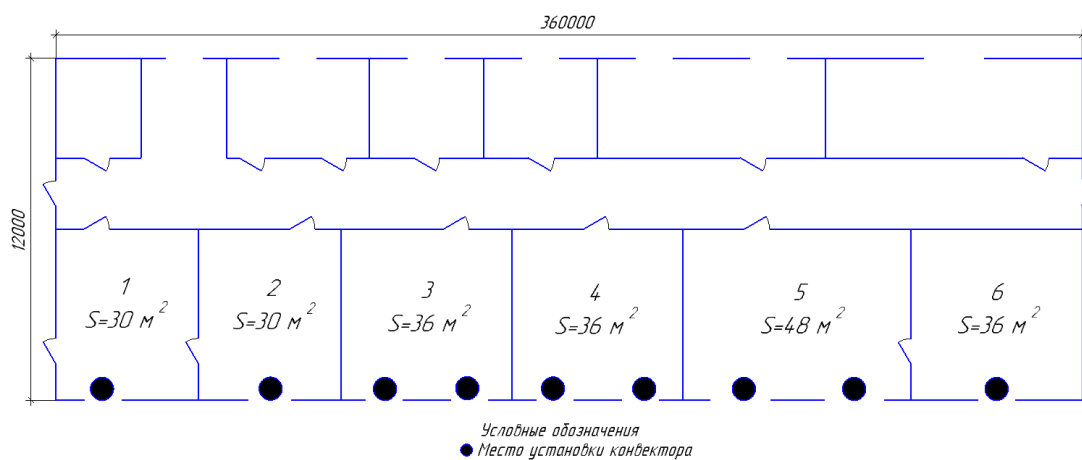


Рисунок 33 - План здания

На рисунке 34 представлен рисунок расположения здания относительно движения солнца в феврале.

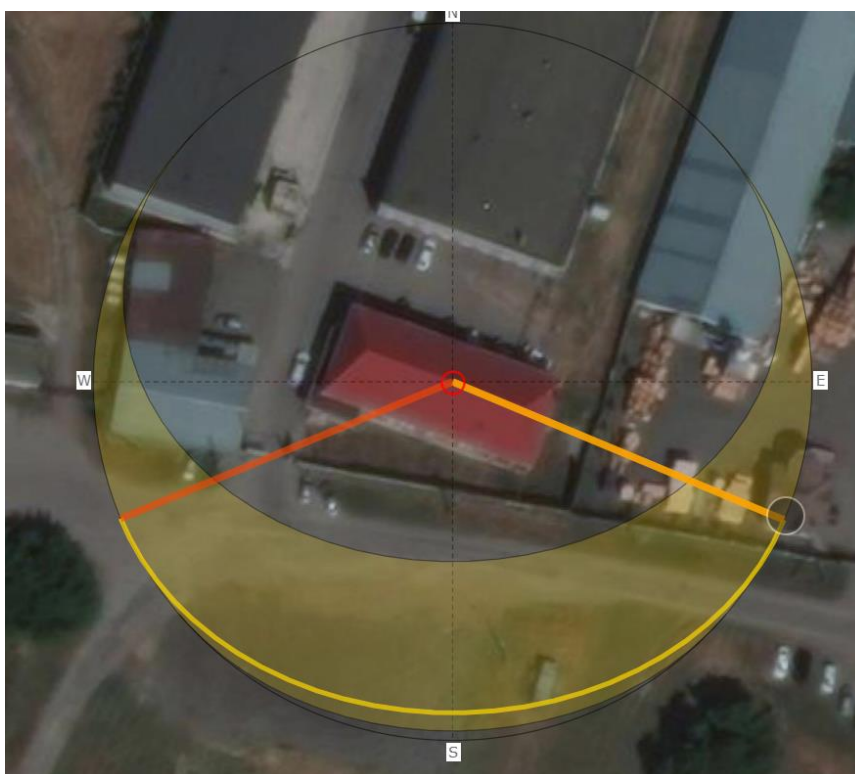


Рисунок 34 - Расположение здания относительно движения солнца

Рассматриваемые помещения расположены с северо-восточной стороны здания. На рисунке 35 расположение солнца во время восхода представлено желтой чертой, соответственно, в зимнее время прямые солнечные лучи не будут попадать в помещения.

Исходя из условий расположения датчиков температуры, на рисунке 4 обозначены оптимальное место их установки.

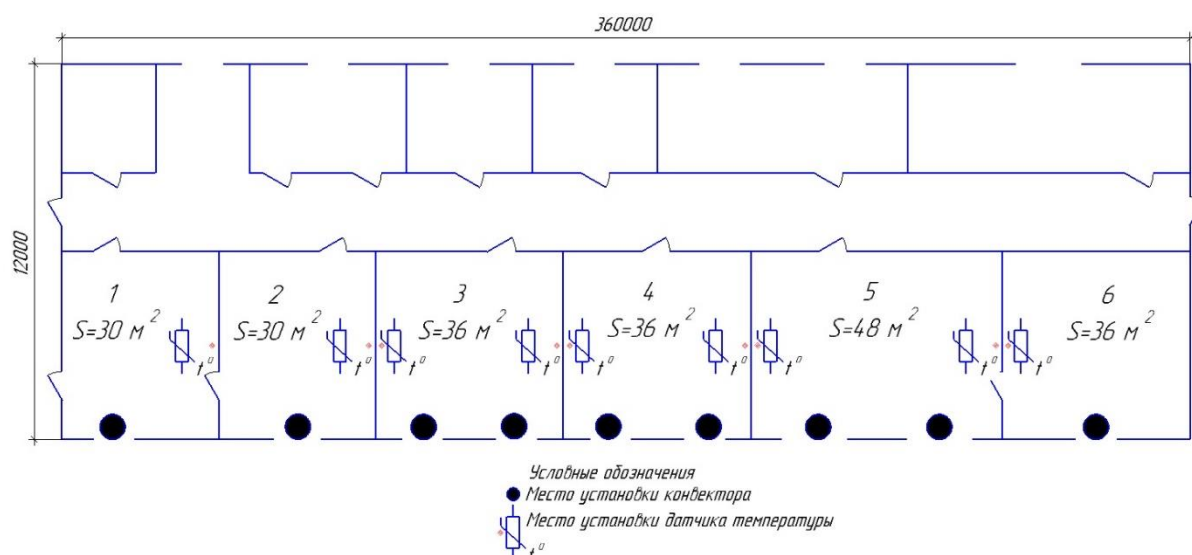


Рисунок 35 - Расположение датчиков температуры

Во всех помещениях датчики температуры устанавливаются по середине стены, поскольку именно там расположена рабочая зона человека. По этой же причине датчики температуры не устанавливаются на стене, где расположены дверные проемы.

В помещении 1 расположение датчика обусловлено тем, что параллельная стена – внешняя. По этой же основанию установлен датчик температуры в помещении 6. По два датчика установлены в помещениях 3, 4, 5, поскольку на каждый конвектор в помещении имеется свой измерительный орган. Это необходимо для того, чтобы распределение тепла в помещении было равномернее.

3.2 Расположение датчиков влажности

Так же, как и для датчиков температуры, достоверность показания измерителей влажности во многом зависит от их места установки. Положение датчиков не регламентируется ГОСТ, но есть общие рекомендации [17].

Не рекомендуют измерители влажности устанавливать:

- рядом с окнами, дверьми,
- вблизи от радиаторов отопления,
- вблизи увлажнителей и осушителей воздуха.

Установка вблизи радиаторов не рекомендуется, поскольку воздух под действием температуры осушается. Установка вблизи окон, балконов и дверей не рекомендуется, поскольку качественный состав воздуха меняется путем проветривания.

Условия расположения датчиков во многом схожи с датчиком температуры, то есть высота от пола устройства должна составлять не менее 1,5 м. На рисунке 5 представлено оптимальное расположение датчиков влажности в помещении.

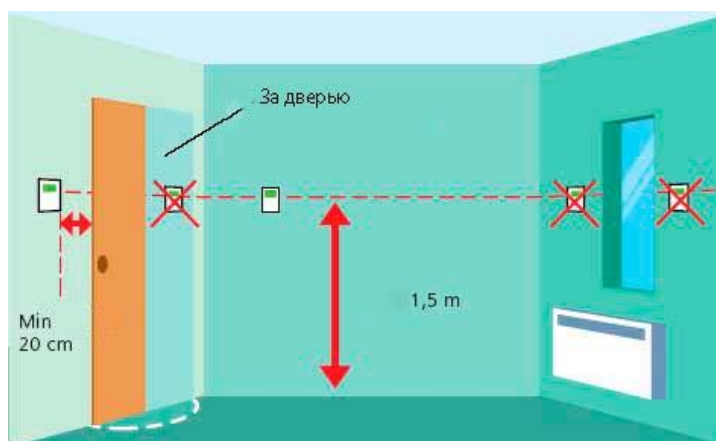


Рисунок 36 - Оптимальное расположение датчиков влажности в помещении

На рисунке 36 изображено оптимальное расположение датчиков влажности.

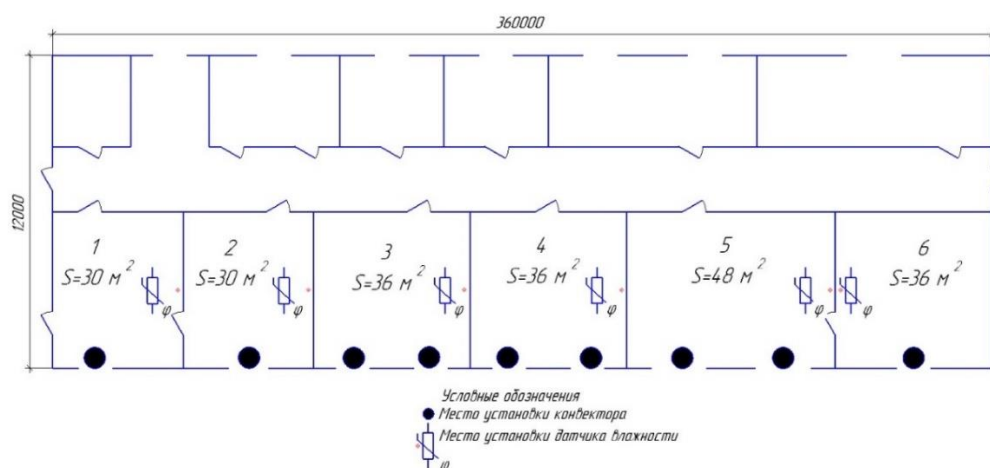


Рисунок 36 - Расположение датчиков влажности

Во всех помещениях датчики устанавливаются по середине относительно стены, поскольку именно там расположена рабочая зона человека. По этой же причине датчики влажности не устанавливаются на стене, где расположены дверные проемы.

Датчики влажности устанавливаются непосредственно вблизи с датчиками температуры еще и для того, чтобы облегчить прокладку питающего кабеля.

Разница между количеством датчиков температуры и датчиков влажности заключается в том, что на один конвектор приходится один датчик температуры, в то же время, для на одно помещение здания требуется лишь один датчик влажности для управления увлажнителем и осушителем воздуха.

3.3.1 Расположение увлажнителей воздуха

На эффективность работы увлажнителей воздуха большое влияние оказывает его место расположения. Нужно учитывать, что расположение прибора на уровне пола бессмысленно, так как устройство не будет увлажнять весь пар. Оптимальной высотой является 0,5 - 1 метр от уровня пола [12].

Работа конвекторов связана с нагревом воздуха и его осушением. Поэтому целесообразно разместить увлажнитель воздуха рядом с конвекторами. Но слишком близкое их расположение приведет к тому, что пар от увлажнителя тоже будет осушаться. На рисунке 37 изображено оптимальное расположение увлажнителей воздуха.

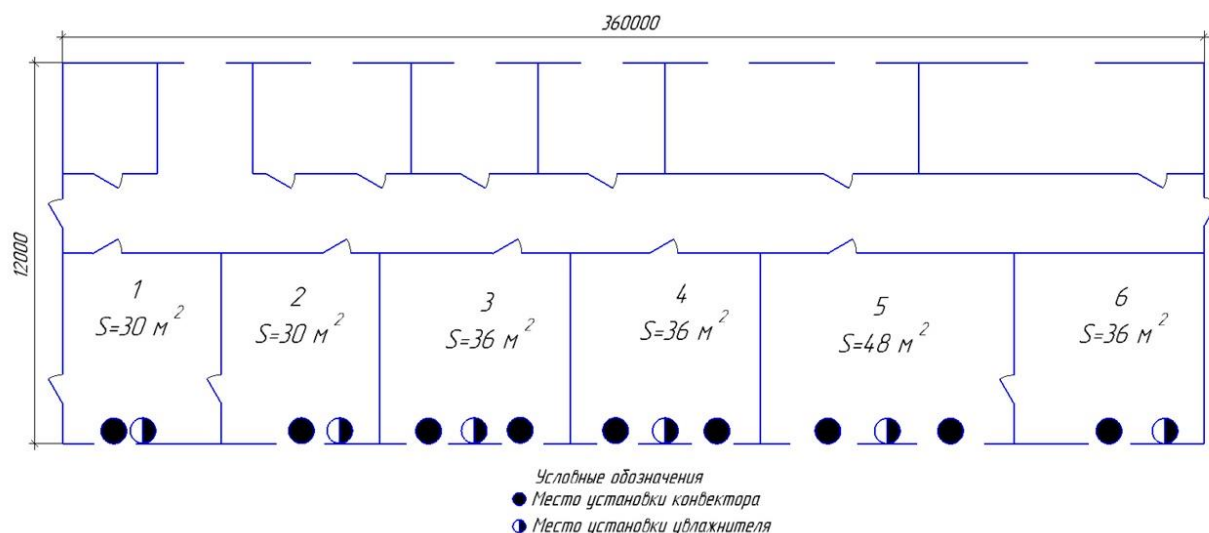


Рисунок 37 - План расположения увлажнителей воздуха

3.3.2 Расположение осушителей воздуха

Осушители воздуха необходимо располагать как можно дальше от радиаторов в следствие того, что и сами конвекторы осушают воздух. При этом, устройства должны находиться на расстоянии от датчика влажности. Поэтому наиболее рационально расположить осушители по центру стены, где у рассматриваемых помещений расположены дверные проемы.

На рисунке 38 изображено расположение осушителей в рассматриваемых помещениях.

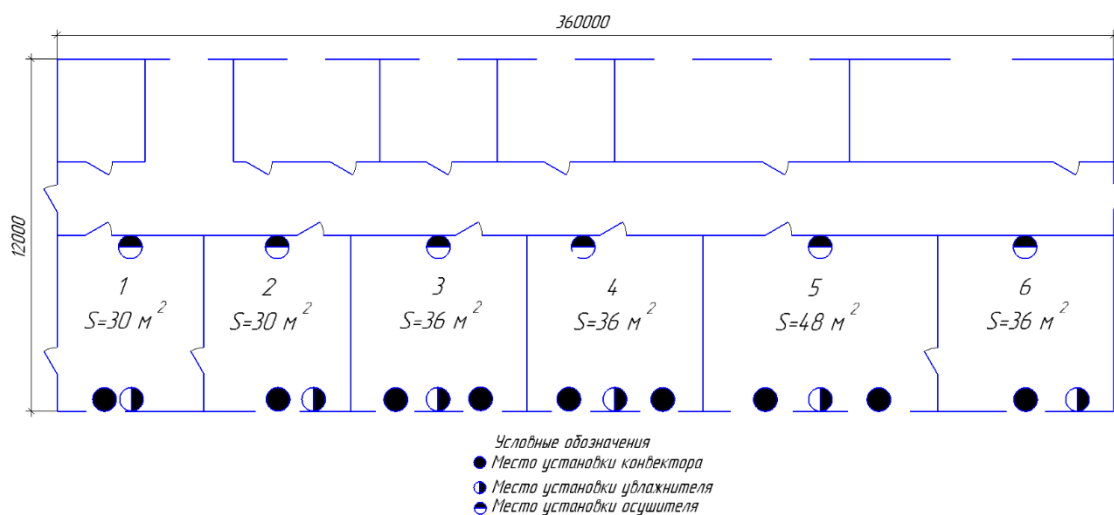


Рисунок 38 - План расположения осушителей воздуха

Изображенное расположение оборудования на рисунке 8 и расположение датчиков на рисунках 4 и 6 позволяет минимизировать воздействие оборудования друг на друга, то есть датчики не будут искажать показания, поскольку исполнительные органы системы расположены на достаточном удалении. Установленный рядом с конвекторами увлажнитель воздуха позволяет насыщать влагой воздух зимой, когда нагретый воздух осушается. Расположение увлажнителей и осушителей по разным сторонам позволяет создавать в определенном роде циркуляцию воздуха, поскольку осушитель имеет встроенный вентилятор, который затягивает увлажненный воздух, при этом возвращая в помещение осушенный воздух.

3.4 Расположение контроллеров

Для разрабатываемой системы предусмотрено установка двух типов контроллеров – для поддержания температуры и поддержания влажности воздуха. Конвекторы управляются от двух контроллеров: ТРМ138 и ТРМ1. Целесообразно их установить у входа в здание. За поддержание влажности отвечают контроллеры ТРМ12, которые одновременно управляют

осушителями и увлажнителями воздуха. Этот контроллер устанавливается индивидуально для каждого помещения. На рисунке 39 изображены места установки контроллеров для разрабатываемой системы

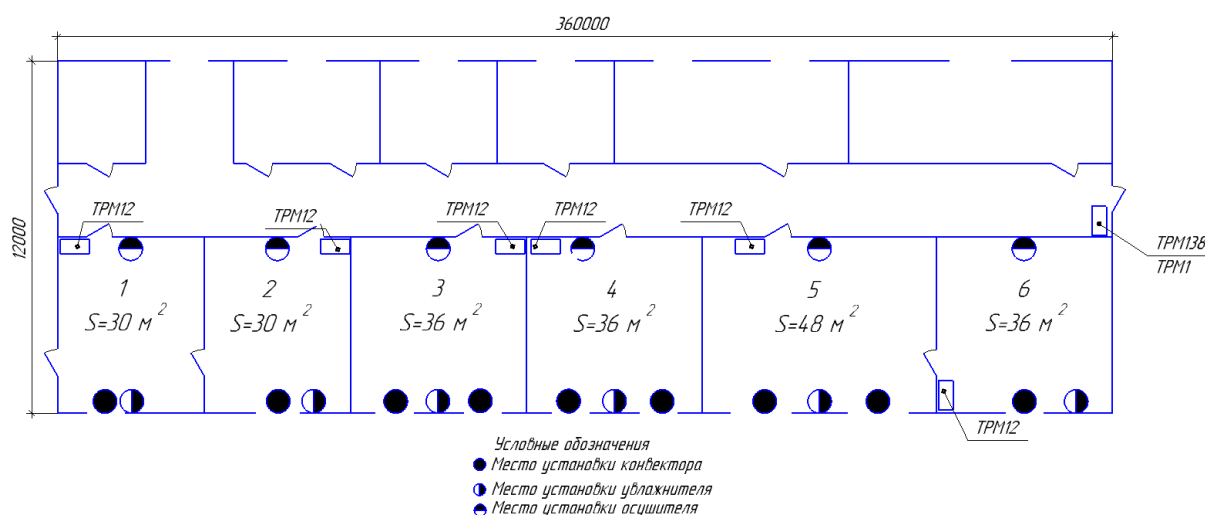


Рисунок 39 - План расположения контроллеров

3.5 Алгоритм работы систем

Исходя из конфигурации контроллеров, работа системы по поддержанию температуры воздуха и поддержания влажности воздуха невозможно в рамках единой системы. Поэтому ранее разработанный алгоритм разделяется на два независимых.

3.5.1 Алгоритм работы системы поддержания температуры

В системе поддержания температуры используется контроллер TPM138 и TPM1 могут работать в нескольких режимах [24, 26]:

- разность между показаниями,
- среднее арифметическое значение,
- скорость изменения величины на входе.

Для разрабатываемой системы оптимальным режимом будет «разность между показаниями». В этом режиме логическое устройство работает в

режиме «двухпозиционный регулятор», который сравнивает показания от датчиков с заданным значением температуры, и выдает управляющий сигнал на включение или отключение нагрузки. На рисунке 40 представлен алгоритм работы системы поддержания температуры воздуха.

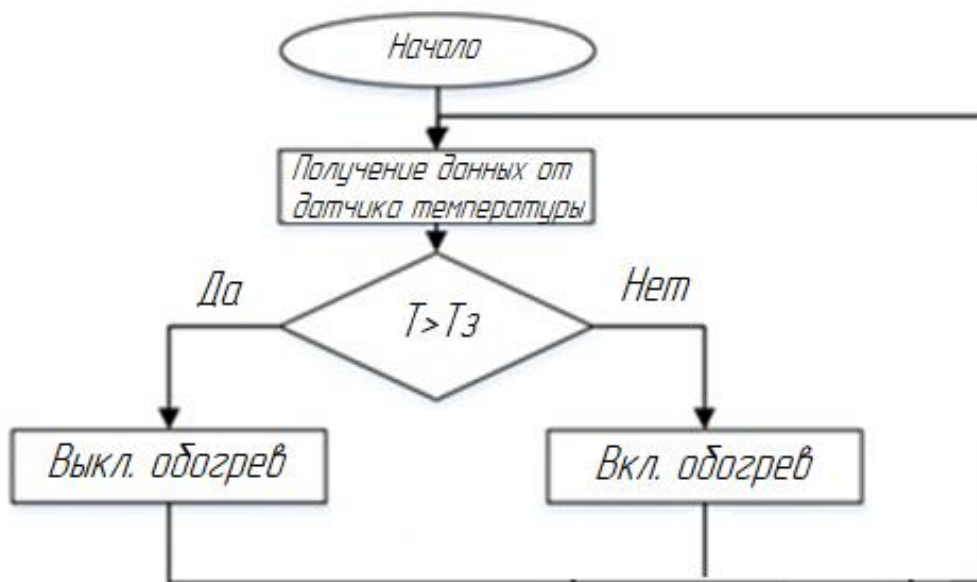


Рисунок 40 - Алгоритм работы системы поддержания температуры воздуха

Для начала работы системы необходимо задать оптимальную температуру воздуха, от которого будет происходить регулирование параметра. Далее происходит циклический процесс поддержания температуры.

Датчики поочередно опрашиваются при помощи коммутатора АК1, управляемого процессором по заданной программе. В программе можно задать степень приоритета датчика, определяющего очередность и частоту опроса. В разрабатываемой системе все датчики имеют одинаковый приоритет, поэтому опрашиваются в порядке очереди.

От коммутатора сигнал поступает на измерительное устройство, где ТРМ138 и ТРМ1 вычисляют значение контролируемой величины, после чего

преобразуют в цифровую форму. Далее информация передается на второй коммутатор АК2 для передачи в логическое устройство.

Логическое устройство сравнивает полученное значение с первоначально заданным значением температуры и подает сигнал на включение или отключение радиаторов.

3.5.2 Алгоритм работы системы поддержания температуры

Регулятор ТРМ12 может работать в 2-х режимах [25]:

- ПИ-регулятор для управления задвижками и трехходовыми клапанами,
- ПИД-регулятор для управления системой «нагреватель - холодильник».

Для разрабатываемой системы необходимо использовать режим «нагреватель - холодильник», поскольку в системе имеются два исполнительных устройства - увлажнитель и осушитель воздуха. На рисунке 41 представлен алгоритм работы системы поддержания влажности воздуха.

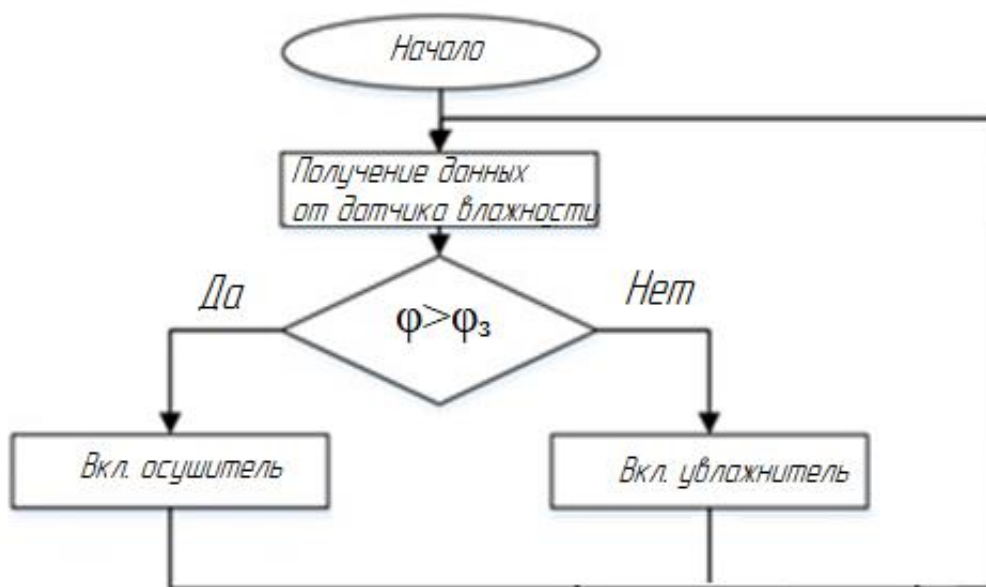


Рисунок 41 - Алгоритм работы системы поддержания влажности воздуха

Перед началом работы в регулятор задается начальное значение влажности воздуха. Далее от датчиков измеренное значение передается на логическое устройство, где происходит анализ данных. Далее от контроллера подается сигнал на исполняющие устройства в соответствии подключенными выходами для увлажнителя и осушителя воздуха.

На рисунке 42 представлен принцип управления исполнительными органами.

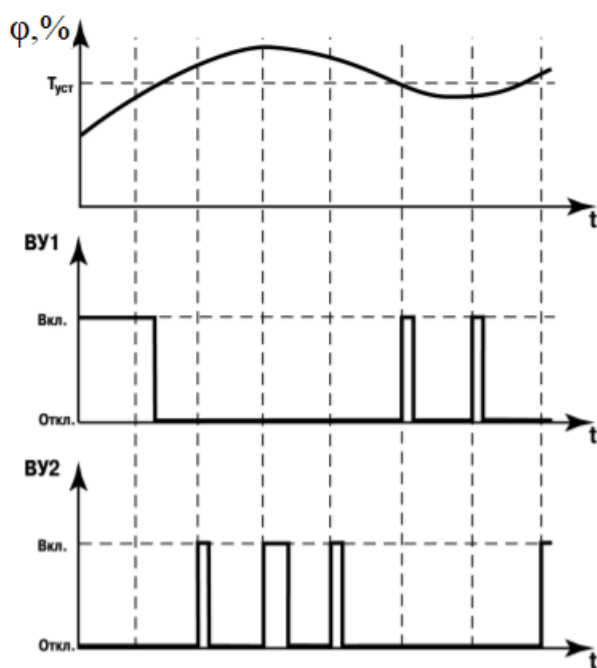


Рисунок 42 - Принцип управления исполнительными органами

Принцип управления исполнительных органов основан на включении приборов, когда значение влажности выходит за порог погрешности.

3.6 Расчет стоимости и мощности оборудования

Немаловажным фактором для рациональности внедрения системы является ее стоимость. В таблице 19 приведена суммарная стоимость оборудования на февраль 2021г., а также приведена их суммарная мощность.

Таблица 19 - Суммарная стоимость системы

Наименование оборудования	Кол-во, шт	Мощность, Вт	Суммарная мощность, Вт	Стоимость, р.	Суммарная стоимость, р.
Конвектор Electrolux Air Gate Transformer ECH/AG2-1000 T	9	1000	9000	-	-
ТРМ138 восьмиканальный регулятор	1	18	18	15624	15624
ТРМ1 регулятор с универсальным входом	1	7	7	3324	23268
ТРМ12 ПИД-регулятор с универсальным входом	6	10	60	6000	36000
Датчик температуры THERMASGARD RTF1	9	-	-	1707	15363
Датчик влажности и температуры ПВТ10	6	-	-	7590	45540
Увлажнитель воздуха Neoclima NHL-075	6	50	300	5990	35940
Осушитель воздуха Ballu BD15N	6	205	1230	11899	71394
Всего	-	-	10615		243129


Также стоит отметить, что радиаторы отопления не будут работать постоянно, соответственно, за счет этого и достигается экономия электроэнергии

Для сравнения выбрана сплит-система Daikin Ururu Sarara FTXR42E/RXR42E с функцией увлажнения воздуха. На рисунке 43 представлено рассматриваемое оборудование.

Характеристики и описание Daikin Ururu Sarara FTXR42E/RXR42E 42 м²



ГДЕ КУПИТЬ 1 ОПИСАНИЕ **ХАРАКТЕРИСТИКИ** ОТЗЫВЫ 24 ОБСУЖДЕНИЕ



от 151 400 р.

[Купить!](#)

Кондиционер Daikin FTXR42E / RXR42E

T-al.ru

✓ С нами 1 год • Доставка: в Самару из Москвы [Пожаловаться](#)

в список добавить в сравнение

Daikin Ururu Sarara FTXR42E/RXR42E 42 м²

Ururu Sarara (топ, увлажнение и приток) увлажнение подмес воздуха инвертор работа в сильный мороз 28 м² **42 м²** 50 м²

Рисунок 43 - Сплит система Daikin Ururu Sarara FTXR42E/RXR42E

Сплит система предназначена для создания комфортного микроклимата в помещении. Особенностью рассматриваемого оборудования в том, что она умеет увлажнять воздух, в отличие от стандартных сплит-систем, которые наоборот осушают воздух. Именно это объясняет высокую стоимость оборудования.

Сплит-система предназначена для помещений площадью до 42 м², то есть для рассматриваемого объекта необходима установка шести таких систем, что по стоимости равняется 908,4 т. р.

Потребляемая мощность равна 4200 Вт в режиме охлаждения и 5100 Вт в режиме обогрева. В таблице 20 приведена стоимость основного оборудования сплит-системы Daikin Ururu Sarara FTXR42E/RXR42E без учета монтажа.

Таблица 20 - Стоимость основного оборудования сплит-системы Daikin Ururu Sarara FTXR42E/RXR42E

Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Максимальная Мощность, Вт	Максимальная Суммарная мощность, Вт	Стоимость, р.	Суммарная стоимость, р.
Сплит система Daikin Ururu Sarara FTXR42E/RXR42E	6	5100	45900	151400	908400

Сравнение стоимости разрабатываемой системы и системы поддержания микроклимата канального типа затруднена тем, что под вторую систему необходимо разрабатывать отдельный проект, который разрабатывается индивидуально. Поэтому сравнение возможно произвести по основному оборудованию.

Для системы поддержания микроклимата канального типа необходима установка канального кондиционера и увлажнителя воздуха. Самым доступным канальным кондиционером является Ballu BDA-60HN1, стоимость которого составляет 154900 р. Самым доступным увлажнителем воздуха для данной площади является Сохра К5, чья стоимость равняется 108459 р. Для такой системы необходима установка по одному устройству в приточную систему. Но существенным недостатком является невозможность контроля параметров воздуха индивидуально в каждом помещении и максимальная мощность 18,6 кВт. При этом, для рассматриваемого объекта необходима также установка вентиляционной системы, что увеличивает стоимость самой системы по поддержанию микроклимата. В таблице 21 представлена стоимость основного оборудования системы поддержания микроклимата канального типа без учета монтажа и монтажа вентиляции.

Таблица 21 - Стоимость основного оборудования системы поддержания микроклимата канального типа

Наименование оборудования	Кол-во, шт	Максимальная Мощность, Вт	Максимальная Суммарная мощность, Вт	Стоимость, р.	Суммарная стоимость, р.
Канальный кондиционер Ballu BDA-60HN1	1	18600	18600	154900	154900
Ультразвуковой увлажнитель воздуха Сохра К5	1	350	350	108459	108459
Всего	-	18950	18950	263359	263359

Как видно из сравнения стоимости оборудования, система по поддержанию микроклимата дороже приблизительно на 20 тыс. р. разрабатываемой системы. При этом, в эту цену не включены монтаж оборудования и монтаж системы вентиляции.

Выводы к третьему разделу

Проведен выбор места установки датчиков влажности и температуры. Датчики расположены таким образом, чтобы исполнительные органы систем не воздействовали на них. При этом учитывалось расположение рабочих зон человека.

Выбраны места установки исполнительных органов. Увлажнитель устанавливается рядом с конвекторами, но на небольшом расстоянии, чтобы осушенный воздух от радиаторов насыщался влагой. Осушитель воздуха устанавливается на противоположной стороне от радиаторов, так как конвекторы, помимо нагрева, еще и осушают воздух. Также выбраны места установки контроллеров.

Разработаны алгоритмы работы систем по поддержанию температуры воздуха и влажности воздуха.

Проведен расчет стоимости оборудования системы без учета монтажа и стоимости конвекторов, так как они уже установлены в офисе. Результат расчета показал, что сумма затрат на систему «Умный офис» составит 263359 р.

Заключение

Проведен анализ экономической эффективности применения терморегуляторов в системе отопления. Выяснено, что за счет оптимизации работы радиаторов отопления возможно сократить расходы на отопление ориентировочно на 20%. Причем, наблюдается зависимость от температуры воздуха на улице и эффективности применения терморегуляторов в системе отопления - чем теплее погода, тем экономический эффект более заметен. Связано это с тем, что при теплой погоде радиаторы находятся больше времени в отключенном состоянии.

Выполнен анализ готовых систем, предлагаемых на рынке оборудования по поддержанию микроклимата.

Разработан метод взаимодействия оборудования разрабатываемой системы между собой, алгоритм работы, а также обзор оборудования для разработки системы «Умный офис».

Проведен анализ контроллеров для разрабатываемой системы «Умный офис». Исходя из технических особенностей контроллеров, система поддержания температуры и влажности воздуха будут работать независимо. Для системы поддержания температуры выбраны 2 контроллера – ТРМ138 и ТРМ1. Применение двух контроллеров связано с тем, что у ТРМ138 имеется всего 8 универсальных входов, в то время, как необходимо 9, поэтому применен еще и контроллер ТРМ1, который по характеристикам схож с ТРМ138.

Для системы поддержания влажности воздуха выбран ПИД-регулятор ТРМ12. Устройство обладает 1 входом для подключения датчиков и 2 выходами с применением электромагнитных реле, что позволяет подключить увлажнители и осушители воздуха. Для каждого помещения здания необходимо применить индивидуальный контроллер.

Проведен анализ и выбор датчиков температуры и влажности воздуха с учетом особенностей конфигурации контроллеров. Для измерения

температуры выбран датчик THERMASGARD RTF1, который имеет для подключения к контроллеру универсальный выход 4...20мА, а также меньшую стоимость по сравнению с аналогами.

Для системы поддержания влажности выбран датчик ПВТ-10, который по характеристикам идентичен аналогам, но стоимость значительно ниже. Датчик имеет универсальный выход 4...20мА.

Для выбора осушителей воздуха произведен расчет приблизительной производительности устройств. По результатам расчета для всех рассматриваемых помещений выбран осушитель Ballu BD15N.

Для выбора увлажнителей воздуха произведен расчет приблизительной производительности устройств. По результатам расчета для помещений 1,2,3,4,6 выбран увлажнитель BEURER LB88. Для помещения 5 производительность этого увлажнителя недостаточна, поэтому произведен выбор 2-х увлажнителей Neoclimate NHL-075, суммарная производительность которых больше расчетной производительности для данного помещения.

Выбраны места установки датчиков влажности и температуры. Датчики расположены таким образом, чтобы исполнительные органы систем не воздействовали на них. При этом учитывалось расположение рабочих зон человека.

Определены места установки исполнительных органов. Увлажнитель устанавливается рядом с конвекторами, но на небольшом расстоянии, чтобы осушенный воздух от радиаторов насыщался влагой. Осушитель воздуха устанавливается на противоположной стороне от радиаторов, так как конвекторы, помимо нагрева, еще и осушают воздух. Также выбраны места установки контроллеров.

Разработаны алгоритмы работы систем по поддержанию температуры воздуха и влажности воздуха.

Рассчитана стоимость оборудования системы без учета монтажа и стоимости конвекторов, так как они уже установлены в офисе. Результат расчета показал, что сумма затрат на систему «Умный офис» составит 263359

р. Произведено сравнение стоимости разработанной системы, сплит-системы с увлажнением воздуха и системы поддержания микроклимата канального типа.

Разработанная система по поддержанию микроклимата позволяет довольно точно поддерживать влажность на оптимальном уровне за счет применения датчиком и регуляторов с небольшой погрешностью. При этом, диапазон поддержания значения влажности можно выставить с помощью контроллера.

Система по поддержанию температуры воздуха, дает возможность в зимнее время сэкономить электроэнергию, управляя электрическими конвекторами.

Таким образом, разработанная система позволяет достичь повышение эффективности использования энергетических ресурсов за счет регулирования работы электрических конвекторов, при этом создавая оптимальный микроклимат в помещении.

Список используемых источников

1. Барабанщиков А.В., Самафалов И.С. Нормативные параметры для проектирования систем автоматизации управления микроклиматом и освещенности // Студенческий вестник. Научный журнал. - 2021. - №6. - С. 40.
2. Барабанщиков А.В., Самафалов И.С. Системы автоматизации в современных строительных проектах // Студенческий вестник. Научный журнал. - 2021. - №6. - С. 20.
3. Бытовой осушитель воздуха Neoclima ND-10AH // <https://mircli.ru/> URL: <https://mircli.ru/Neoclima-ND-10AH/> (дата обращения: 17.12.2020).
4. Виды увлажнителей воздуха для квартиры: их особенности, принцип работы, преимущества и недостатки // <https://ventilsystem.ru/> URL: <https://ventilsystem.ru/klimaticheskaya-texnika/uvlazhniteli-ochistiteli/vidy-uvlazhnitelej-vozduxa.html#prettyPhoto> (дата обращения: 10.12.2019).
5. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Введ. 2013-01-01. – М: Изд. Стандартинформ 2013 – 12 с.
6. Датчик влажности и температуры в помещении, ($\pm 2,0$ %), для открытой установки, калибруемый, с активным / пассивным выходом // <https://www.energometrika.ru> URL: https://www.energometrika.ru/product_files/678/RFF_datasheet_ru.pdf (дата обращения: 17.12.2020).
7. ДАТЧИК ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ // <https://aeroptimo.ru/wp-content/uploads/2017/05/%D0%A0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE-%D0%BF%D0%BE-%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%B0%D0%B6%D1%83-%D0%B8-%D1%8D%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%BB%D1%83%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8-2.pdf> (дата обращения: 05.03.2021).

8. Датчик температуры воздуха для помещений QAA2010 // <https://www.av-avtomatika.ru/> URL: https://www.av-avtomatika.ru/datchik_temperaturi_vozduha_dlya_pomeshcheniy_qaa2010/ (дата обращения: 17.12.2020).

9. Датчик температуры воздуха для помещений QAA2061 // <https://www.av-avtomatika.ru/> URL: https://www.av-avtomatika.ru/datchik_temperaturi_vozduha_dlya_pomeshcheniy_qaa2061/ (дата обращения: 17.12.2020).

10. Датчик температуры воздуха для помещений QAA2071 // <https://www.av-avtomatika.ru/> URL: https://www.av-avtomatika.ru/datchik_temperaturi_vozduha_dlya_pomeshcheniy_qaa2071/ (дата обращения: 17.12.2020).

11. Комнатный датчик влажности QFA2000 // https://www.av-avtomatika.ru URL: https://www.av-avtomatika.ru/komnatniy_datchik_vlagnosti_qfa2000/ (дата обращения: 17.12.2020).

12. Куда ставить увлажнитель воздуха в комнате // <https://homeasking.com> URL: <https://homeasking.com/kuda-stavit-uvlazhnitel-vozduha-v-komnate/> (дата обращения: 05.03.2021).

13. Осушитель воздуха BALLU BD15N // <https://alcomfort.ru> URL: https://alcomfort.ru/product/71738-osusitel-vozduxa-ballu-bd15n?yclid=7664657090624392390&utm_source=rcy&utm_medium=yd&utm_campaign=57111235 (дата обращения: 17.12.2020).

14. ПАСПОРТ И ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ РЭЛС.422337.65 ПС // <https://relsib.com> URL: <https://relsib.com/uploads/tiny/documents/passports/Passport-EClerk-ECO-P.pdf> (дата обращения: 15.07.2020).

15. ПВТ10 датчик (преобразователь) влажности и температуры воздуха // <https://owen.ru> URL: <https://owen.ru/product/pvt10> (дата обращения: 17.12.2020).

16. ПИД-регулятор // <https://dic.academic.ru> URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/214111> (дата обращения: 15.07.2020).
17. Принцип работы датчика влажности воздуха дома и советы по его подключению // <https://datchikidoma.ru> URL: <https://datchikidoma.ru/avtomatika-inzheneryh-sistem/datchik-vlazhnosti-vozduha-doma#i-3> (дата обращения: 05.03.2021).
18. Принцип работы пид регулятора // <https://trubymaster.ru> URL: <https://trubymaster.ru/princip-raboty-pid-reguljatora/> (дата обращения: 15.07.2020).
19. Разоренов Н.Г. Регулирование теплопотребления в малоэтажных зданиях существующей застройки // ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ . 2017. №8. С. 40-46.
20. Расчет и выбор увлажнителя воздуха // <http://www.norris.ru> URL: <http://www.norris.ru/nrsn/ng2103.html> (дата обращения: 17.12.2020).
21. Самафалов И.С., Барабанщиков А.В. Способ регулирования температуры в здании при помощи автоматизации регулирующего клапана системы отопления / // Студенческий вестник. Научный журнал. - 2021. - №5. - С. 101.
22. Содержание = количество (масса) воды во влажном воздухе, г/м³ = кг/1000м³ в зависимости от относительной влажности воздуха в %. Увлажнение воздуха водяным паром, таблица. // Инженерный справочник DPVA URL: <https://dpva.ru/Guide/GuidePhysics/Humidity/VapourMassInWetAir/> (дата обращения: 17.12.2020).
23. Типы осушителей воздуха // <https://masterxoloda.ru/> URL: <https://masterxoloda.ru/2/tipy-osushitelej-vozduha> (дата обращения: 15.12.2019).
24. ТРМ1 регулятор с универсальным входом // <https://owen.ru/product> URL: <https://owen.ru/product/trm1> (дата обращения: 15.07.2020).

25. ТРМ12 ПИД-регулятор с универсальным входом для задвижек // <https://owen.ru/product> URL: <https://owen.ru/product/trm12> (дата обращения: 15.07.2020).

26. ТРМ138 восьмиканальный регулятор с RS-485 // <https://owen.ru/product> URL: <https://owen.ru/product/trm138> (дата обращения: 15.07.2020).

27. Увлажнитель воздуха Beurer LB 88 // <https://www.beurer.com> URL: https://www.beurer.com/web/ru/products/wellbeing/air-and-aroma/air-purifiers_air-washers_air-humidifiers/lb-88-white.php (дата обращения: 17.12.2020).

28. УВЛАЖНИТЕЛЬ ВОЗДУХА NEOCLIMA NHL-075 // <https://www.neoclima.ru> URL: <https://www.neoclima.ru/obrabotka-vozduha/uvlazhniteli-vozduha/uvlazhnitel-vozduha-nhl-075> (дата обращения: 18.12.2020).

29. Угорова, С. В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение : курс лекций / С. В. Угорова ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2015. – 128 с.

30. Ультразвуковой увлажнитель воздуха D-H50UCF-B // DANTEX Кондиционеры для мегаполиса URL: <https://dantex.ru/products/yvlagniteli/yvlagnitelivozduha/dh50ucfb/> (дата обращения: 18.12.2020).

31. Ультразвуковой увлажнитель воздуха LH-5311FN // <http://www.cuckoo.ru/> URL: <http://www.cuckoo.ru/assets/Uploads/LH-5311FN-5311N.pdf> (дата обращения: 17.12.2020).

32. Шарапов В.М., Полищук Е.С., Кошевой Н.Д., Ишанин Г.Г., Минаев И.Г., Совлуков А.С. Датчики: Справочное пособие. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2012. 617 с.

33. ЭМПИРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ФОРМУЛЫ/ Краткое справочное руководство // <https://www.dantherm.com/ru> URL: <https://www.dantherm.com/ru/sistemy-osusheniya-vozdukh/mobil-nye-osushiteli->

vozdukha/ustranenie-posledstviy-zatopleniya/empiricheskie-dannye-i-formuly/
(дата обращения: 17.12.2020).

34. Just How Does an Air Conditioning System Work? // Interesting engineering URL: <https://interestingengineering.com/just-how-does-an-air-conditioning-system-work> (дата обращения: 02.03.2021).

35. Meshcheryakova T. Increase in energy efficiency of the residential building in Russia // International Scientific Conference Environmental Science for Construction Industry – ESCI 2018. 2018. №193. P. 8.

36. Reducing High Energy Demand Associated with Air-Conditioning Needs in Saudi Arabia // <https://www.mdpi.com/> URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/1/87/htm> (дата обращения: 01.05.2020).

37. Room Temperature Sensors QAA20... // <https://www.av-avtomatika.ru/> URL: <https://www.av-avtomatika.ru/userfiles/file/QAA2010%255fDatasheet%255fen.pdf> (дата обращения: 17.12.2020).

38. RTF1 - датчик температуры для помещений // <https://regeltechnik.com.ru/> URL: <https://regeltechnik.com.ru/products/temperature-passive/room/rtf1> (дата обращения: 17.12.2020).

39. Shelekhov I., Dorofeeva N., Shelekhov M. Application of energy-efficient methods in heating systems of industrial and public buildings // International Scientific Conference “Investment, Construction, Real Estate: New Technologies and Special-Purpose Development Priorities” (ICRE 2018). 2018. №212. P. 5.

40. Yuan X., 2015. Analysis on Electrical Automation Systems in Architectural Engineering. World construction, Volume 4 (Issue 1). URL: https://www.researchgate.net/publication/313886736_Analysis_on_Electrical_Automation_Systems_in_Architectural_Engineering. (дата обращения: 10.02.2021).