Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно – Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Автоматика и управление»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА
Рецензент, главный инженер
ООО «Инженерные Технологии»
_______/ Н.В. Анурин
_____ 2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой «АиУ»
д.т.н., профессор
_______/ Л.С. Казаринов
_____ 2019 г.

Автоматизированная система климат-контроля складского помещения

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

ЮУрГУ – 150404.2019.228.ПЗ ВКР

Руководитель проекта
К.т.н., доцент каф. «АиУ»
_____/ А.Р.Хасанов
«____» _____ 2019 г.

Автор проекта
студент группы КЭ-227
_____/ И.А.Романов
«____» _____ 2019 г.

Нормоконтролер
К.т.н., доцент каф. «АиУ»
_____/Барбасова Т.А.
«____» _____ 2019 г.

Челябинск 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно – Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Автоматика и управление»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой «АиУ»
д.т.н. профессор
_____/ Л.С. Казаринов
_____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ
На выпускную квалификационную работу студента

_____Романова Ивана Александровича_____

Группа КЭ-227

1 Тема работы

_____Автоматизированная система климат контроля складского помещения

утверждена приказом по университету от ___ _____ 2019 г. № _____

2 Срок сдачи студентом законченной работы_____

3 Исходные данные к работе

Параметры помещения (длина 15м, ширина 10м, высота 3м, одна внешняя стена, шесть окон, ширина окна 1,2м высота окна 1,3м). Для смс уведомления использовать модем GSM-IT. Поддерживаемая температура воздуха должна составлять 20±5°С и удовлетворять ОФС.1.1.0010.18 «Хранение лекарственных средств». В качестве датчиков температуры воздуха использовать регистраторы DS1922L-F5. Нагреватель и вентилятор компании «Ровен». Блок питания DRP-480-24. Система управления на базе оборудования компании ООО «Инженерные Технологии».

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

_____Сведения о системах климат-контроля._____
_____Теплотехнический расчет помещения._____

_____Картирование помещения._____
_____Моделирование системы управления климат-контроля в среде MATLAB.
_____Автоматизированная система управления климат-контроля гигротермон._

5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в листах формата А4)

_____ Структурная схема системы управления_____

_____ Схема установки датчиков контроля температуры внутреннего воздуха_

_____Схема автоматизации_____

_____Схема электрическая принципиальная_____

Всего __74__листов

6 Консультанты по работе, с указанием относящихся к ним разделов работы

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал (консультант)	Задание принял (студент)
Сведения о системах климат-контроля	А.Р. Хасанов		
Теплотехнический расчет помещения	А.Р. Хасанов		
Картирование помещения	А.Р. Хасанов		
Моделирование системы управления климат-контроля в среде MATLAB	А.Р. Хасанов		
Автоматизированная система климат-контроля гигротермон	А.Р. Хасанов		

7 Дата выдачи задания____

Руководитель_____/ А.Р. Хасанов

Задание принял к исполнению_____ / И.А. Романов

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении руководителя
Сведения о системах климат-контроля		
Теплотехнический расчет помещения		
Картирование помещения		
Моделирование системы управления климат-контроля в среде MATLAB		
Автоматизированная система климат-контроля гигротермон		

Заведующий кафедрой _____/ Л.С. Казаринов

Руководитель работы _____/ А.Р. Хасанов

Студент КЭ-227 _____/ И.А. Романов

Аннотация

Романов И.А. Автоматизированная система управления климат-контроля складского помещения. Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе. – Челябинск ЮУрГУ, 2019, 86 с., 39 ил., 16 табл., библиогр. список – 80 наим.

В данной работе рассматриваются основные сведения систем климат-контроля температуры воздуха в складском помещении. Разработка модели системы управления температуры воздуха складского помещения в среде MATLAB с учетом возмущающих воздействий. Анализ данных температурного картирования помещения, с последующим выбором точек контроля. Подбор оборудования, для реализации автоматизированной системы климат-контроля складского помещения.

При разработке системы использовалась пакеты MATLAB, Microsoft Office, AutoCAD.

Приложение содержит:

1. Графики
2. Схемы и чертежи
3. Проектная документация

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 8
1 СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ 10
1.1 Классификация систем климат-контроля воздуха 10
1.2 Классификация систем вентиляции 11
1.3 Системы кондиционирования 14
2 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПОМЕЩЕНИЯ 17
2.1 Описание объекта 17
2.1.1 Расчет теплопотерь за счет вентиляции (инфильтрации) 19
2.1.2 Теплопотери через окна 20
2.1.3 Расчет теплопотерь через стены 21
2.1.4 Потери тепла через полы 22
2.1.5 Потери тепла через потолок 24
3 КАРТИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЯ 27
4 МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ В СРЕДЕ MATLAB 35
5 АТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ ГИГРОТЕРМОН 42
5.1 Прибор гигротермон 42
5.1.1 Принцип работы 45
5.1.2 Подключение датчиков и модулей расширения 47
5.2 Интерфейс rs485 51
5.6 Сигнализация 53
5.4 Нагреватель 59
5.5 Вентилятор 60
5.6 Программное обеспечение "Гигротермон-АРМ" 61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 65
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 67

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А Графики..... 75

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Схемы и чертижи 76

ПРИЛОЖЕНИЕ В Проектная документация 77

ВВЕДЕНИЕ

Системы климат-контроля воздуха – это системы которые автоматически поддерживают в помещениях основные параметры микроклимата: температура, влажность, чистоты, давление, запахи, скорость движения воздуха. Для реализации системы необходимо проводить ряд технических средств. Которые включают в себя фильтрацию воздуха от примесей, подогрев или охлаждение воздуха до требуемых параметров, поддержка относительной влажности воздуха. Правильность расположении вентиляции, для равномерного распределения воздуха в помещении, а также средства для автоматического регулирования и управления. Эффективный контроль и регулирование климата внутри зданий и домов является ключом к обеспечению людей, живущих и работающих там, здоровой и продуктивной окружающей средой, обеспечивая при этом наилучшую энергоэффективность с точки зрения затрат и экологической осведомленности.

Современные системы климат-контроля, в том числе системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC), а также кондиционеры, распределители затрат на тепло, термостаты и системы контроля качества воздуха становятся все более интеллектуальными, чтобы в полной мере использовать преимущества интеллектуальных технологий.

Поскольку каждая система климат-контроля основана на измерении физических переменных, для эффективного мониторинга и контроля температуры, влажности, окружающего освещения и качества воздуха необходимо использовать большое количество датчиков окружающей среды, и в то же время любое задействованное устройство должно работать с максимально возможной энергоэффективность.

Для проектирования систем климат контроля воздуха, производиться расчет несколькими способами:

- теплопотери;
- избыточные тепловыделения;

− содержания вредных газов или пыли;

− влаговыделения.

В данной работе применяется вариант включающий расчет теплопотерь помещения:

− внешняя стена;

− пол и потолок;

− оконные проемы;

− инфильтрацию.

Обеспечение требуемых параметров воздушной среды помещений различного назначения регламентируется соответствующими строительными нормами и правилами (СНиП), техническими условиями (ТУ) и другими нормативными документами.

Цель данной работы – это изучить основные понятие систем климат-контроля воздуха и существующих математических и компьютерных моделей для последующей реализаций автоматизированной системы климат-контроля складского помещения.

Задачи:

1. Разработка модели системы управления температуры воздуха складского помещения.

2. Теплотехнический расчет помещения.

3. Анализ данных температурного картирования помещения, с последующим выбором точек контроля.

4. Подбор оборудования, для реализации автоматизированной системы климат-контроля складского помещения.

1 СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ

1.1 Классификация систем климат-контроля воздуха

Главное назначение систем климат-контроля это поддержание требуемых параметров в помещении. Таким образом существуют несколько видов систем по назначению:

- комфортные;
- технологические;
- комфортно-технологические.

Назначение комфортных систем подразумевает нормируемые параметры воздуха для человека. Технологические – параметры технологического процесса. Комфортно-технологические – это смесь двух предыдущих, но в условиях постоянного пребывания обслуживающего персонала.

По принципу централизации их функций системы климат-контроля различают центральные, местные, неавтономные и автономные.

В центральных системах источники холода и теплоты централизованы. Распределение воздуха по отдельным помещениям производится с помощью разветвленных сетей воздуховодов[1].

Местные неавтономные системы имеют централизованные источники холода и теплоты. Обработка воздуха производится в местных кондиционерах, которые располагают непосредственно в обслуживаемых ими помещениях. В этом случае система распределительных воздуховодов отсутствует. Питание местных неавтономных кондиционеров теплоносителем и хладоносителем производится с помощью трубопроводов, с центральными источниками теплоты и холода.

Автономные системы отличаются тем, что в каждом кондиционируемом помещении устанавливают автономные кондиционеры с индивидуальными, встроенными в общий корпус, кондиционера, холодильными машинами. Кроме перечисленных систем, возможны и другие устройства кондиционирования воздуха.

По режиму работы кондиционеры подразделяются на круглогодичные, поддерживающие требуемые параметры воздуха в течение всего года, и сезонные, осуществляющие для холодного периода нагрев и увлажнение воздуха, а для теплого периода – охлаждение и осушение воздуха.

По давлению, развиваемому вентилятором, различают системы кондиционирования воздуха низкого (АР< 1,0 кПа), среднего (1,0< АР< 3,0 кПа) и высокого давления (АР > 3,0 кПа).

По схеме обработки воздуха системы климат-контроля бывают прямоточные, характерные тем, что обработке в кондиционере подлежит только наружный (свежий) воздух, и рециркуляционные, характеризующиеся обработкой в кондиционерах смеси наружного и части рециркуляционного (отработавшего) воздуха.

1.2 Классификация систем вентиляции

«HVAC» относится к отопительной вентиляции и кондиционированию воздуха, которые могут использоваться в зданиях для:

- поддерживать качество внутреннего воздуха;
- регулирования внутренней температуры;
- регулирования внутренней влажность.

Качество внутреннего воздуха может поддерживаться сочетанием подачи «свежего» воздуха в здание, извлечения «несвежего» воздуха и фильтрации. Вентиляция может быть естественной, механической или смешанной (гибридная система).

Внутреннюю температуру можно регулировать путем нагрева и охлаждения. Как правило, это достигается за счет нагрева воды (или иногда пара) и охлажденной воды, которая генерируется котлами, а затем используется в нагревательных змеевиках и охлаждающих змеевиках как часть системы вентиляции. В качестве альтернативы, горячая вода может быть использована для питания систем, таких как радиаторы, пол с подогревом[2].

Влажность может регулироваться вентиляцией, осушением и увлажнением. Осушение часто обеспечивается наряду с охлаждением, так как охлаждающий воздух уменьшает количество влаги, которую воздух способен удерживать, что приводит к конденсации. «Закрытый» контроль влажности (с точностью до

10%) может включать охлаждение и осушение, затем повторный нагрев и повторное увлажнение.

В широком смысле, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха могут быть централизованы в здании или локально по отношению к пространству, которое они обслуживают, или их комбинации (например, локальные кондиционеры, снабженные централизованным охлаждением). Они также могут быть подключены к более широкой сети централизованного теплоснабжения или охлаждения.

Системы вентиляции могут быть интегрированы с системой отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, обеспечиваемой единой системой, например, кондиционерами, подключенными к воздуховодам, или они могут представлять собой комбинацию отдельных систем, например, механической вентиляции с радиаторами для отопления и локального комфортного охлаждения.

Они могут также включать пассивные (или «естественные») системы, такие как естественная вентиляция. Схема естественной вентиляции представлена на рисунке 1.

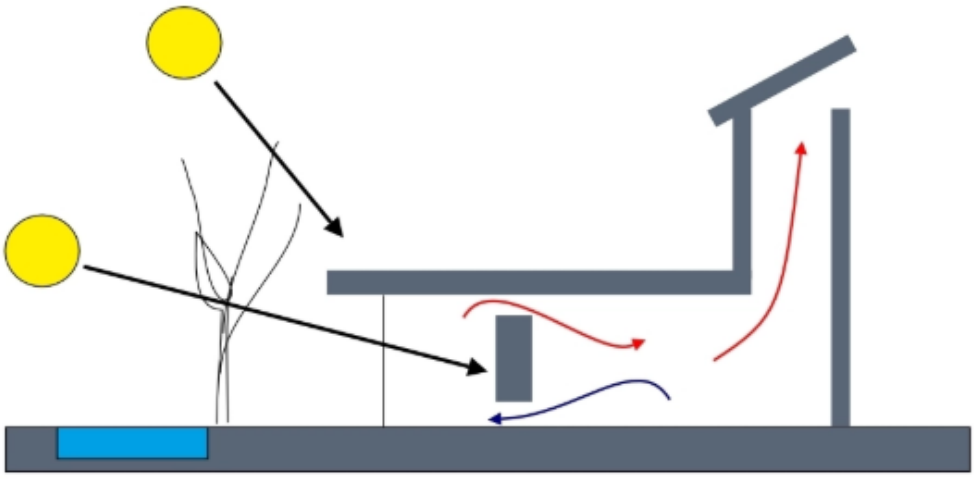


Рисунок 1 – Схема естественной вентиляции

Естественная вентиляция, как правило, обходится дешевле при создании, эксплуатации и обслуживании, чем механическая вентиляция, и поэтому, как правило, это первый вариант, исследуемый в процессе проектирования. Однако могут быть обстоятельства, когда естественная вентиляция невозможна и поэтому необходима механическая вентиляция:

− здание слишком глубокое для вентиляции по периметру;

− местное качество воздуха плохое, например, если здание находится рядом с оживленной дорогой;

− местные уровни шума означают, что окна не могут быть открыты;

− местная городская структура очень плотная и защищает здание от ветра;

− системы воздушного охлаждения или кондиционирования воздуха не позволяют открывать окна;

− требования конфиденциальности или безопасности не позволяют открывать окна;

− внутренние перегородки перекрывают воздушные пути.

В коммерческих разработках с механической вентиляцией HVAC часто обеспечивается вентиляционными установками (AHU), соединенными с воздуховодом, который подает воздух и извлекает воздух из внутренних помещений. Приточно-вытяжные установки, как правило, содержат изолированную коробку, которая может включать некоторые или все из следующих компонентов; фильтрующие стойки или камеры, вентилятор (или воздуходувка), нагревательные элементы, охлаждающие элементы, осушение, шумоглушители и демпферы. Приточно-вытяжные установки, которые состоят только из вентилятора и нагревательного или охлаждающего элемента, расположенного в пространстве, могут называться фанкойлами (FCU).

HVAC потребляет большое количество энергии, тем самым существует необходимость, в уменьшении энергозатрат с помощью систем регулирования, для использования системы максимально эффективно.

Извлечение внутреннего воздуха и замена его наружным воздухом может увеличить потребность в нагреве и охлаждении. Это можно уменьшить путем рециркуляции части внутреннего воздуха или с помощью вентиляции с рекуперацией тепла (HRV), которая восстанавливает тепло от вытяжного воздуха и использует его для предварительного нагрева поступающего свежего воздуха. Схема рекуператора представлена на рисунке 2.

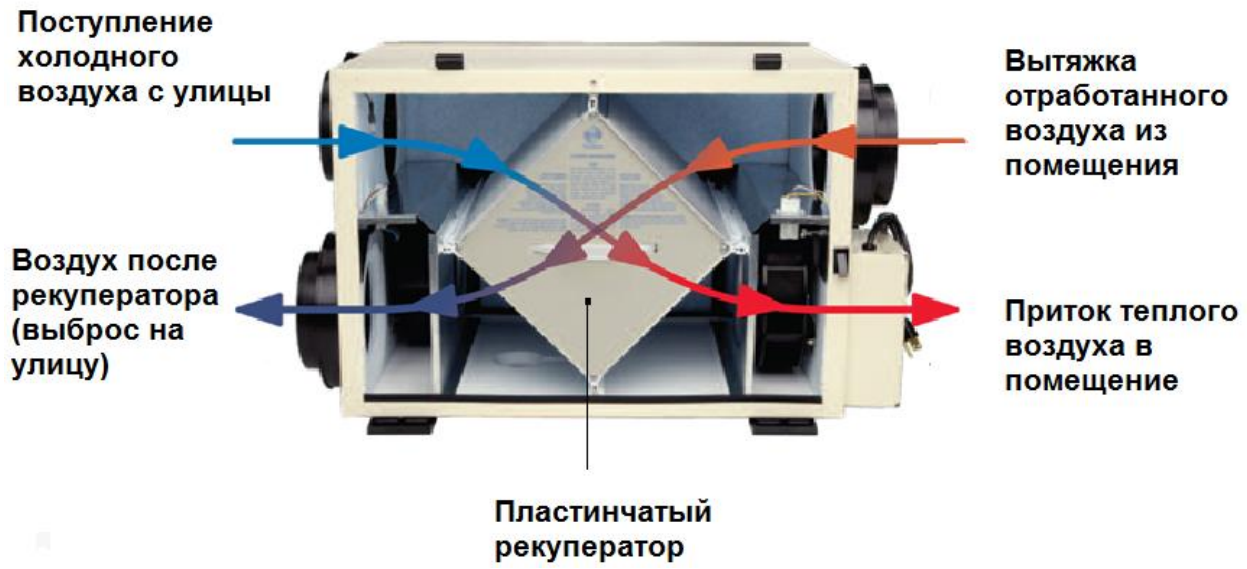


Рисунок 2 – Схема рекуператора

Важно, чтобы все аспекты систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха рассматривались вместе во время процесса проектирования, даже там, где задействованы независимые системы. Это из-за взаимодействия между отоплением, охлаждением, контролем влажности и вентиляцией. Это особенно сложно, когда учитываются другие элементы поведения окружающей среды, такие как усиление солнечного излучения, естественная вентиляция, тепловая масса и так далее.

Проектирование систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, как правило, является специализированной задачей, выполняемой инженером по обслуживанию зданий, и из-за его взаимодействия с другими элементами здания важно, чтобы оно рассматривалось с самого начала как фундаментальная часть процесса проектирования[3].

Регулярный осмотр и техническое обслуживание необходимы для обеспечения оптимальной работы систем.

Отвод тепла производиться за счет кондиционирования или охлаждения воздуха. Системы кондиционирования используют хладагенты, такие как вода, воздух или химические вещества. Системы ставят как для охлаждения или контроль влажности для одного помещения, так и для всего здания.

1.3 Системы кондиционирования

Отвод тепла производиться за счет кондиционирования или охлаждения воздуха. Системы кондиционирования используют хладагенты, такие как вода, воздух или химические вещества. Системы ставят как для охлаждения или

контроль влажности для одного помещения, так и для всего здания.

Охлаждение воздуха с помощью хладагента происходит в две стадии:

Хладагент в газообразном состоянии поступает в компрессор для потери тепла (энергии) и переходит в жидкое состояние и охлаждается.

Хладагент в жидком состоянии с помощью испарительный теплообменник испаряется, и в это время поглощает тепло(энергию) внутри помещения и выводит его на улицу.

Данные стадии зациклены, что приводит к охлаждению здания.

Так-как климат все время меняется, в системе предусматривается реверсивный клапан, который позволяет переключать системы на охлаждение либо обогрев. Таким образом можно использовать одну систему как для охлаждения, так и обогрева помещения.

Данные системы сложно модернизировать так-как требуются громоздкие воздуховоды. Из-за чего в жилых помещениях, а также в небольших производственных зданий используют сплит-системы. В данных системах внутренний и наружный блоки состоит из отдельных частей.

Внутренний блок испарителя подключается с помощью трубопровода хладагента ко внешнему, тем самым способствует направлению наружного воздуха. Воздух с улицы с помощью компрессора наружного блока охлаждается и поступает в блок испарителя, тем самым охлаждает помещение. Схема спит-системы представлена на рисунке 3.

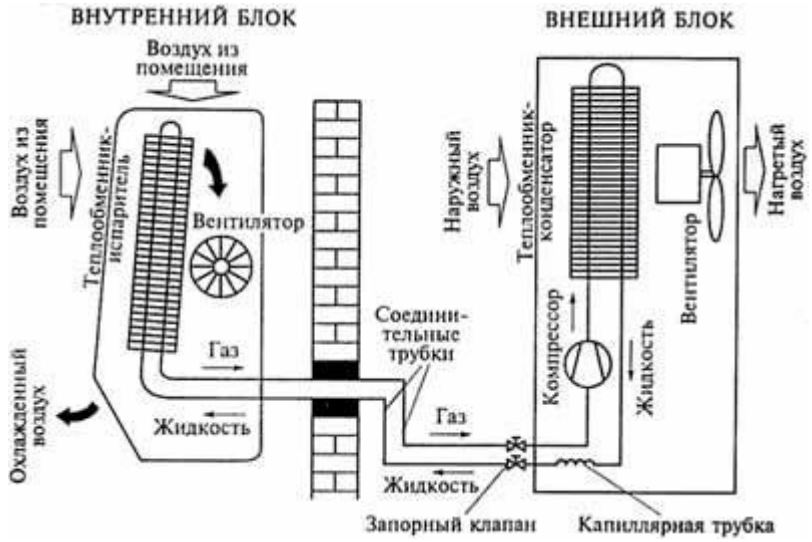


Рисунок 3 – Схема спит-системы

Для правильной работы систем кондиционирования здания должны быть оснащены герметичными окнами. Все системы оснащены фильтрами, чаще всего это угольный фильтр. Он способствует устранению запахов, дыма, и другие летучие вещества. Фильтры должны быть всегда помыты либо заменены. Если отсутствует возможность замены, то загрязнение фильтра способствует снижению скорости теплообмена, тем самым снижает продолжительность работы системы, а также привести к перегреву теплообменника, что приводит к его повреждению или даже пожару.

Основные этапы внедрения системы контроля микроклимата:

1. Обследование/аудит складского комплекса. Во время обследования составляется план размещения температурных логгеров и фиксирование на плане особенностей помещения, таких как каналы вентиляции, створки дверей, холодильные и прохладные зоны;

2. Проведение температурного картирования помещения по регламенту Международной Организации Здравоохранения;

3. Обработка результатов температурного картирования и создание отчетности. На этом этапе определяется максимальное и минимальное количество точек размещения датчиков будущей системы, выявляется соответствие фактического температурного режима заявленным требованиям, предъявляемым к фармацевтическим складам;

4. Заказчик анализирует отчетность из п.3 и определяет для себя необходимое количество точек съема показателей, согласно рекомендаций специалистов из отчета. Также определяется количество свето-звуковых сигнализаций, которые будут располагаться на складе в критических точках;

5. Монтаж и пуско-наладки системы. Валидация системы, включая все этапы DQ, IQ, OQ, PQ.

В исследуемом объекте используется приточно-вытяжная вентиляция. Данный вид вентиляции позволяет как обогревать, так и охлаждать помещение. Для экономии энергии используется пластинчатый рекуператор. Таким образом для поддержания требуемых параметров, необходимо произвести теплотехнический расчет помещения, для выбора мощности нагревателя и производительность вентилятора.

2 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПОМЕЩЕНИЯ

2.1 Описание объекта

Здание состоит из двух этажей, складское помещение находиться на первом. Размеры склада ширина 10м, длина 15м, высота потолка 3м. На объекте присутствует круглая канальная приточно-вытяжная система вентиляции. Таким образом, необходимо выбрать мощность для нагревателя путем расчета теплопотерь помещения, а также расчет воздухообмена для выбора производительности вентилятора. Схема приточно-вытяжной системы вентиляции представлена на рисунке 4.

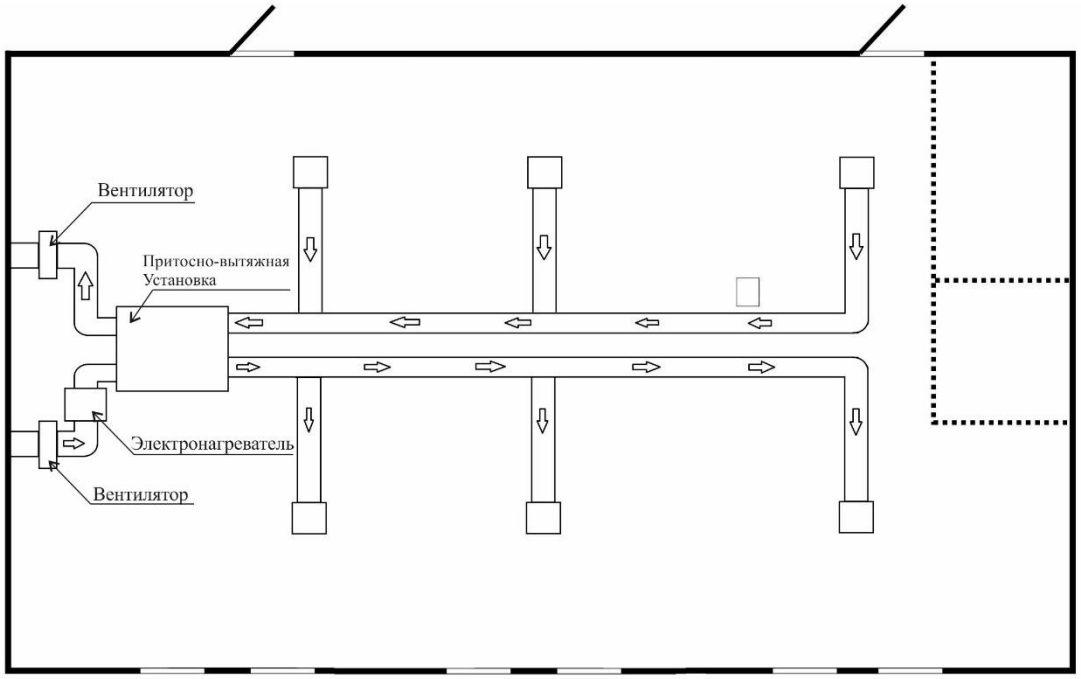


Рисунок 4 – Схема приточно-вытяжной вентиляции

Температура в помещении по ОФС.1.1.0010.18 «Хранение лекарственных средств» должна поддерживаться на уровне 20±5°*C*. Удельная теплоемкость воздуха принимаем C = 1 кДж/кг·°С. Плотность воздуха при нормальных условиях составляет 1,225 кг/м^2. Расчетная температура наружного воздуха в холодный период для Москвы составляет -26°С из таблицы Климатические параметры холодного периода года СНиП 23-01-99.

Определение потерь тепла помещения.

В холодный период года, когда наружная температура ниже внутренней температуры помещений, в наружных ограждениях здания возникает тепловой поток, направленный наружу. Для поддержания в помещениях более или менее стабильной температуры необходимо непрерывно компенсировать отоплением количество теряемого тепла. Основные теплопотери помещений слагаются из теплопотерь через отдельные ограждения, определяемых по формуле:

$$Q = F_{ok} \cdot \frac{1}{k_{ok}} (t_B - t_H), \quad (1)$$

где Q – теплопотери через ограждение в ккал/час;

$F_{ок}$ – площадь ограждающей конструкции в м^2;

$k_{ок}$ – сопротивление теплопередаче конструкции ограждения в м^2 час·°C/ккал;

$t_в$ – температура воздуха в помещении, °C;

$t_н$ – температура наружного воздуха, °C.

Ограждения бывают однородными и многослойными. Величину сопротивления теплопередаче многослойного ограждения $R_{ок}$ определяют по формуле:

$$k_{Ok} = k_B + k_1 + k_2 + \cdots + k_H \, , \quad (2)$$

где $k_в$ – коэффициент теплоотдачи к внутреннему воздуху;

k_1,k_2 – термические сопротивления отдельных слоев ограждения;

$k_н$ – коэффициент теплоотдачи к наружному воздуху.

Коэффициент теплоотдачи для одного или нескольких слоев ограждающей конструкции находиться по формуле:

$$k = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (3)$$

где δ – толщина слоя в м;

λ – коэффициент теплопроводности материала в ккал/м час °C.

Температура воздуха $t_в$, которую система отопления должна обеспечить внутри помещения, зависит от назначения помещения и степени интенсивности работы, выполняемой человеком.

Помимо основных теплопотерь существуют также добавочные теплопотери через ограждающие конструкции, которые учитывают: наличие в помещении двух и более наружных стен, высоту помещений, охлаждение через открываемые окна.

2.1.1 Расчет теплопотерь за счет вентиляции (инфильтрации)

Расчет расхода теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха необходимо определять отдельно для помещений с различной внутренней температурой воздуха, но так как у нас одно помещение достаточно всего одного расчета. Температура воздуха внутри помещения должна находится на уровне 20°±5C.

Для нахождения расхода тепла на нагрев через вентиляцию (инфильтрацию) используем следующую формулу:

$$Q_i = 0.28 \cdot L_n \cdot \rho \cdot C \cdot (t_в - t_н) \cdot k, \quad (4)$$

где Q_i – количества тепла, необходимое для нагрева инфильтрации, Вт;

L_n – расход удаляемого воздуха, м^3/час; нормы притока, равной 3 м^3/ч на каждый квадратный метр площади из рекомендации СНиП 2.08.01-89;

ρ – плотность воздуха в помещении, кг/м^3;

C – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·°C);

$t_в$ – температура воздуха помещения, °C;

$t_н$ – температура наружного воздуха, °C;

k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в светопрозрачных конструкциях принимаем равный – 1,0 из таблицы теплопроводности СНиП 23-02-2003.

Рассчитаем теплопотери через вентиляцию (инфильтрацию):

$$Q_i = 0.28 \cdot 450 \cdot 1.225 \cdot 1 \cdot \big(20 - (-26)\big) \cdot 1 = 7100{,}1 \text{ (Вт)}, \quad (5)$$

2.1.2 Теплопотери через окна

В помещении находится 6 однокамерных пластиковых окон размером 1,3м в ширину и 1,4м в высоту. Коэффициент теплопередачи: для однокамерного стеклопакета $k_{ст}$ = 0,36 Вт/(м^2·°С) взято из паспорта производителя; теплопередачи рамы $k_р$ = 0,19 Вт/(м^2·°С); коэффициент для учета теплопередачи алюминиевой полосы ψ = 0,07 из таблицы теплопроводности СНиП 23-02-2003.

Теплопотери через окна рассчитываются по формуле:

$$Q_{\text{окна}} = k_{\text{окна}} \cdot F_{\text{окна}}(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \quad (6)$$

где $Q_{окон}$ – теплопотери через окна, Вт;

$k_{окон}$ – коэффициент теплопередачи окон, Вт/(м^2·°С).

Рисунок 5 – Обозначение основных характеристик окна

где $F_{окон}$ – площадь окон, м^2;

$t_{вн}$ – температура воздуха внутри, °С;

$t_{нар}$ – температура воздуха снаружи , °С.

$k_{окон}$ рассчитывается по формуле:

$$k_{\text{окна}} = \frac{k_{\text{ст}} \cdot F_{\text{ст}} + k_{\text{р}} \cdot F_{\text{р}} + \text{P} \cdot \Psi}{F_{\text{общ}}}, \quad (7)$$

где $k_{ст}$ – коэффициент теплопередачи стеклопакета, Вт/(м^2·°С);

$F_{ст}$ – площадь стеклопакета, м^2;

$k_р$ – коэффициент теплопередачи рамы, Вт/(м^2·°С);

$F_р$ – площадь рамы, м^2;

Р – периметр остекления, м;

ψ – коэффициент для учета теплопередачи алюминиевой полосы.

Рассчитаем коэффициент теплопередачи окон:

$$k_{\text{окна}}=\frac{0,36*1,56+0,19*0,552+2*0,07}{1,82}=\frac{0,5616+0,104+0,14}{1,82}=0,44\ (\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot°\text{C})),\ (8)$$

Рассчитаем потери тепла через окна:

$$Q_{\text{окна}}=0,44\cdot(1,82\cdot 6)\big(20-(-26)\big)=221,02\ (\text{Вт}),\qquad (9)$$

2.1.3 Расчет теплопотерь через стены

Ограждающая конструкция представляет собой железобетонную стену толщиной 0,25м с внутренней и внешней известковой штукатуркой. Толщина внутренней штукатурки 0,002м, внешней 0,0015м. Толщина кладки из глиняного кирпича 0,12м. Толщина пластиковых панелей ПВХ 0,08м. Коэффициенты теплопроводности: для внутренней и внешней известковой штукатурки λ = 0,93 Вт/(м·°С); для железобетонной плиты λ = 1,7 Вт/(м·°С); для пластиковой панели ПВХ λ = 0,49 Вт/(м·°С); для Кладки из глиняного кирпича на цементно-песчаном растворе λ = 0,81 Вт/(м·°С). Коэффициенты теплопроводности взяты из СНиП 2.08.01-89.

Потери тепла через стены рассчитываются по формуле:

$$Q_{\text{стен}}=k_{\text{стен}}\cdot F_{\text{стен}}(t_{\text{в}}-t_{\text{н}}),\qquad (10)$$

где $Q_{стен}$ – теплопотери через стены, Вт;

$k_{стен}$ – коэффициент теплопередачи стены, Вт/(м^2·°С);

$F_{стен}$ – площадь стены;

$t_{вн}$ – температура воздуха внутри, °С;

$t_{нар}$ – температура воздуха снаружи, °С.

$k_{стен}$ рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{a_{\text{вн}}} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} \ldots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{a_{\text{нар}}}}, \quad (11)$$

k – коэффициент теплопередачи стены, Вт/(м^2·°С);

d_1 – толщина первого слоя стены, м;

λ_1 – коэффициент теплопроводности первого слоя стены, Вт/(м·°С);

d_2 – толщина второго слоя стены (например, пенопласта), м;

λ_2 – коэффициент теплопроводности второго слоя стены, Вт/(м·°С);

d_n, λ_n – если есть еще слои;

$\alpha_{\text{вн}}$ – коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к стене, принимаем равным 8,7 исходя из таблицы 1;

$\alpha_{\text{нар}}$ – коэффициент теплоотдачи от стены к наружному воздуху, принимаем для стен с неотапливаемыми помещениями принимаем равным 12 исходя из СНиП II-А.7-71.

Рассчитаем коэффициент теплопередачи стены:

$$k_{\text{стен}} = \frac{1}{\frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{1,7} + \frac{0,0015}{0,93} + \frac{0.12}{0.81} + \frac{0.08}{0,49} + \frac{0,002}{0,93} + \frac{1}{12}} = 1.5140 \ (\text{Вт}/(\text{м}2 \cdot °\text{C})), \quad (12)$$

Рассчитаем потери тепла через стены:

$$Q_{\text{стен}} = 1,5140 \cdot 34,08\big(20 - (-26)\big) = 2373,47 \ (\text{Вт}), \quad (13)$$

2.1.4 Потери тепла через полы

Пол в помещении многослойный, утеплённый с помощью пенополистирола и древесной кладкой из сосны. Толщина железобетона 0,15м. Толщина пенополистирола 0,05м. Толщина древесной кладки из сосны 0,02м. Толщина цементно-песчаного раствора 0,01м. Коэффициенты теплопроводности: для железобетонной плиты λ = 1,7 Вт/(м·°С), древесной кладки из сосны λ = 0,18 Вт/(м·°С), для пенополистерола λ = 0,06 Вт/(м·°С), для цементно-песчаного раствора λ = 0,93 Вт/(м·°С). Коэффициенты теплопроводности взяты из СНиП 2.08.01-89.

Потери тепла через полы рассчитываются по формуле:

$$Q_{\text{пола}} = k_{\text{пола}} \cdot F_{\text{пола}}(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \quad (14)$$

где *k* расчитывается по формуле:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{a_{\text{вн}}} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} \ldots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{a_{\text{нар}}}}, \quad (15)$$

где k – коэффициент теплопередачи пола, Вт/(м^2·°С);

d_1 – толщина первого слоя пола, м;

λ_1 – коэффициент теплопроводности первого слоя потолка, Вт/(м·°С); дает производитель материала или по таблице коэффициентов теплопроводности

d_2 – толщина второго слоя пола, м;

λ_2 – коэффициент теплопроводности второго слоя пола, Вт/(м·°С);

d_n, λ_n – если есть еще слои - по принципу d_1 и λ_1;

$\alpha_{\text{вн}}$ – коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к полу принимаем равным 8,7 исходя из таблицы 1;

$\alpha_{\text{нар}}$ – коэффициент теплоотдачи от пола к наружному воздуху принимаем равным 12 исходя из таблицы 2.

Таблица 1 – Коэффициенты теплоотдачи от внутреннего воздуха к потолку

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи a_{int}, Вт/(м^2·°С)
Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты *h* ребер к расстоянию *a* между гранями соседних ребер *h/a*≤0.3	8,7
Потолков с выступающими ребрами при отношении *h/a*>0.3	7,6
Окон	8,0

Таблица 2 – Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности αext для условий холодного периода

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи, α_{ext} Вт/(м^2·°С)
Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительно-климатической зоне	23
Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительно-климатической зоне	17
Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	12
Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6

Рассчитаем коэффициент теплопередачи пола:

$$k_{\text{пола}} = \frac{1}{\frac{1}{8,7}+\frac{0,15}{1,7}+\frac{0,01}{0,93}+\frac{0,02}{0,18}+\frac{0,05}{0,06}+\frac{1}{12}} = 0.4480\ (\text{Вт}/(\text{м}2 \cdot °\text{C})), \quad (16)$$

Рассчитаем потери тепла через пола:

$$Q_{\text{пола}} = 0,4480 \cdot 150\big(20 - (-26)\big) = 3091,2\ (\text{Вт}), \quad (17)$$

2.1.5 Потери тепла через потолок

Так как склад находиться на первом этаже, потолок является полом для второго этажа. Таким образом толщина и типы слоев в потолке аналогичны полу.

Потери тепла через потолки рассчитываются по аналогичной формуле:

$$Q_{\text{потолка}} = k_{\text{потолка}} \cdot F_{\text{потолка}}(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \quad (18)$$

где $Q_{потолка}$ – теплопотери через потолок, Вт;

$k_{потолка}$ – коэффициент теплопередачи потолка, Вт/(м^2·°С);

$F_{потолка}$ – площадь потолка;

$t_в$ – температура воздуха внутри, °С;

$t_н$ – температура воздуха снаружи, °С.

$k_{потолка}$ рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{a_{вн}} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} \ldots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{a_{нар}}}, \quad (19)$$

где k – коэффициент теплопередачи потолка, Вт/(м^2·°С);

d_1 – толщина первого слоя потолка (например, дерева), м;

λ_1 – коэффициент теплопроводности первого слоя потолка, Вт/(м·°С), по таблице коэффициентов теплопроводности;

d_2 – толщина второго слоя потолка, м;

λ_2 – коэффициент теплопроводности второго слоя потолка, Вт/(м·°С);

d_n, λ_n – если есть еще слои - по принципу d_1 и λ_1;

$\alpha_{вн}$ – коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к потолку принимаем равным 8,7 исходя из таблицы 1;

$\alpha_{нар}$ – коэффициент теплоотдачи от потолка к наружному воздуху; принимаем равным 12 исходя из таблицы 2.

Рассчитаем коэффициент теплопередачи потолка:

$$k_{потолка} = \frac{1}{\frac{1}{8,7} + \frac{0,15}{1,7} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,02}{0,18} + \frac{0,05}{0,06} + \frac{1}{12}} = 0.4480 \text{ (Вт/(м2} \cdot \text{°С))}, \quad (20)$$

Рассчитаем потери тепла через потолок:

$$Q_{потолка} = 0,4480 \cdot 150\big(20 - (-26)\big) = 3091,2 \text{ (Вт)}, \quad (21)$$

Общие теплопотери помещения определяются как сумма всех теплопотерь:

$$Q_{общ} = 7100,1 + 221,02 + 2373,47 + 3091,2 + 3091,2 = 15876,99 \text{ (Вт)}, \quad (22)$$

Выбор мощности нагревателя выбирается по формуле из рекомендации по выбору ТЭНа:

$$\mathrm{P} = K \cdot Q_{\sum}, \quad (23)$$

где $K -$ коэффициент запаса принимает значения от 1.1 до 1.3;

$Q_{\sum} -$ суммарные теплопотери.

Коэффициент запаса принимаем 1,1.

Подставим значения в формулу (23):

$$\mathrm{P} = 1{,}1 \cdot 15876{,}99 = 17464{,}689\ (\text{Вт}), \quad (24)$$

Так как нагреватель мощностью 17,5 кВт сложно найти, примем нагреватель мощностью 18 кВт.

Рассчитаем производительность вентилятора. Для ее нахождения необходимо рассчитать воздухообмен по формуле:

$$L_{\text{в}} = N \cdot V, \quad (25)$$

где $L_{\text{в}}$ – количество приточного или удаляемого воздуха, *мз/ч*;

N – кратность воздухообмена за час;

V – объём помещения, м^3.

Кратность воздухообмена для помещения хранения основного запаса лекарственных средств равняется 2 по СанПиН 2.1.3.2630-10.

Подставим имеющиеся данные в (25):

$$L_{\text{в}} = 2 \cdot 450 = 900\ (\text{м}^3/\text{ч}), \quad (26)$$

Исходя из расчетов вентилятор необходимо подобрать с производительностью от 900 до 1500 м^3/ч.

3 КАРТИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЯ

Цель температурного картирования:

− изучение распределения температуры воздуха в помещении (зонах) хранения лекарственных препаратов медицинского применения;

− определение холодных и горячих точек и мест максимальных перепадов температуры;

− определение точек установки приборов контроля температуры.

Описание используемого оборудования.

Для проведения температурного картирования в качестве самописца используются регистраторы температуры DS1922L-F5 и регистраторы температуры и относительной влажности DS1923-F5, которые внесены в Госреестр СИ РФ (№31926-12) и имеют актуальную на момент измерений поверку. В таблице 3 указаны характеристики регистраторов. Для программирования параметров сессии регистратора и считывания данных применяется комплекс обслуживания iBDLR, технические характеристики указаны в таблице 4.

Таблица 3 – Характеристики регистраторов

№	Наименование параметра	Значение регистратора DS1923-F5	Значение регистратора DS1922L-F5
1	Диапазон измеряемых температур	(-20…+85)°C	(-40...+85)°C
2	Объем буфера последовательных отсчетов (результатов)	8192 байт	8192 байт
3	Погрешность измерения температуры	±0,5°C	±0,5°C
4	Погрешность измерения относительной влажности	± 5%RH	-
5	Частота (интервал) измерений	1секунда – 273 часа	1секунда – 273 часа
6	Регистрация в Госреестр СИ РФ (об утверждении типа)	Регистрационный №31926-12	Регистрационный №31926-12
7	Межповерочный интервал	4 года	4 года

Таблица 4 – Технические характеристики комплекса iBDLR

№	Наименование параметра	Значение
1	Типы поддерживаемых регистраторов	DS1922/L/T/E-F5, DS1923-F5
2	Программируемый интервал между измерениями температуры	1секунда – 273 часа
3	Программируемое время задержки старта регистрации,	от 0 до 11650 суток
4	Регистрация в Госреестр СИ РФ (об утверждении типа)	Регистрационный №31926-12
5	Возможность сохранения данных в памяти компьютера в текстовом формате txt и защищенном формате bin	Сохранение данных в текстовом формате txt и защищенном формате bin

Методика размещения регистраторов.

Температурное картирование проводится с учетом рекомендаций Всемирной Организации Здравоохранения, изложенные в серии технических докладов Technical supplement to WHO Technical Report Series, No. 961, 2011.

Продолжительность температурного картирования:

- трое суток – новый склад (пустой);
- трое суток – склад работающий без выходных;
- пять суток – склад работающий пять дней в неделю;
- трое суток – холодильные камеры;
- одни сутки – фармацевтические холодильники.

Регистраторы по длине и ширине помещения устанавливаются в виде сетки, каждые 5-10 метров. Установка регистраторов по высоте (определение количества уровней):

- нижний уровень при стеллажном хранении – на уровне нижней полки;
- нижний уровень при паллетном хранении – 0,3 м;
- верхний уровень при стеллажном хранении – верхняя полка + 0,5м;
- верхний уровень при паллетном хранении – 2м.

Если высота стеллажей более 3,5 м добавляем уровни на расстоянии 2,0-4,0 м друг от друга.

При проведении температурного картирования регистраторы устанавливаются по всему объему хранения лекарственных препаратов для медицинского применения.

Методика анализа данных.

После цикла измерений со всех регистраторов считываются данные при помощи программного обеспечения iBDLR. Данные, полученные из памяти регистраторов, сохраняются в виде текстовых и зашифрованных файлов (форматы *.txt и *.bin).

При обработке данных используется программа для работы с электронными таблицами MSExcel.

Во время обработки данных получаем результаты по помещению:

- общий график температуры;
- таблица – Анализ температуры.

В таблице «Анализ температуры» указаны следующие характеристики для каждой точки измерения:

- максимальная температура;
- средняя температура;
- минимальная температура;
- максимальный перепад температуры;
- отклонение максимальной температуры от средней;
- отклонение минимальной температуры от средней;
- риск выхода температуры за пределы граничных значений;
- распределения максимальных, средних и минимальных температур;
- анализ.

Анализируются:

- значения температуры воздуха;
- № регистратора и время, в которое были зафиксированы максимальная, минимальная температура и максимальный перепад температуры;

Методика проведения температурного картирования склада была разработана с учетом рекомендаций Всемирной Организации Здравоохранения, изложенных в серии технических докладов Technical supplement to WHO Technical Report Series, No. 961, 2011.

В соответствии с методикой размещения регистраторов для температурного картирования и данными об объекте сформирована схема размещения регистраторов представленная на рисунке 6.

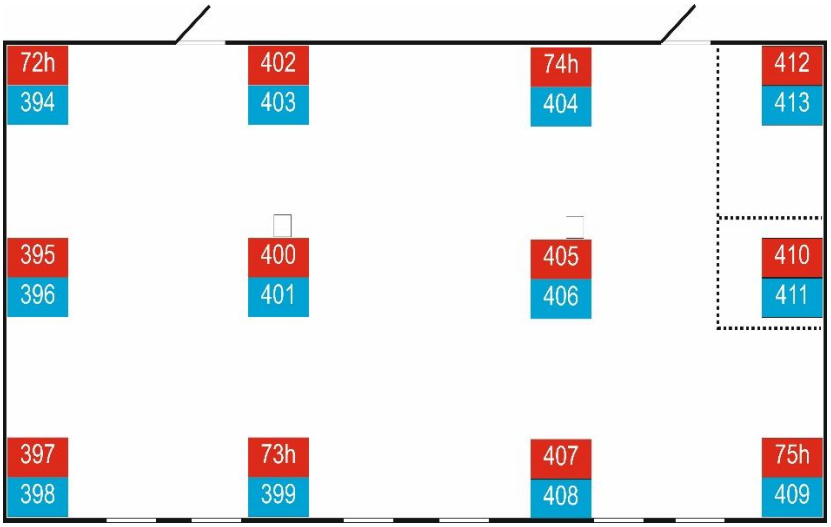


Рисунок 6 – Схема размещения регистраторов в помещении

В каждой точке устанавливается по одному регистратору на разной высоте. Из данных об объекте, хранение производится на высоте не превышающую двух метров, с учетом рекомендаций Всемирной Организации Здравоохранения, следует, что высота расположения верхнего регистратора составит два метра, а для нижнего 0,5 метра.

Расчетное количество регистраторов для проведения температурного картирования составляет 24 штуки.

В таблице 5 перечислены подвески регистраторов и приведено соответствие короткого номера регистратора идентификационному.

Таблица 5 – Формирование подвесок с указанием номеров регистраторов

Подвеска	Регистратор	№ регистратора	Идентификационный номер
Подвеска 1	DS1923-F5	72h	412A6F61000000E2
	DS1922L-F5	394	4146D1580000006A
Подвеска 2	DS1922L-F5	395	410EDB5800000003
	DS1922L-F5	396	4101CE5800000089
Подвеска 3	DS1922L-F5	397	4131D458000000A5
	DS1922L-F5	398	4186DB5800000048
Подвеска 4	DS1923-F5	73h	4195346100000024
	DS1922L-F5	399	4147CE580000004E
Подвеска 5	DS1922L-F5	400	41C8D45800000041
	DS1922L-F5	401	419ED75800000093
Подвеска6	DS1922L-F5	402	41A5D95800000024
	DS1922L-F5	403	4156D458000000E3
Подвеска 7	DS1923-F5	74h	41386D6100000054
	DS1922L-F5	404	417CDA5800000038
Подвеска 8	DS1922L-F5	405	41B4CD580000002B
	DS1922L-F5	406	41CDCE580000006B
Подвеска 9	DS1922L-F5	407	4151CF580000006A
	DS1922L-F5	408	4192D758000000EE
Подвеска 10	DS1923-F5	75h	410B6E61000000AE
	DS1922L-F5	409	4117DB58000000CE
Подвеска 11	DS1922L-F5	410	41D4D05800000078
	DS1922L-F5	411	4110CF5800000028
Подвеска 12	DS1922L-F5	412	4179DA58000000D3
	DS1922L-F5	413	41C1D858000000F6

Согласно методике, определена продолжительность измерений температуры воздуха. Частота измерений 5 минут. Дата и время измерений представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Анализ температуры

Дата и время начала измерений:	15.02.2019 в 09:00
Дата и время окончания измерений:	20.02.2019 в 09:00
Общее время испытаний:	120 часов

Общий график температуры представлен в приложении А. Рассматривая график можно определить, что система приточно-вытяжной вентиляции в ночное время работает корректно, а в дневное помещение перегревается, что

способствует о необходимости управляющего воздействия, для поддержания температуры воздуха на определенном уровне.

Таблица 7 – Анализ температуры

Номер регистратора	Максимальная температура, °C	Средняя температура, °C	Минимальная температура, °C	Максимальный перепад температуры, t°C	Отклонение максимальной температуры от средней, °C	Отклонение минимальной температуры от средней, °C	Риск выхода температуры за пределы граничных значений, %
72h	27,64	24,34	22,14	5,50	3,30	2,20	38,45
394	27,16	24,13	21,97	5,19	3,02	2,17	31,16
395	25,61	23,54	21,61	4,00	2,06	1,94	1,39
396	27,73	24,49	21,73	6,00	3,24	2,76	44,27
397	27,38	24,17	21,57	5,81	3,21	2,61	39,63
398	25,94	23,66	21,44	4,50	2,28	2,22	19,92
73h	27,45	24,30	22,08	5,38	3,15	2,22	37,34
399	26,66	24,13	22,29	4,38	2,53	1,84	28,73
400	25,54	23,70	21,98	3,56	1,84	1,72	6,52
401	27,72	24,28	21,66	6,06	3,44	2,62	38,86
402	27,10	24,06	21,78	5,31	3,04	2,28	33,73
403	25,87	23,70	21,74	4,13	2,17	1,96	9,85
74h	27,26	24,81	22,39	4,88	2,45	2,42	47,54
404	26,77	24,58	22,58	4,19	2,19	2,00	41,08
405	26,57	23,81	22,26	4,31	2,76	1,55	11,73
406	27,29	24,16	21,41	5,88	3,13	2,75	37,89
407	26,91	24,03	21,85	5,06	2,88	2,18	31,02
408	26,36	23,75	21,98	4,38	2,61	1,77	11,94
75h	26,94	24,31	22,00	4,94	2,63	2,31	39,07
409	27,60	24,24	21,09	6,50	3,35	3,15	40,80
410	27,07	24,35	21,88	5,19	2,71	2,47	40,25
411	27,52	24,66	21,89	5,63	2,86	2,77	45,80
412	26,14	24,12	22,08	4,06	2,02	2,04	34,70
413	26,35	23,82	21,29	5,06	2,53	2,53	31,58

Используя получение данные можно построить графики распределения максимальных, средних и минимальных температур для наглядного наблюдения. Распределения максимальных, средних и минимальных температур представлен на рисунках 7-9.

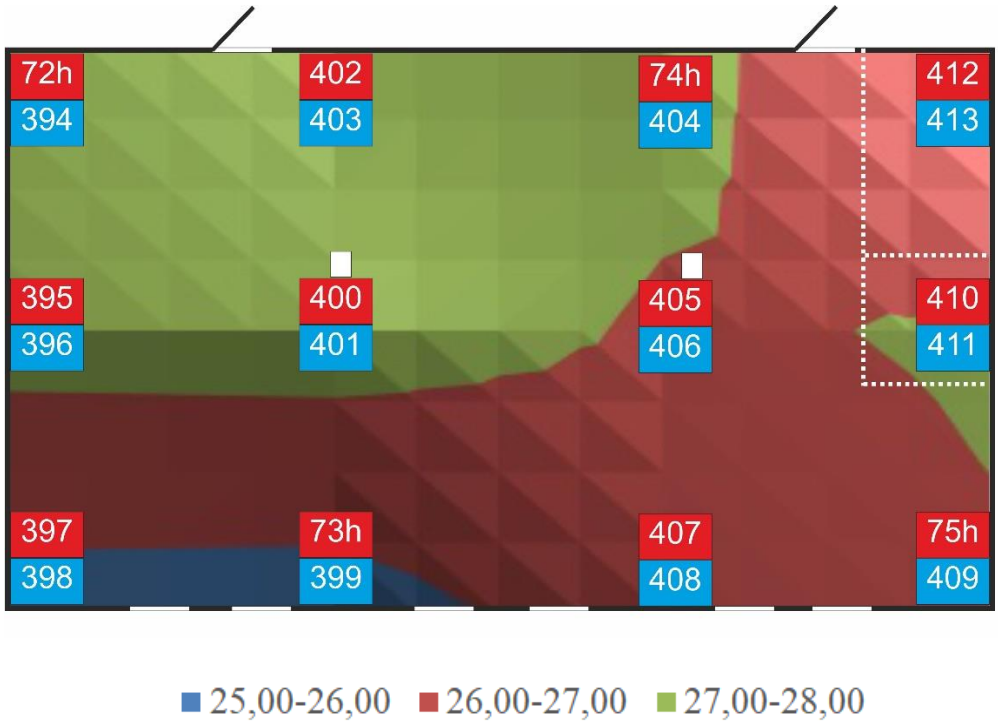


Рисунок 7 – Распределения максимальной температуры воздуха

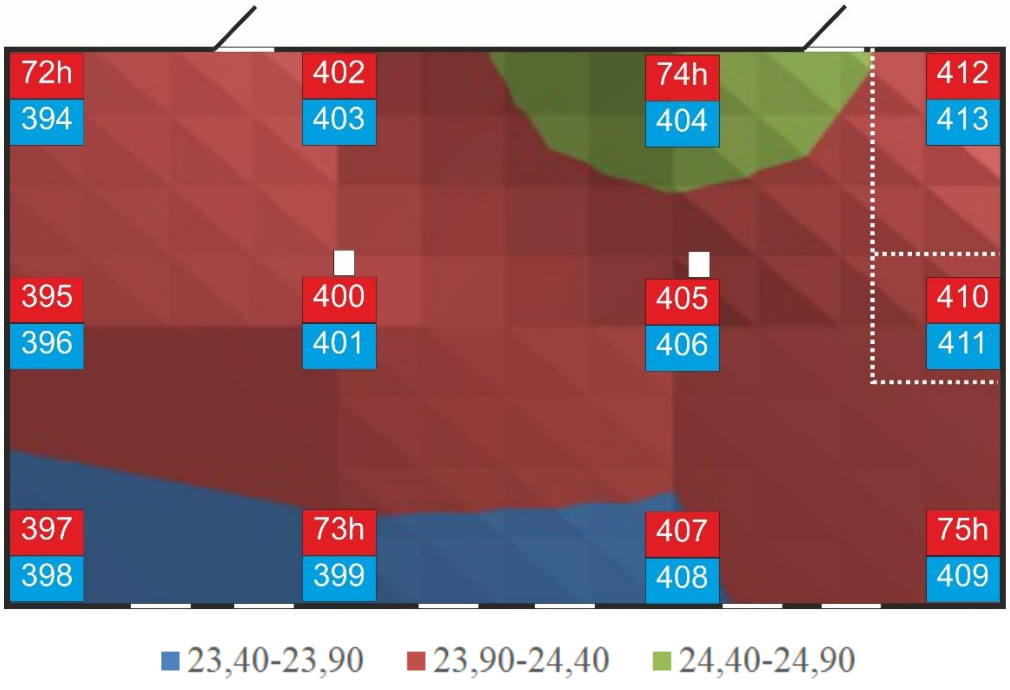


Рисунок 8 – Распределения средней температуры воздуха

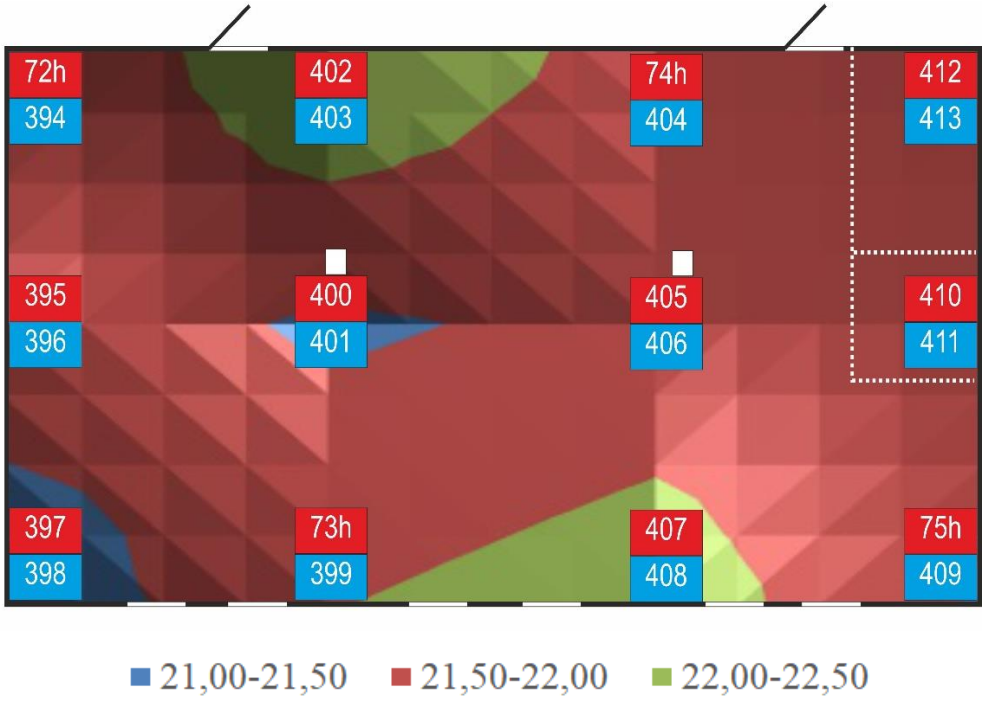


Рисунок 9 – Распределения минимальной температуры воздуха

Из графиков распределения температур и полученным данным видим, что в точке расположения регистратора 396 температура воздуха была максимальна, в точке расположения регистратора 409 минимальная температура воздуха и максимальный перепад.

Рекомендации по установки точек контроля производиться в соответствии с фармакопейной статьей Министерства здравоохранения РФ ОФС.1.1.0010.18 «Хранение лекарственных средств». Точки контроля ставятся в местах, где расположены горячие и холодные пятна. В нашем случае горячее пятно находиться в точках расположения регистраторов 72h, 394, 395,396, 400, 401, 402, 403, 74h, 404, а холодное пятно в точках 397, 398, 73h, 399, 407, 408. Таким образом точка 74h находиться в зоне горячего пятна при максимальных и средних значениях, а также зафиксировала большую температуру, по сравнению с регистратором 404, следственно это точка контроля в горячей зоне. Регистратор 398 находиться в холодной зоне при любых значениях, также имеет меньшую температуру по сравнению с регистратором 397, следовательно, это точка контроля для холодной зоны. Схема установки датчиков контроля температуры внутреннего воздуха представлена в приложении Б.

4 МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ В СРЕДЕ MATLAB

Для реализации системы необходимо учесть все теплопотери помещения. Для начала нужно ввести переменные, которые будут инициализироваться при запуске программы. Переменные для инициализации представлен на рисунке 10.

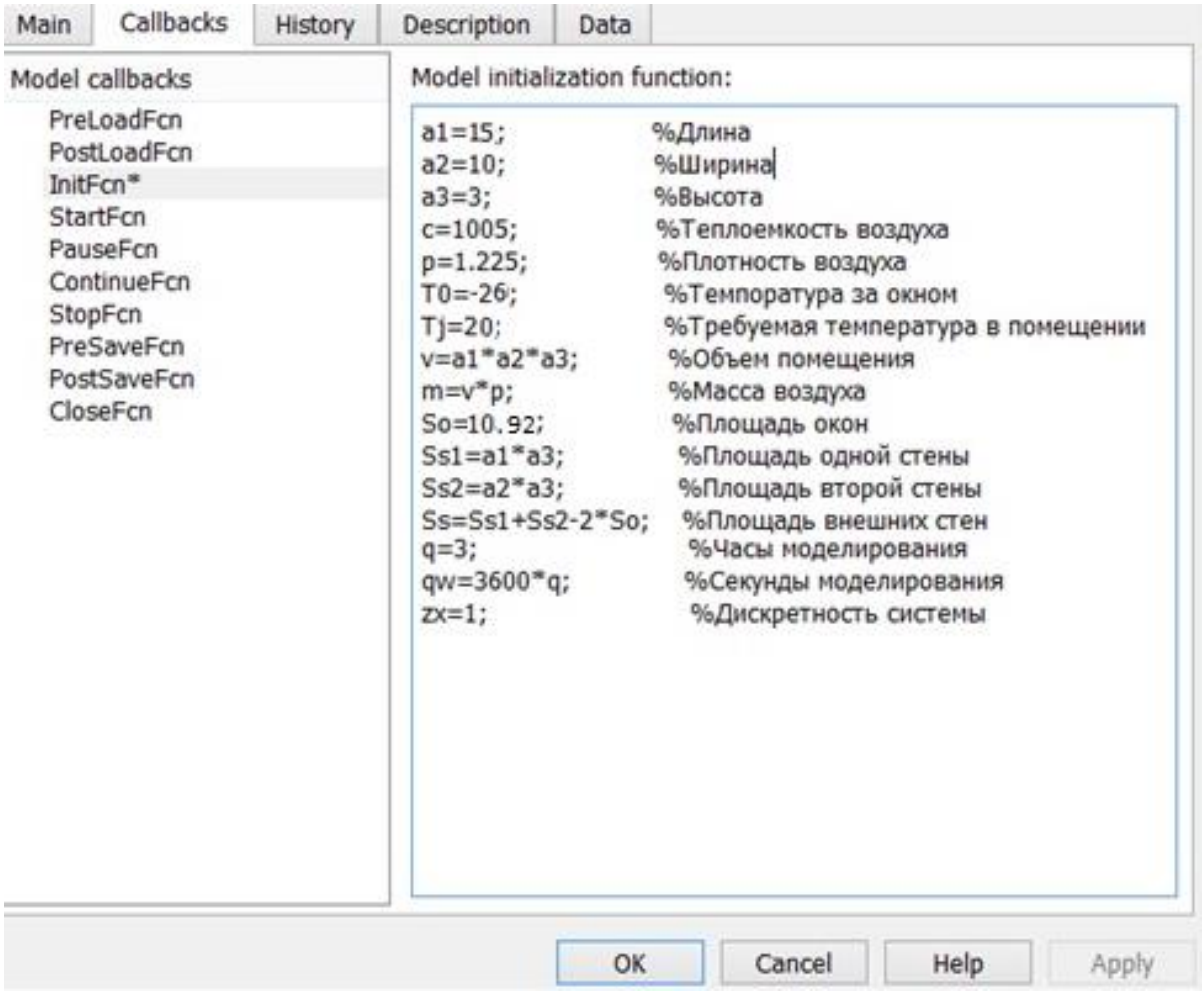


Рисунок 10 – Переменные для инициализации при запуске программы

Структурная схема представлен на рисунке 11.

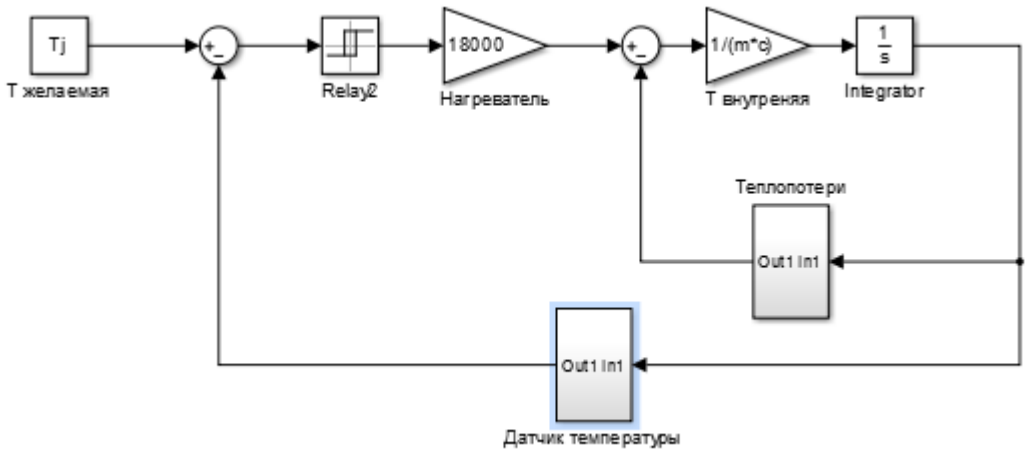


Рисунок 11 – Структурная схема управления температуры в помещении

Внутренняя температура воздуха основывается на законе удельной теплоемкости вещества. Эта величина показывает, какое количество теплоты надо передать телу массой один килограмм, чтобы его температура увеличилась на один градус Цельсия. Измеряется в Дж/(кг· ˚С). Удельная теплоёмкость рассчитывается по формуле:

$$c = \frac{Q}{(t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}) \cdot m}, \tag{27}$$

где с – удельная теплоёмкость, Дж/(кг· ˚С);

Q – количество теплоты, Вт;

$t_{\text{вн}}$ – температура воздуха внутри, °С;

$t_{\text{нар}}$ – температура воздуха снаружи, °С;

m – масса тела.

Преобразовав (25) можно найти $t_{\text{вн}}$:

$$t_{\text{вн}} = t_{\text{нар}} - \frac{Q}{m \cdot c}, \tag{28}$$

Теплопотери реализуются с помощью суммарных теплопотерь складского помещения, так же были добавлены возмущающие воздействие:

Окна периодически открываются, со случайной вероятностью, на 60 сек.

За период моделирования температура изменяется на от -15ºС до +2ºС по синусоидальному закону.

Расчет теплопотерь производиться по формулам приведенных в главе 2 «Теплотехнический расчет помещения». В данной модели учитываются теплопотери одной стены, шесть окон (периодически открываются), пол, потолок и естественная вентиляция. На рисунке 12 представлена модель общих теплопотерь помещения, на рисунке 13 представлен график теплопотерь в помещении за 3 часа.

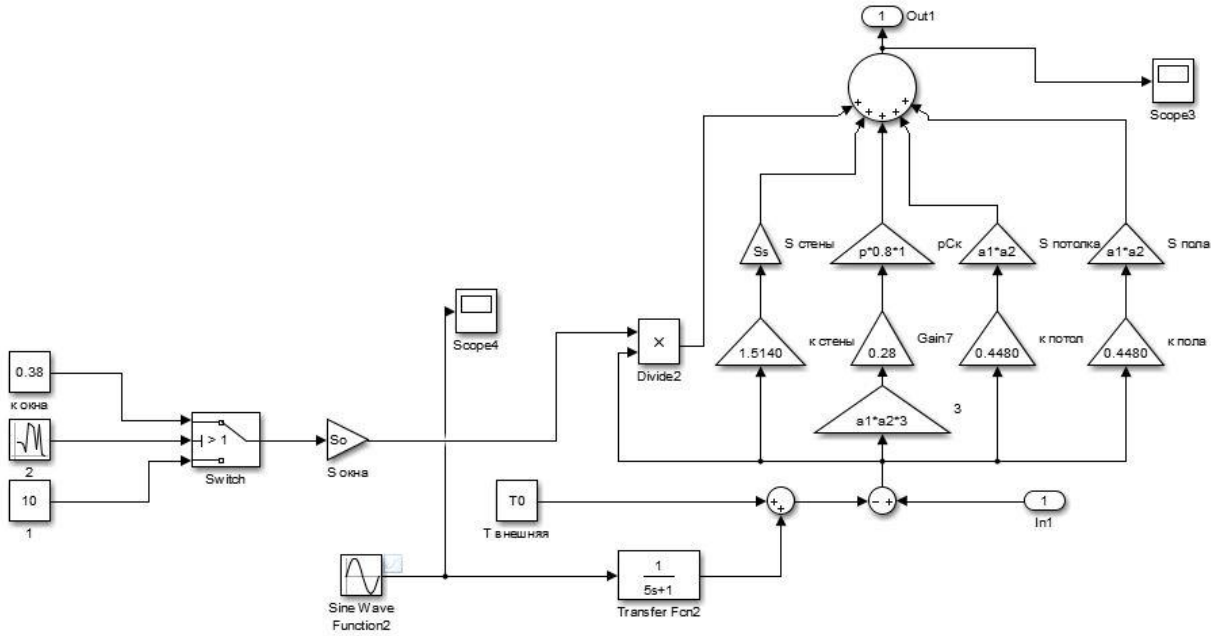


Рисунок 12 – Модель общих теплопотерь помещения

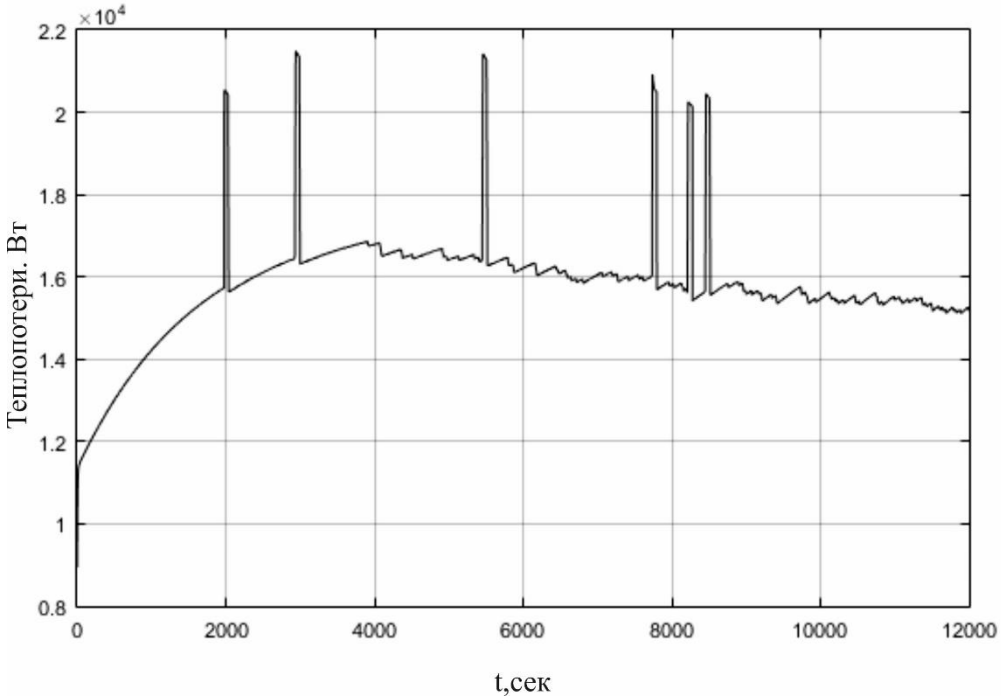


Рисунок 13 – График теплопотерь в помещении за 3 часа

Возрастающая синусоида связана синусоидальным изменением температуры окружающей среды и увеличением разницы между температурой воздуха в помещении и температурой воздуха на улице.

Резкие всплески повышения теплопотерь связаны с открытием окон.

Датчик температуры.

Датчик температуры представляет собой блок задержки, сигнал которого искажается шумом и дискретизируется.

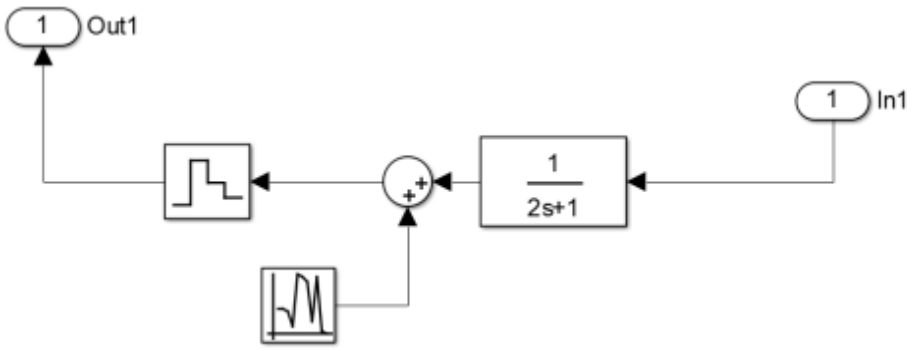


Рисунок 14 – Модель датчика температуры

Система управления регулятором.

Для данного помещения был выбран нагреватель мощностью 18 кВт. В модели он представлен в виде усилителя, выходным сигналом является мощность.

Регулирование будет осуществляться при помощи реле. Если отклонение от заданной температуры будет превышать ±1 °C, то сигнал на выходе реле равен единице, в противном случае - равен нулю. Для реализации данного способа регулирования, необходимо сформировать обратную связь по температуре воздуха в помещении. Настройки реле представлены на рисунке 15.

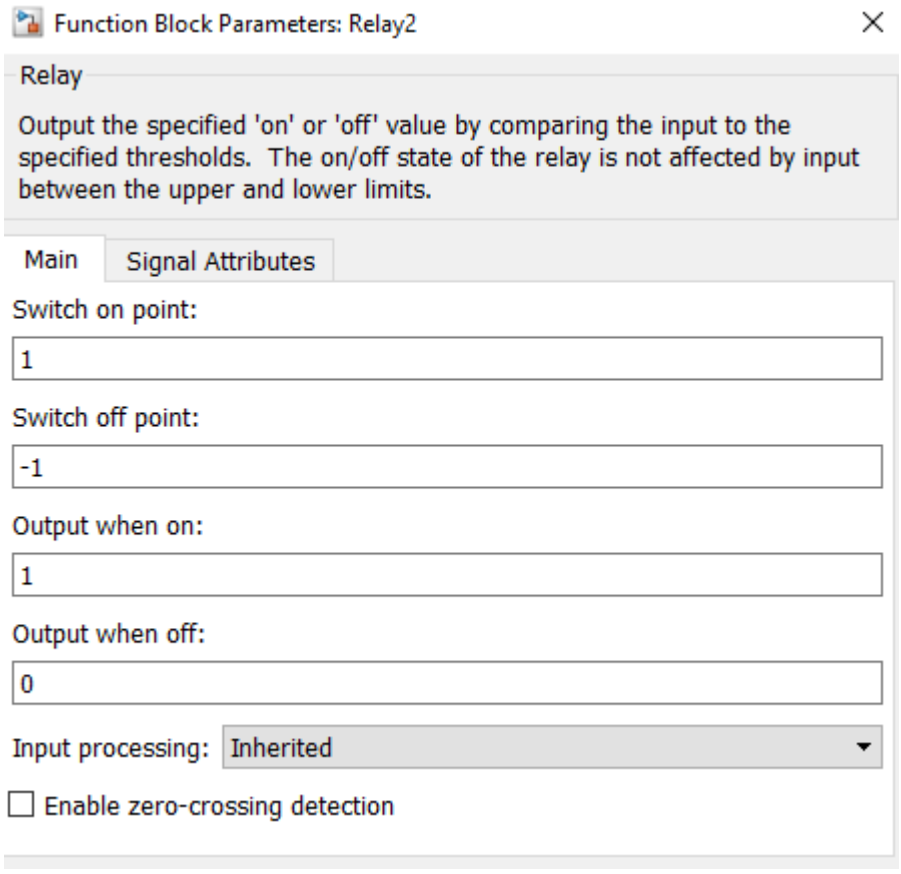


Рисунок 15 – Внутренние настройки реле

Для проверки корректности модели, используем статистические данные после температурного картирования. График статистических данных представлен на рисунке 16(а), график модельного на рисунке 16(б).

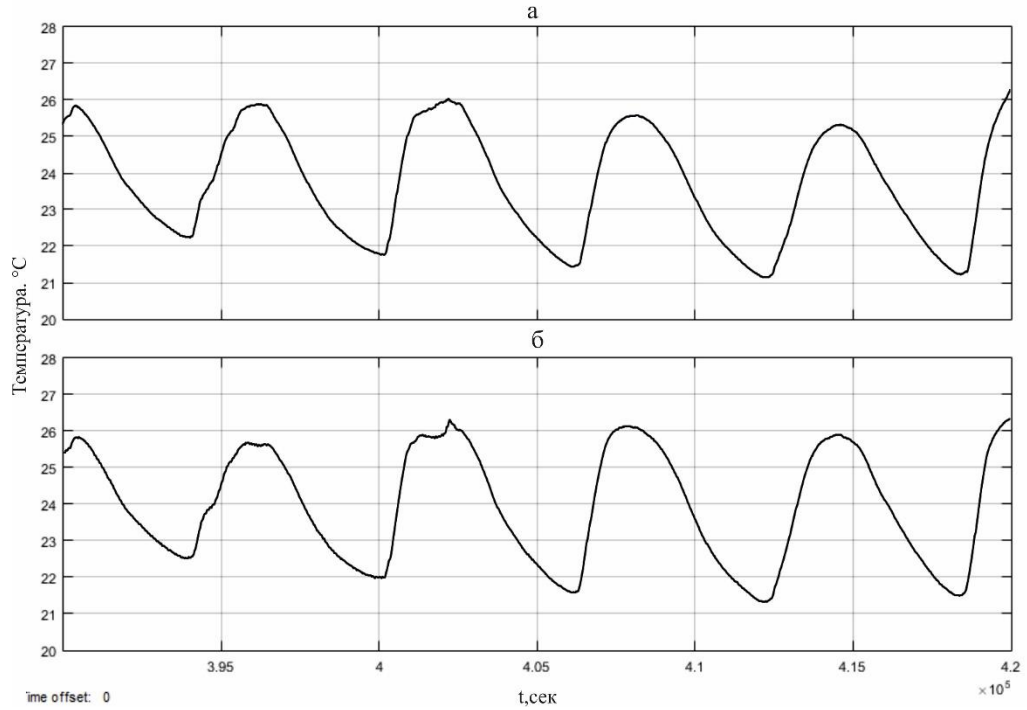


Рисунок 16 – График переходного процесса температуры воздуха внутри помещения

Как видно из рисунка 16 модель работает корректно, относительная погрешность составляет не более 1%.

Произведем моделирование системы управления в течении 3 часов для температуры воздуха в помещении. График переходного процесса представлен на рисунке 17.

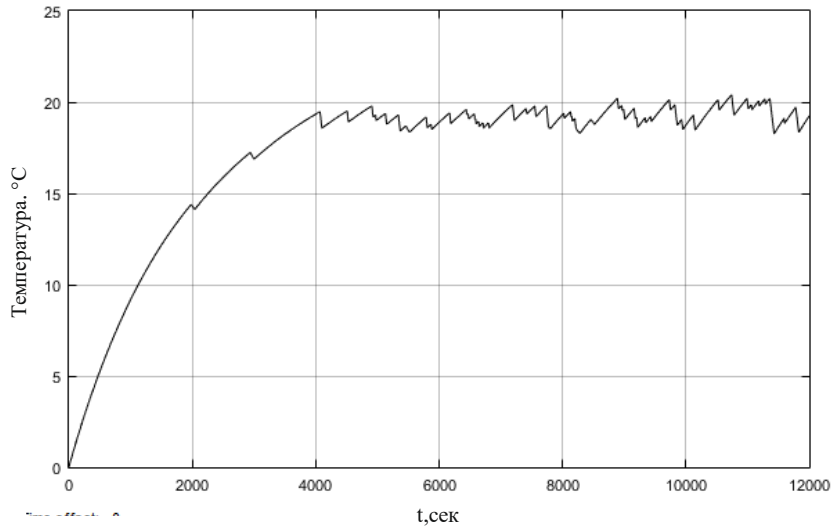


Рисунок 17 – График переходного процесса внутренней температуры воздуха

По рисунку 17 видно, что температура поднимается до требуемой отметки и поддерживается на заданном уровне с небольшими отклонениями ±2℃, что удовлетворяет требованиям технического задания и ОФС.1.1.0010.18 «Хранение лекарственных средств». Они связаны с большой инертностью датчика, шумами, дискретностью системы управления и постоянно изменяющейся температурой на улице. Данная модель работает корректно, что позволяет использовать ее для дальнейшего практического применения.

5 АТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ ГИГРОТЕРМОН

5.1 Прибор гигротермон

Комбинированный универсальный прибор гигротермон позволяет подключение от 1-го до 20 различных датчиков. Прибор гигротермон представлен на рисунке 18. Прибор отображает на светодиодном дисплее считаные с датчиков данные, контролирует их по индивидуально настроенным рабочим диапазонам. Имеет два настраиваемых дискретных выхода типа «транзисторный ключ» и может управлять устройствами сигнализации или другими электрическими устройствами - нагревателями, холодильниками. Технические характеристики представленны в таблице 19.

Рисунок 18 – Прибор гигротермон

Для передачи данных на верхний уровень прибор имеет интерфейс RS485 ModBus RTU. Данный интерфейс позволяет организовать единую систему мониторинга и контроля технологических параметров в режиме реального времени. Схема подключения представлена на рисунке 18.

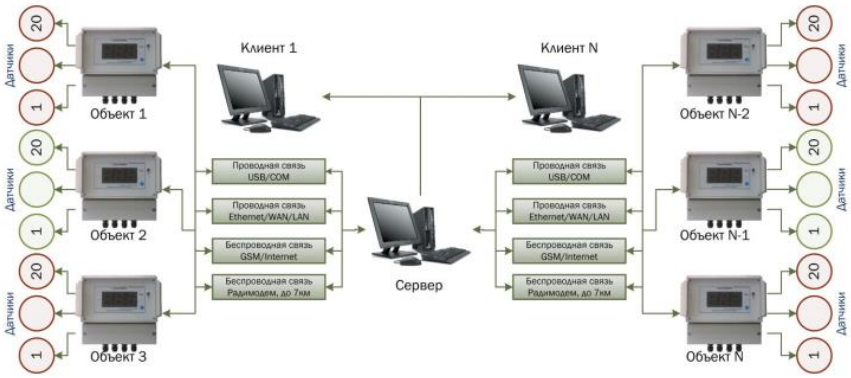


Рисунок 19 – Схема подключения

Для удаленного мониторинга и автоматизированного контроля параметров в режиме реального времени разработана специальная программа для ПК диспетчера «Гигротермон-АРМ».

Прибор представляет собой микропроцессорное устройство с дисплеем в пластиковом герметичном или металлическом корпусе. В нем предусмотрена многофункциональная кнопка для выбора отображения показаний одного из нескольких подключенных датчиков или настройки внутренних параметров прибора (в режиме «настройки»), а также различные разъемы для:

- подключения от 1-го до 20-ти цифровых, аналоговых или дискретных датчиков;
- связи с ПК диспетчера по интерфейсу RS-485;
- подключения устройств сигнализации или управления технологическими процессами;
- подключения к источнику питания.

Каждый прибор позволяет подключать от 1-го до 20 датчиков цифрового (1-wire), аналогового или дискретного типов:

- цифровые датчики и автономные регистраторы температуры и относительной влажности подключаются к линии датчиков 1-wire прибора гигротермон параллельно. Для этого используется 3 провода: «DQ» (шина данных), «GND» (общий) и «+5В» (питание). Максимальное количество подключаемых на один прибор гигротермон цифровых датчиков - 20 шт.;
- промышленные датчики с унифицированными выходными сигналами необходимо подключать к прибору гигротермон через модули расширения (преобразователи сигналов) «HIHx2». Один модуль «HIXx2» позволяет подключение до 2-х датчиков. Допустимое количество модулей на линии одного прибора Гигротемон– от 0 до 10 шт.;
- дискретные датчики подключаются к прибору гигротермон через модули расширения «1wio2». Модуль предназначен для сопряжения дискретных сигналов («сухой контакт» или источник напряжения 5В... 8В) с цифровой

линией 1-wire прибора гигротермон и рассчитан на подключение до 4 дискретных датчиков. Допустимое количество модулей на линии одного прибора гигротермон – от 0 до 10 шт.

Функциональность.

Прибор гигротермон позволяет:

- отображать на собственном дисплее значения измеренных параметров;
- контролировать измеренные значения по индивидуально настроенным рабочим диапазонам, заданных в энергонезависимой памяти датчиков или в памяти прибора гигротермон;
- дискретно управлять внешними устройствами (нагревателем, холодильником, сигнализацией);
- внешний интерфейс RS485 и разработанное программное обеспечение «Гигротермон-АРМ» позволяет объединять приборы гигротермон в единую сеть с выводом и контролем информации в режиме реального времени на ПК диспетчера.

Таблица 8 – Технические характеристики

Наименование	Значение
- напряжение питания постоянное	(12..24)В
- максимальный ток потребляемый прибором, А, не более	0,25
- количество датчиков на линии	до 20 (могут быть разного типа)
- варианты исполнения корпуса	IP41 (150x92x50); IP65 (246x184x115)
- количество каналов управления (сигнализации)	2 (транзисторный ключ 300В; 0,3А)
- тип индикатора / количество разрядов	Двухцветный / 3 разрядный
- максимальное значение, отображаемое на дисплее	999
- минимальное значение, отображаемое на дисплее	-99
- точность показаний	0,1
- поддерживаемые датчики, цифровые (1-wire):	

Окончание таблицы 8

• датчики температуры	DS18S20, DS18B20, MAX31820 (-55… +125)ºС;
• регистраторы (логгеры) температуры	DS1921G-F5 (-40… +85)ºС (TP-1);
	DS1921H-F5; DS1921Z-F5
	DS1922L-F5 (-40… +85)ºС (TP-2);
	DS1922T-F5 (0… +125)ºС (TPT-2)
• регистратор температуры и влажности	DS1923-F5 (-20… +85)ºС (0… 100)%
другие типы:	АЦП DS2438; I/O DS2413; DS1990;
	DS2422
- подключение дискретных датчиков	Поддерживается через модули расширения «1wio2»
- подключение аналоговых датчиков	Поддерживается через модули расширения «HIHx2»
- типы сигналов для подключаемых датчиков с унифицированными выходными сигналами	(0…5)мА; (0…20)мА; (4…20)мА; (0...0,25)В; (0…5)В; (0…10)В
подключение термопарных датчиков: 50М, 100П, Pt100 и термометров сопротивления: ХК(L), ХА(К)	Поддерживается через модули расширения «ThermoPar»
- температурный диапазон эксплуатации прибора	(-40..+40) ºС
- интерфейс линии датчиков	1-wire
рекомендуемая протяженность линии связи для датчиков с активным питанием, м., не более	100 метров
рекомендуемая протяженность линии связи для датчиков с паразитным питанием, м., не более	50 метров
- интерфейс внешней линии	RS485 ModBus RTU
- рекомендуемая протяженность линии связи RS-485	до 500 м.
максимальное время опроса всех подключенных датчиков (цикл), сек., не более	60

5.1.1 Принцип работы

Принцип прибора гигротермон основан на разработанном фирмой «Dallas Semiconductor» протоколе 1-Wire.

Этот протокол позволяет параллельно подключить множество датчиков на один сигнальный провод (не считая общего). При подаче питания на прибор, он производит поиск присутствующих на линии датчиков. Если найден какой-либо вновь подключенный к линии датчик, прибор сохраняет в памяти его идентификационный номер*, включает его в список опрашиваемых датчиков и присваивает ему следующий по порядку условный номер. Список датчиков сохраняется в энергонезависимой памяти прибора. Условные номера датчиков в памяти прибора строго привязаны к идентификационным. Измеренные с датчиков значения последовательно отображаются на собственном ярком светодиодном дисплее. Прибор контролирует измеренные с датчиков значения по индивидуально настроенным на каждый датчик рабочим диапазонам. Диапазоны могут задаваться в энергонезависимой памяти цифровых датчиков, в памяти модулей расширения или в энергонезависимой памяти самого прибора гигротермон (задаются с ПК).

*) Цифровые датчики имеют уникальные (идентификационные) номера. Для аналоговых и дискретных датчиков используются идентификационные номера, заложенные в соответствующих модулях, к которым они подключены.

При работе прибора на цифровом светодиодном дисплее будут последовательно высвечиваться номера текущих зарегистрированных датчиков и значения параметров, разделенных между собой разделителями, имеющие следующий формат, например:

“t 1” – данный разделитель означает, что следующее за ним (разделителем) показание, будет температура (t) датчика №1

“H 8” – данный разделитель означает, что следующее за ним (разделителем) показание, будет относительная влажность (H) датчика №8.

Кнопка на передней панели прибора справа позволяет выбрать по условному номеру требуемый датчик. Некоторое время прибор будет показывать показания только с данного датчика. Другие датчики при этом не опрашиваются. По прошествии 1 мин. продолжится обычный режим работы.

Индикация дисплея прибора:

“---“ датчик(и) не найдены;

“--.-“ (с мигающей точкой) – неисправна плата с драйвером, либо прибор в режиме быстрых измерений без показа (параметр 8);

“F05” прибором найдено 5 датчиков;

“PAr“ вход в меню установки параметров;

“t 3“ - будет отображаться значение температуры датчика с условным номером 3;

“H 5“ будет отображаться значение относительной влажности датчика с условным номером 5;

“8.8.8.“ тест индикатора;

Ux.x“ номер версии прибора гигротермон.

5.1.2 Подключение датчиков и модулей расширения

Прибор гигротермон позволяет подключение от 1-го до 20 цифровых, аналоговых, термопарных или дискретных датчиков. Для связи необходимо использовать экранированный UTP или FTP кабель «витая пара» категории 5E. Схема подключение датчиков представлена на рисунке 20.

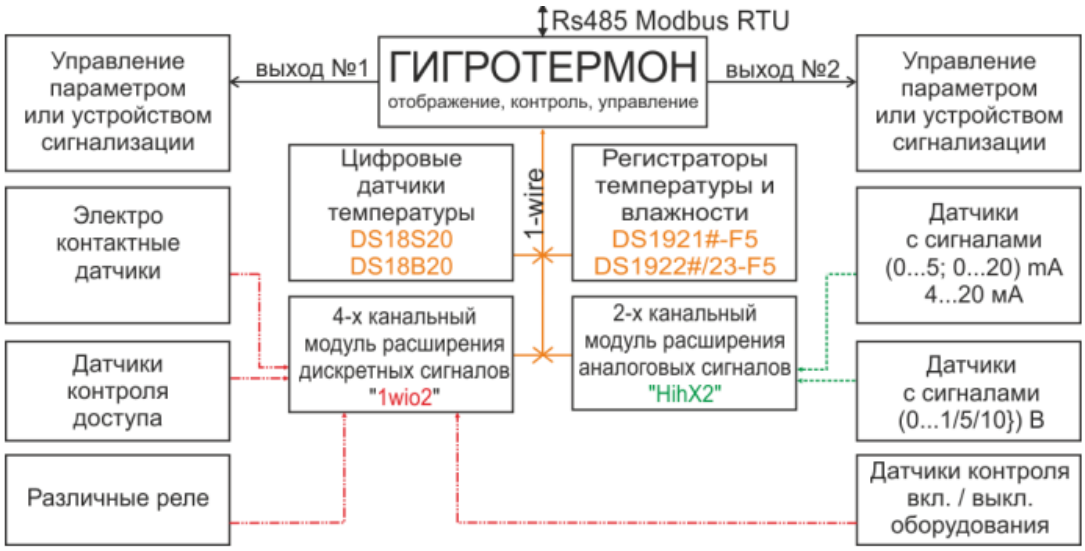


Рисунок 20 – Схема подключения датчиков

Цифровые датчики температуры и относительной влажности, как и автономные регистраторы температуры и относительной влажности, а также

модули расширения подключаются к линии датчиков 1-wire прибора гигротермон, используя 3 провода: «DQ» (шина данных), «GND» (общий) и «+5В» (питание). «Таблеточные» регистраторы температуры и влажности подключаются к линии датчиков прибора гигротермон посредством специальных адаптеров, например 2RJ11-iBDS18S20 IP41 или 1w-2/3 IP65, адаптер представлен на рисунке 21.

Рисунок 21 – Адаптер 2RJ11-iBDS18S20 IP41 и 1w-2/3 IP65

Каждый адаптер имеет специальный разъем для установки одного регистратора температуры и влажности. При этом для связи прибора гигротермон с логгерами используется всего 2 провода: «DQ» (шина данных) и «GND» (общий). Для регистрации параметров в собственную память логгеров их необходимо предварительно подготовить к сессии регистрации при помощи USB комплекта обслуживания регистраторов и персонального компьютера. При отключенной в регистраторах сессии измерений значительно снижается ресурс встроенной в регистраторах батареи, так как преобразование температур и влажности происходит каждый раз при обращении прибора к регистратору.

Аналоговые, термопарные или дискретные датчики подключаются к прибору гигротермон через соответствующие модули расширения, которые, в свою очередь, так же подключаются к линии датчиков 1-wire. Модули расширения предназначены для сопряжения соответствующих сигналов с датчиков с цифровой линией 1-wire прибора гигротермон.

Цифровые датчики и модули расширения необходимо подключать по схеме «гирлянда» без ответвлений, "змейкой": кабель от прибора гигротермон

подходит к первому датчику (или модулю 13 расширения), от него - ко второму датчику и т.д. Схема подключения цифровых датчиков представлена на рисунке 22. Рекомендуемая максимальная протяженность линии 1- wire с использованием кабеля «витая пара» категории 5E составляет:

- до 50 метров для датчиков 2RJ12-iB-DS18S20 (использующих паразитное питание DS18S20);
- до 100 метров для датчиков 1w-2/3 (использующих отдельное питание +5В DS18S20);
- до 200 метров для датчиков 1w-2/3 с пассивной подтяжкой сигнала +5В на крайнем датчике.

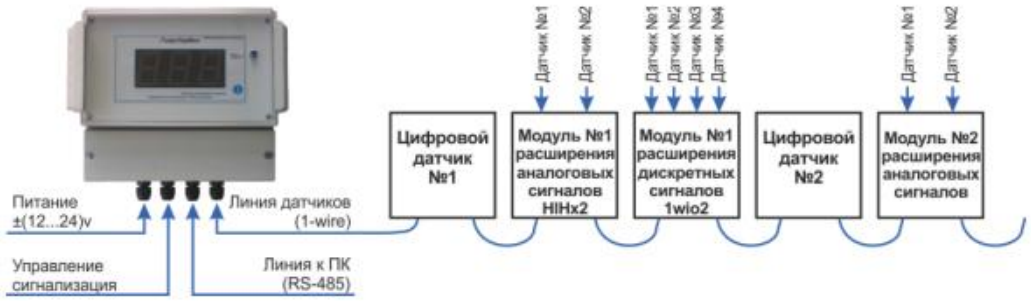


Рисунок 22 – Схема подключения цифровых датчиков

Для подключения датчиков к прибору гигротермон в нем предусмотрен разъем 6P6C (RJ12). Обозначение контактов разъема для штекера представлен на рисунке 23. При подключении следует учитывать, что для контактов 3 (GND 1-wire) и 4 (1-wire) провода должны быть скрученной парой.

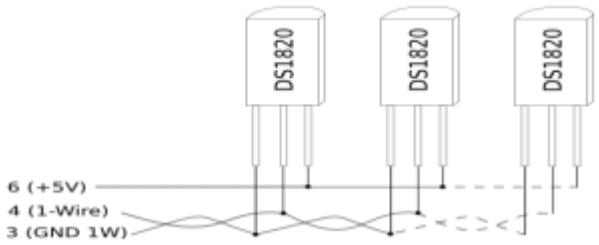


Рисунок 23 – Подключение датчиков ds1820

В нашей системе будем использовать цифровые датчики температуры модели DS1922L-F5. Данные датчики имеют собственную память, что позволяет использовать их в качестве "черного ящика", так как они записывают данные вне зависимости от наличия электричества. Технические характеристики представлены в таблиц 9. Конструкция и габариты представлены на рисунке 24.

Таблица 9 – Технические характеристики DS1922L-F5

Нормируемый параметр	Минимум	Норма	Максимум
Диапазон измеряемых температур, °С	-40		+85
Минимальная чувствительность, °С		0,0625	
Погрешность регистрации температуры при 11-разрядном преобразовании для DS1922L-F5, °С: в диапазоне -10°С … +65°С в диапазоне -40°С … -10°С в диапазоне +65°С… +85°С			 о о ± 0,5 ± 0,6 ± 0,8
Интервал между измерениями	1 с		273 часа
Возможность задержки старта	Реализована		
Объем памяти последовательных отсчетов, количество измерений	до 8192		
Пыле- влагозащищенность IEC 60529	IP56		
Габариты, мм	Цилиндр толщиной 5,89 и диаметром 17,35		
Масса, г	3,3		

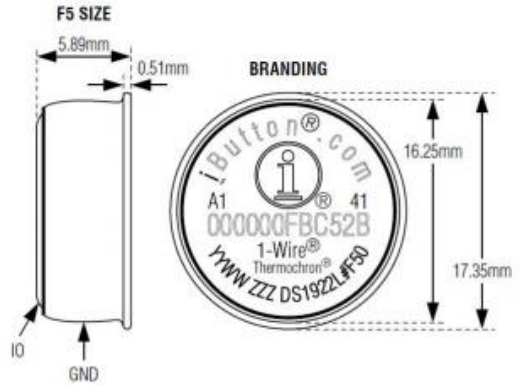


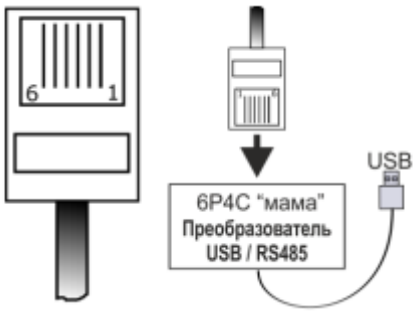
Рисунок 24 – Конструкция и габариты DS1922L-F5

5.2 Интерфейс rs485

Наличие в приборе гигротермон разъема RS485 позволяет объединить их в единую сеть с выводом информации на персональный компьютер. Схема разъёмов RS485 в приборе гигротермон представлена на рисунке 25. В качестве линии связи между приборами гигротермон и ПК диспетчера может использоваться кабель «витая пара», радиомодемы "НЕВОД-5", GPRS модемы, компьютерные сети LAN/WAN.

Рисунок 25 – Разъема RS485 в приборе гигротермон

При подключении RS485, следует учитывать, что провода A и B являются скрученной парой. Для монтажа следует применять экранированный кабель UTP-5 или FTP-5. Обозначение контактов для преобразователя представлен на рисунке 26.



Номер контакта	1	2	3	4	5	6
Назначение	-	GND	A (+)	B (-)	GND	-

Рисунок 26 – Пример обозначения контактов для преобразователя RS485/USB

Для преобразования сигналов интерфейса RS485 могут использоваться различные преобразователи интерфейсов, которые предназначены для взаимного преобразования сигналов интерфейса RS-485 приборов гигротермон в интерфейсы ПК (RS232 (COM) / USB / TCP/IP). В нашей системе используется преобразователь RSWE – 1.0 представлен на рисунке 27. Технические характеристики представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики RSWE – 1.0

Наименование	Значение
Напряжение питания, В	12...24
Потребляемая мощность (без нагрузки), Вт, не более	3
Габаритные размеры, мм	97 × 53 × 63
Масса, кг, не более	0,2
Температура окружающей среды, °С	от -20 до +70
Степень защиты.	IP 20
Количество портов Ethernet	1
Количество портов RS485	1
Количество портов WiFi	1
Поддерживаемые стандарты WiFi	b,g,n
Режимы WiFi	клиент, точка доступа
Количество устройств на шине RS485 (макс)	32
Скорость RS-485, bps	50~230400

Рисунок 27 – Модуль преобразователя RSWE – 1.0

Количество приборов гигротермон, подключаемых к любому из преобразователей интерфейсов, соединенных между собой кабельной связью по линии RS485, составляет от 1 до 32 шт. Максимальная протяженность кабельной линии RS485 - до 500 метров.

Количество преобразователей для одной системы, работающих по интерфейсам RS232 и USB, определяется только аппаратными ограничениями используемого ПК. Количество преобразователей для одной системы, работающих по протоколу TCP/IP не ограничивается.

5.6 Сигнализация

Прибор гигротермон позволяет осуществлять дискретное управление различными технологическими процессами или подключать устройства сигнализации. Для этого имеется разъем с двумя настраиваемыми каналами типа транзисторный ключ, к каждому из которых можно «привязать» определенный датчик или группу датчиков. Индивидуальные рабочие диапазоны могут быть заданы в энергонезависимой памяти цифровых датчиков или модулей расширения или в памяти прибора гигротермон (через программу с ПК). Рекомендуемая схема подключения к прибору индуктивной нагрузки представлена на рисунке 28.

В приборе заложены следующие алгоритмы управления:

− нагреватель;

– холодильник;

– сигнализация.

Нагреватель включается при выходе контролируемого параметра за нижнее значение рабочего диапазона и выключается при достижении параметра верхнего значения этого диапазона. Холодильник включается при выходе контролируемого параметра за верхнее значение рабочего диапазона и выключается при достижении нижнего значения этого диапазона. Сигнализация включается при выходе контролируемого параметра за пределы заданного диапазона.

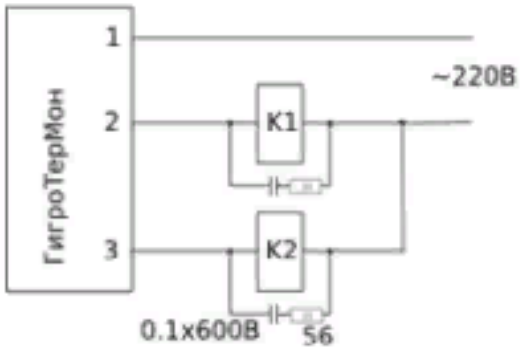


Рисунок 28 – Рекомендуемая схема подключения к прибору индуктивной нагрузки

Подключение к прибору устройства звуковой / световой сигнализации на 12-24В.

Для подключения электрического устройства сигнализации малой мощности, значение напряжение питания которого совпадает с значением напряжения питания прибора гигротермон, возможно использование схемы с питанием от общего источника. Клемму "-24V" колодки питания (1) необходимо перемычкой соединить с клеммой "Общ" (2) колодки дискретного управления. Контакт "+" устройства сигнализации необходимо соединить с контактом "+" (1) колодки питания гигротермон. Контакт "-" устройства сигнализации необходимо соединить с контактом "OUT1" или "OUT2" колодки управления (2). Для расширения дискретных сигналов используется модуль

расширения 1wio2 DIN. Модуль представлен на рисунке 29. Технические характеристики представлены в таблице 11. В нашей системе используется сигнализация модели Призма-202. Технические характеристики представлены в таблице 12. Схема подключения устройства сигнализации представлена на рисунке 29.

- клеммная колодка для подключения питания к гигротермон;
- клеммная колодка для дискретного управления устройствами;
- исполнительное устройство (сигнализация);
- источник питания.

Таблица 11 – Технические характеристики модуля расширения 1wio2 DIN

Наименование	Значение
Напряжения питания, В	5 (от линии датчиков прибора Гигротермон)
Интерфейс связи	1-wire
Количество входных дискретных каналов	4
Допустимое количество модулей 1wio2 на линии 1 wire прибора Гигротермон, шт.	1-10
Наличие гальванической развязки	Да
Напряжение встроенного гальванически развязанного источника напряжения для питания внешних цепей, В	5
Количество источников питания внешних цепей	1
Диапазон напряжений на входах, В	5… 8
Ток входа при напряжении 5В, мА	10
Длительность входного сигнала в режиме с фиксацией не менее, мс	300
Рабочий диапазон температур, °С	0…70
Габаритные размеры, мм	97 × 53 × 63
Вес, кг, не более	0,15

Рисунок 29 – Модуля расширения 1wio2 DIN

Таблица 12 – Технические характеристики Призма-202

Наименование	Значение
Напряжение питания постоянного тока, В	от 9,0 до 14,0
Напряжение питания постоянного тока, мА	25
Максимальный потребляемый ток звукового канала, не более, мА	60
Уровень звукового давления, дБ	от 85 до 100
Диапазон частот, Гц	от 200 до 5000
Диапазон рабочих температур, °С	от -30 до +55
Относительная влажность воздуха, %	до 93
Степень защиты оболочки по ГОСТ 14254-96	IP41
Габаритные размеры, не более, мм	92x142x44
Срок службы оповещателя, не менее, лет	10
Масса, не более, кг	0,15

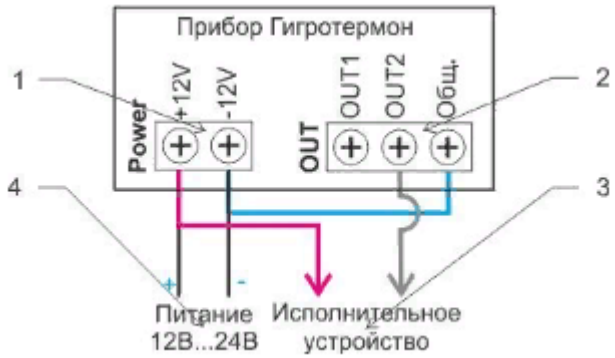


Рисунок 30 – Схема подключения к прибору устройства сигнализации

В качестве источника питания используется DRP-480-24 с креплением на DIN рейку. Технические характеристики представленный в таблице 13. Блок питания представлен на рисунке 31.

Таблица 13 – Технические характеристики DRP-480-24

Наименование	Значение
Мощность, Вт	480
Количество выходов	1
Канал 1, В, А	Uвых=24, Iвых=0...20;
Механическая подстройка выходного напряжения, %	+16 / -0
КПД, %	89
Уровень пульсаций (размах), А	1,2
Электрическая прочность изоляции, В	вход-выход 3000 AC, вход-земля 1500 AC
Входное напряжение AC, В	180...264 (Номинальное: 230)
Входное напряжение DC, В	250...370
Коэффициент мощности,	0.7
Комплекс защит от	короткого замыкания, перегрузки, перенапряжения, перегрева
Габариты, мм	227 x 125.2 x 100
Диапазоны температур работы, °C	-20...50 , хранения: -20...85

Рисунок 31 – Блок питания DRP-480-24

Для аппаратного смс уведомления используется модем GSM-ABI. Модем может работать с использованием одной или 2-х SIM-карт. Поддерживается одновременная передача сообщений через GPRS и в виде SMS-сообщений. Модем GSM-ABI представлена на рисунке 32. Технические характеристики представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Технические характеристики модем GSM-ABI

Наименование	Значение
Напряжение питания, В	24
Средний потребляемый ток, мА	не более 100
Максимальный потребляемый ток (в моменты передачи сообщений), А	до 1
Время установления соединения и передачи сообщения при переключении SIM-карты, сек.	до 90
Количество используемых SIM-карт – 1 или 2 шт.	1 или 2 шт.

Рисунок 32 – Модем GSM-ABI

5.4 Нагреватель

Так как приточной вытяжная вентиляция у нас кругла необходимо выбрать нагреватель для круглых каналов и мощностью 18кВт. Данным характеристикам подходит нагреватель модели ЭНК -315/18.0. технические характеристики данного нагревателя представлены в таблице 15. Нагреватель представлен на рисунке 33.

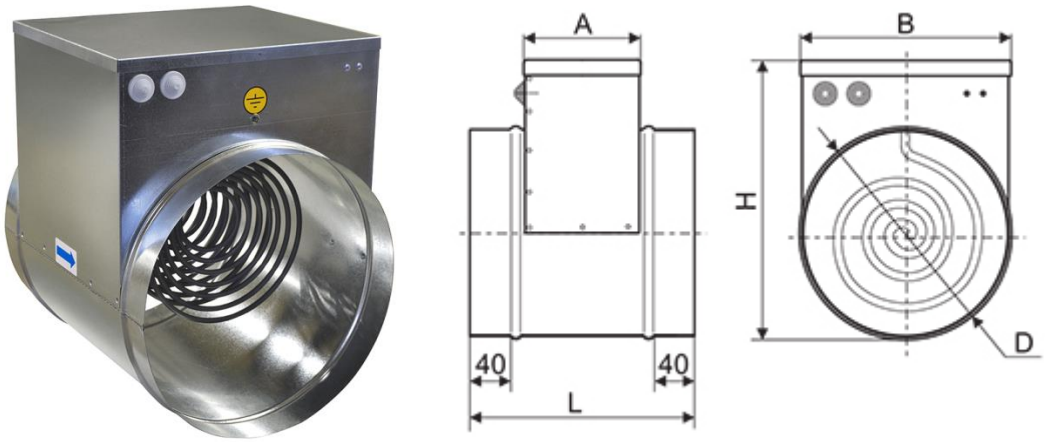


Рисунок 33 – Схема нагревателя

где D – диаметр, мм;

H – высота, мм;

L – длина, мм.

Таблица 15 – Технические характеристики нагревателя

Наименование	Значение
Диаметр, мм	315
Мощность, кВт	18,0
Напряжение/частота, В/50Гц	380
Ток, А	27,38
Минимальный расход воздуха, м³/ч	560
Масса, кг	8,0

Схема подключения нагревателя представлена на рисунке 34.

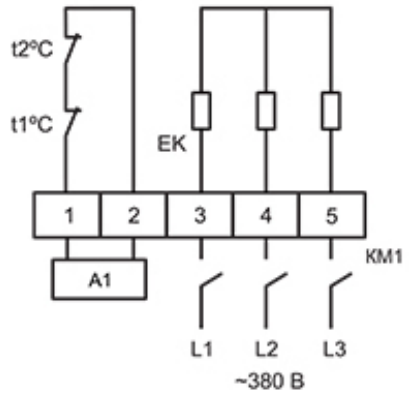


Рисунок 34 – Электрическая схема подключения

где ЕК – нагревательный элемент;

t1 – биметаллический термовыключатель защиты от перегрева, 80ºС;

t2 – биметаллический термовыключатель защиты от пожара, 130ºС;

КМ1 – магнитный пускатель;

SB1 – кнопка включения;

SB2 – кнопка выключения магнитного пускателя КМ1;

КМ1 – магнитный пускатель;

КМ1.1 –дополнительный контакт магнитного пускателя.

5.5 Вентилятор

Вентилятор выбираем так же круглый, диаметра 250мм производительность которого выше 900 м^3/ч. Нам подходит вентилятор модели VC – 250. Технические характеристики данного вентилятора представлены в таблице 16. Вентилятор представлен на рисунке 35.

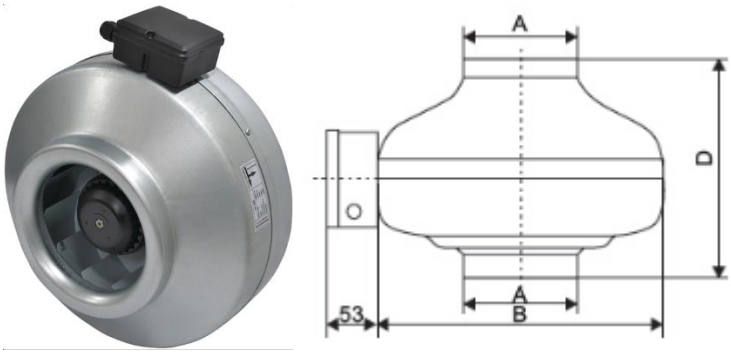


Рисунок 35 – Схема Вентилятора

Таблица 16 – Технические характеристики нагревателя

Наименование	Значение
Напряжение/частота, В/50Гц	220
Число фаз	1
Производительность, $м^3$/ч	1080
Давление, Па	526
Потребляемая мощность, кВт	0,20
Ток, А	0,9
Частота вращения, об/ мин	2500
Масса, кг	5,7

Электрическая схема подключения представлена на рисунке 36.

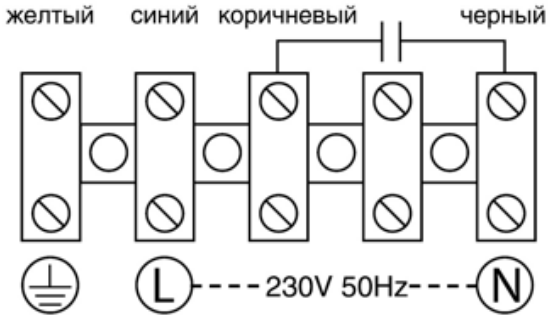


Рисунок 36 – Электрическая схема подключения

5.6 Программное обеспечение «Гигротермон-АРМ»

Функциональность программного обеспечения «Гигротермон-АРМ»:

− запись измеренных с датчиков значений в защищенную базу данных MySQL;

− отображение показаний в табличном, графическом видах, а также в виде мнемосхем;

− всплывающие информационные сообщения по событиям - нарушениям, потерям связи, предупреждениям и т.п.;

− отправка информационных СМС сообщений по событиям. Повторное СМС после восстановления параметра;

− отправка информационных e-mail сообщений по событиям. Повторное e-mail сообщения после восстановления параметра;

− задание индивидуальных настроек аварийных и предупредительных диапазонов;

− дискретное управление нагревателя, холодильника;

− разграничение прав доступа пользователей - ограничения на просмотр и изменение данных;

− формирование журнала событий за любой период. Регистрация всех действий пользователей;

− планировщик отчетов: автоматическое создание ежедневных, недельных или месячных отчетов;

− экспорт данных в форматы xlsx (для программы Ms Excel) и xml (для программы 1С);

− индивидуальные настройки соединений для каждого устройства - COM или TCP/IP;

− оптимизированный модуль опроса и регистрации позволяет обрабатывать большее количество данных без торможения интерфейса.

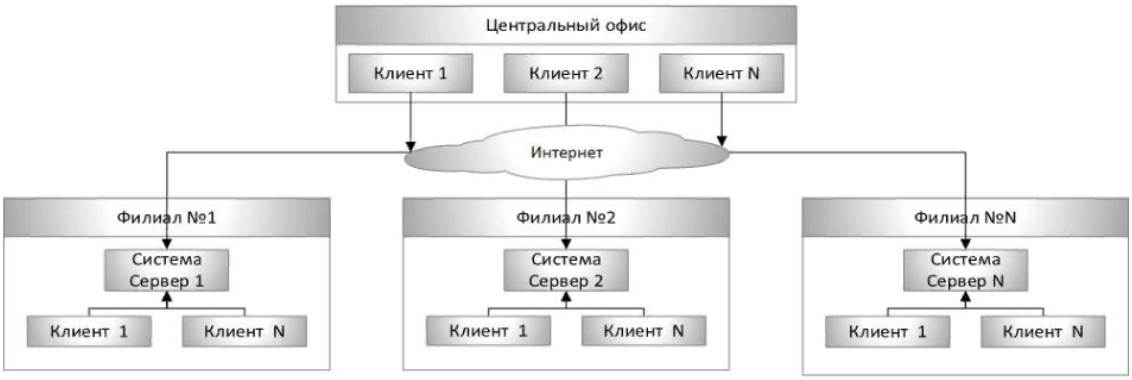


Рисунок 37 – Структура системы клиент-сервер

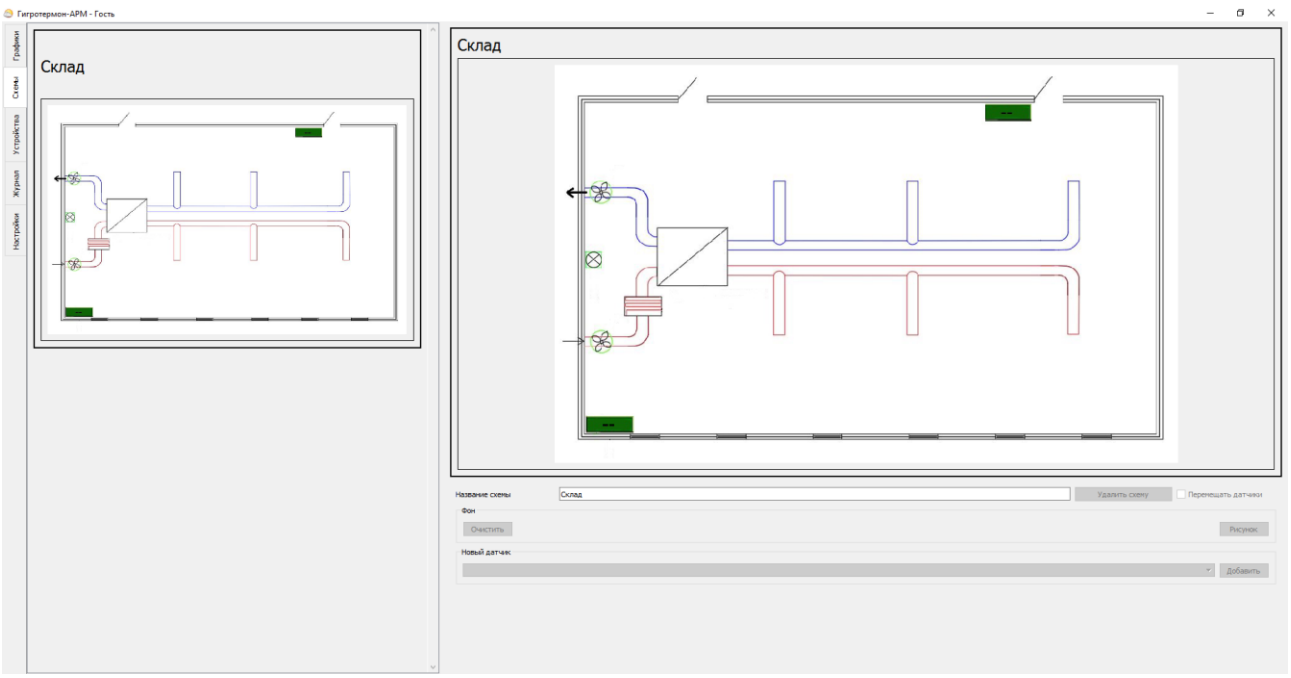


Рисунок 38 – Пример построения мнемосхемы

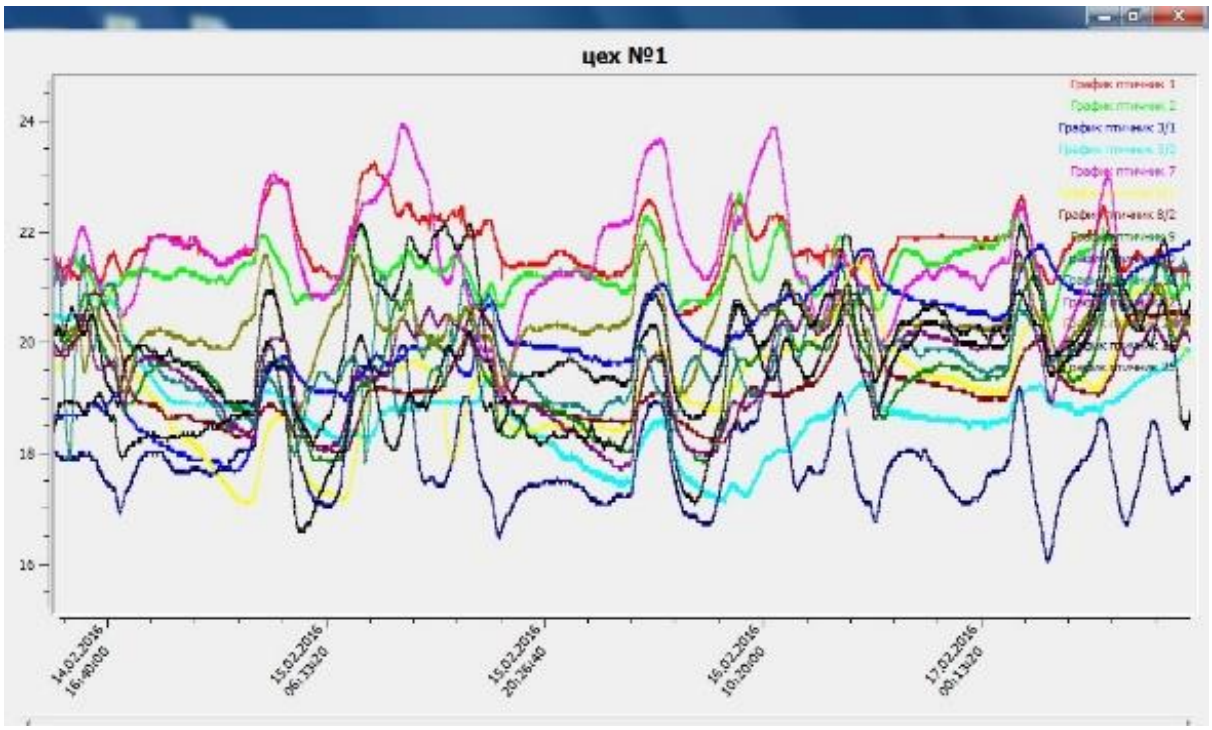


Рисунок 39 – Пример отображения графиков

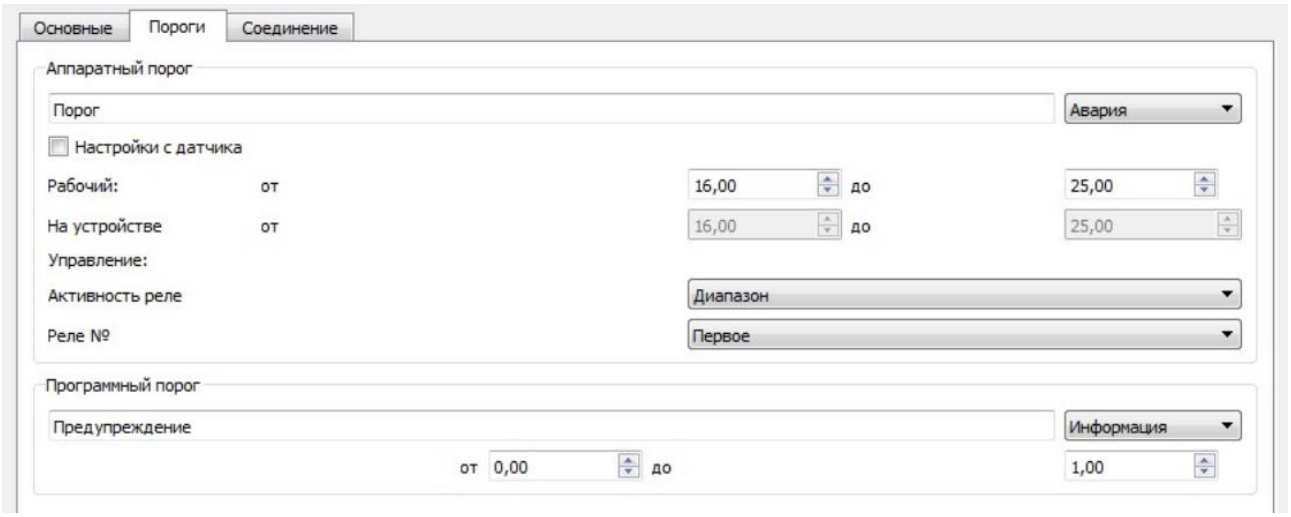


Рисунок 40 – Пример настройки датчиков

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Микроклимат производственных помещений определяется сочетанием температуры, влажности, подвижности воздуха, температуры окружающих поверхностей и их тепловым излучением, а также атмосферного давления. Параметры микроклимата производственных помещений зависят от теплофизических особенностей технологического процесса, климата, сезона года, условий отопления и вентиляции.

Борьба с неблагоприятным влиянием производственного микроклимата осуществляется с использованием архитектурно-планировочных, инженерно-технологических, санитарно-технических, медико-профилактических и организационных мероприятий.

В профилактике вредного влияния высоких температур инфракрасного излучения ведущая роль принадлежит технологическим мероприятиям: замена старых и внедрение новых технологических процессов и оборудования, автоматизация и механизация процессов, дистанционное управление, использование систем управления микроклиматом.

Способами улучшения метеорологических условий на рабочем месте является устройство систем искусственной вентиляции, кондиционирования и отопления производственных помещений.

Произведен расчет теплопотерь помещения в соответствии с СНиП 2-3-79. Что способствовало нахождению необходимой мощности нагревателя, а также подобрать вентилятор.

Разработана структурная схема отапливаемого помещения, позволяющая поддерживать температуру воздуха в помещении на уровне 20±2°С.

Преимущества схемы:

1) простата схемы;
2) учет основных теплопотерь;

3) возможность наглядно демонстрировать динамические процессы при изменении внешних условий.

Недостатки схемы:

1) в рассматриваемой структурной схеме учитывается только один вид теплообмена – теплопроводность;

2) пренебрегаем добавочными теплопотерями, которые учитывают: ориентацию ограждающих конструкций по странам света; воздействие ветра на ограждения. Отсутствует учет бытовых выделений тепла в помещении.

Результаты компьютерного моделирования подтверждают работоспособность структурной схемы и ее пригодность для практического применения. Имеется возможность устранения перечисленных недостатков путем модернизации схемы в соответствии с заданными условиями.

Произведен подбор оборудования для автоматизированной системы климат-контроля складского помещения. Построена мнемосхема в программе верхнего уровня. В дальнейшем планируется произвести внедрение данной системы в городе Москва.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семенов, В.Г. Компьютерное моделирование при исследовании системы управления микроклиматом теплицы. «Современные наукоемкие технологии»/ В.Г. Семенов, Е.А. Алейников. – 2007г. – № 10,
2. Системы управления микроклиматом. – https://poleznayamodel.ru/model/8/86709.html (дата обращение 20.03.2019)
3. Сравнительный анализ двух методик оценки климатического комфорта на примере систем климатизации морского круизного лайнера. – http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2803.
4. Вольвач, А.Ю. Система поддержания комфортного микроклимата в помещениях / Вольвач А.Ю., Толстель О.В.// – https://poleznayamodel.ru/model/11/116609.html/. – 27с. (дата обращение 20.03.2019)
5. Мекленбург, М. Требования к параметрам микроклимата исторических музейных зданий / С.Тумоза, А. Прайд, М. Мекленбург // Журнал АВОК. «Микроклимат в помещениях». – 2004. – №7.
6. Afanasieva O.V. Possible measures of comfort rate improvement for mechatronical climate control system in the car. Проблемы управления и моделирования в сложных системах / Y.V. Ilyukhin, O.V.Afanasieva – Труды 7 международной конференции РАН. – Самара. – 2005. – С. 221-228.
7. Nishi, Y. Direct evaluation of convective heat transfer coefficient by naphtalene sublimation, J. Appl. Physiol // A.P. Gagge, Nishi Y. –1970. – Vol.29. – S. 830-838.
8. Strobel, A. Konzept für eine Klimakomfortregelung eines Personenkraftwagens / A. Strobel – Universität Stuttgart, Doktorarbeit, – 2005.
9. Stolwijk, J.A. Mathematical model of physiological temperature regulation in man. / J.A. Stolwijk – NASA Contractor Report. –1971.
10. Математическая модель теплообмена в системе поддержания температурного режима в реакторе метанового брожения/ Е.К. Вачагина, Г. Р.

Халитова, Ю. В. Караева, И. А. Трахунова, Е. К. Вачагина. – Вестник Казан. технол. ун-та. – С. 15,19,33-37.

11. Гайнутдинов, Р.Ш. Нестационарное температурное поле плоского тела в условиях зависимости температуры среды и коэффициента теплообмена от времени / Р. Ш. Гайнутдинов. – Вестник Казан. технол. ун-та. – С. 14, 2, 37-42.

12. Моделирование предельных состояний элементов строительных конструкций при высокоинтенсивном нагреве / Э. Ш. Теляков, О. А. Тучкова, М.А. Закиров, О. Ю. Харитонова, Р.Ш. Еналеев. – Вестник Казан. технол. унта. – С. 13, 8, 41-51.

13. Файрушин, А.Ф. Снижение теплопотерь в трубопроводах горячего водоснабения с использованием арагонитового покрытия на внутренних стенах / В. К. Половняк, Р.Ш. Еналеев, А. Ф. Файрушин. – Вестник Казан. технол. ун-та. – С. 13, 5, – С. 91-96.

14. Халиков, М.Ф. Исследование сочетанного воздействия повышенной температуры воздуха и вредных веществ / Б.М. Азизов, И.В. Чепегин, М.Ф. Халиков. – Вестник Казан. технол. ун-та. – С. 13, 7, – С. 99-109.

15. Белоусов, В.В. Основы проектирования систем центрального отопления. / Ф.С. Михайлов., В.В. Белоусов. –М., 1962. – 402 с.

16. Максимов, Г.А. Отопление и вентиляция. Отопление / Г.А. Максимов. – М., 1963. – 352 с.

17. Туркин, В.П. Отопление гражданских зданий / В. П. Туркин. –М., 1975. – 320с.

18. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика / Л.Н. Балуева, А.Д. Гальперин, А.К. Городов, М.Ю. Еремин, С.М. Звягинцева, В.П. Мурашко, И.В. Седых, Ананьев, В.А. – М.: «Евроклимат», 2003. – 460 с.

19. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Справочное пособие / Г.И. Стомахина, И.И. Бобровицкий, Е.Г. Малявина, Л.В Плотникова. М.: Издательство «Пантори», 2003. – 308 с.

20. Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического регулирования. Учебное пособие / В.А. Бесекерский, Е. П. Попов. – М.: Издательство «Наука», 1975. – 711 с.

21. Степановских, А.С. Экология. Учебник для вузов / А.С. Степановских. – М.: Издательство «Юните-Дана», 2001. – 703 с.

22. Шишов, О.В. Технические средства автоматизации и управления. Учебное пособие / О.В. Шишов. – М.: Издательство «ИНФРА-М», 2012. – 397 с.

23. Староверов, И.Г. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Часть первая. Справочник проектировщика / И.Г. Староверов. – М.:Стройиздат, 1969. – 505 с.

24. Староверов, И.Г. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Часть вторая. Справочник проектировщика [Текст]/ И.Г. Староверов. – М.:Стройиздат, 1977. – 509 с.

25. Свистунов, В.М. Отопление, вентиляция и кондиционирования воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства / В.М. Свистунов, Н.К. Пушняков. – СПб.: Издательство «Политехника», 2007. – 427 с.

26. Штокман, Е.А. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности / Е.А. Штокман. – М.: Издательство «АСВ», 1999. – 564 с.

27. Ктоев, А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов / А.С. Ктоев. – М.:«Энергоиздат», 1990. – 464 с.

28. Схиртладзе, А.Г. Автоматизация технологических процессов и производств / А.Г. Схиртладзе, А.В. Федотов, В.Г. Хомченко. – М.: Издательство «Абрис», 2012. – 565 с.

29. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха / Е.С. Бандарь, А.С. Гордиенко, В.А. Михайлов, Г.В. Нимич. – К.: Издательство «АванпостПрим», 2005. – 560 с.

30. Сибикин, Ю.Д. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха / Ю.Д. Сибикин. – М.: Издательство «Academia», 2013. – 336 с.

31. Сотников, А.Г. Системы кондиционирования воздуха с количественным регулированием / А.Г. Сотников. – Л.: Стройиздат, 1976. – 168 с.

32. Белова, Е.М. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях / Е.М. Белова. – М: Евроклимат, 2006. – 640 с.

33. Беккер, А. Системы вентиляции / А. Беккер. – М: Техносфера, Евроклимат, 2005. – 232 с.

34. Иващенко, Н.Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем / Н.Н. Иващенко. – М.: Машиностроение, 1973. – 606 с.

35. Белов, М.П. Технические средства автоматизации и управления / М.П. Белов. – СПб: СЗТУ, 2006. – 184 с.

36. Skelton, R. E. An unified algebraic approach to linear control design / R.E. Skelton, T. Iwasaki, K. Grigoriadis – London: Taylor&Francis Ltd., 1998. – 304 p.

37. Iracleous, D. P. A Simple Solution to the Optimal Eigenvalue Assignment Problem / D.P. Iracleous, F.T. Alexandridis // IEEE Trans. Automat. Control. – 1999. – V. 44, No 9. – P. 1746–1749.

38. Grajnert, J. Heat transfer dynamics in refrigerated vehicles, Refrigeration/ S. Kwasniowski, J. Grajnert, – Polish Engineering Association (NOT) 33, 37–39c.

39. Schramek, E.R. Taschenbuch fur Heinzung und Klimatechnik / E.R. Schramek, – Herman Recknagel, Industrieverlag-Munchen, 2010г.

40. Jebaraj, S. Renewable and Sustainable/ S. Iniyan, S. Jebaraj, – Energy Reviews –10, 4, 281–311c.

41. Danielewicz, J. A guide for the designer of the boiler house / K. Golecki, J. Danielewicz, – Publishing House of the Wrocław University of Technology, Wroclaw, 2004.

42. Ананьев В.А. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика [Текст]/ Л.Н. Балуева, А.Д. Гальперин, А.К. Городов, М.Ю. Еремин,

С.М. Звягинцева, В.П. Мурашко, И.В. Седых – М.: «Евроклимат», 2003. – 460 с.

43. Стомахина Г.И. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Справочное пособие [Текст] / Г.И. Стомахина, И.И. Бобровицкий, Е.Г. Малявина, Л.В Плотникова. М.: Издательство «Пантори», 2003. – 308 с.

44. Шишов О.В. Технические средства автоматизации и управления. Учебное пособие [Текст] / О.В. Шишов. – М.: Издательство «ИНФРА-М», 2012. – 397 с.

45. Схиртладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов. Учебное пособие, часть 2 [Текст] / А.Г. Схиртладзе, С.В. Бочкарев, А.Н. Лыков. – Ст. Оскол: Издательство «ТНТ», 2013. - 524 с.

46. Бандарь Е.С. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Учебное пособие [Текст] / Е.С. Бандарь, А.С. Гордиенко, В.А. Михайлов, Г.В. Нимич. – К.: Издательство «АванпостПрим», 2005. – 560 с.

47. Сибикин Ю.Д. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Учебное пособие для СПО [Текст] / Ю.Д. Сибикин. – М.: Издательство «Academia», 2013. – 336 с.

48. Веслав С. Системы VAV краткое описание. Руководство по проектированию систем вентиляции и кондиционированию с переменным расходом воздуха (VAV – Variable Air Volume) [Текст] / С. Веслав, Х. Яцек. – Краков: «BELIMO», 2009. – 80 с.

49. Беккер А. Системы вентиляции. Учебное пособие для студентов СПО [Текст] / А. Беккер. – М: Техносфера, Евроклимат, 2005. – 232 с.

50. СНиП 2.04.05-91* . Отопление, вентиляция и кондиционирование. - М.: Стройиздат, 1996.

51. СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика. – М.: Стройиздат, 1983.

52. СНиП 23-01-99. Строительная климатология и геофизика: СНиП 23-01-99. - М. Стройиздат, 2000.

53. СНиП II-А.7-71, Строительная теплотехника. Нормы проектирования. - М.: Издательство литературы по строительству, 1973.

54. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий.: – М. Госстрой России, 2004г.

55. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 1,2 / Богословский В.Н., Пирумов А.И., Посохин В.Н. и др. /Под ред. Павлова Н.Н. и Шиллера Ю.И., – 4-е изд.; перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992.

56. Автоматика и автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции под редакцией В.Н. Богословского – Режим доступа: http://www.proektant.org/Avtomatika_i_avtomatizaciya_sistem_teplogazosnabjeniya_i_ventilyacii_Pod_redakciei_V_N_ Boslovskogo.pdf. (дата обращение 18.05.2019).

57. Система вентиляции компании Ровен [Электронный ресурс] - https://chelyabinsk.rowen.ru/o-nas/ (дата обращение 15.05.2019).

58. Богословский В. Н. и др. Отопление и вентиляция. Ч. 1. Отопление. — М.: Стройиздат, 1975. — 483 с.

59. Богословский В.И. Отопление и вентиляция. Часть II. Вентиляция. - М: Стойиздат, 1976г.

60. Щёкин Р.В., Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Кн. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха./ Р.В. Щёкин, С.М. Кореневский. – Киев: Будівельник, 1976.

61. ГОСТ 19108-81 (СТ СЭВ 6702-89) Электронагреватели трубчатые (ТЭН) для бытовых нагревательных электроприборов. Общие технические условия (с Изменениями N 1, 2) / В.М.Фомин, канд. техн. наук (руководитель темы); А.Н.Чернявский; Е.Е.Рязанов; А.И.Павлов; Б.С.Хаськин; А.Ф.Столяров; Л.И.Полякова. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 20 с.

62. СТО ЮУрГУ 04-2008. Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

63. Описание ПО "Гигротермон-АРМ" – http://unicom1.ru/dispetcher-skieprogrammy/po-gigrotermon-arm. (дата обращение 18.05.2019).

64. Прибор гигротермон –http://unicom1.ru/images/Opisanie/GTM-mini_26.04.2016.pdf. (дата обращение 18.05.2019).

65. Система сбора и контроля параметров микроклимата. – мhttp://unicom1.ru/oborudovanie/sistemy-monitoringa /promyshlenny eresheniya-/opisanie. (дата обращение 18.05.2019).

66. СП 158.13330.2014 Свод правил здания и помещения медицинских организаций правила проектирования – М: Изд-во АО "Кодекс", 2014. – 56 с.

67. Бондарь Е.С. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха / К.: «Аванпост-Прим», – 2005.

68. Предко, М. Руководство по микроконтроллерам. Том I / М. Предко.– М.: Постмаркет, 2001. - 416 с.

69. Предко, М. Руководство по микроконтроллерам. Том II / М. Предко. – М.: Постмаркет, 2001. - 488 с

70. Арустамов, Э. А. Безопасность жизнедеятельности: учебник/ Под ред. Э.А. Арустамова. – М.: Данилов и Ко, 2010. – 456 с.

71. Тигранян Р.Э. Микроклимат. Электронные системы обеспечения. – ИП. Радиософт, 2005

72. Мартыненко И. И. Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматики. – М.: Колос, 1981. – 304 с.

73. Анохин М. Н. Некоторые вопросы цифровой обработки результатов многоточечного измерения параметров среды хранения при помощи идентифицированных устройств в составе АСУ микроклиматом // Материалы 6-й всероссийской научно-технической конференции "Методы и средства измерений физических величин". — Нижний Новгород, 2002. — С.

74. Староверов И.Г. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Часть первая. Справочник проектировщика [Текст]/ И.Г. Староверов. – М.:Стройиздат, 1969. – 505 с.

75. Староверов И.Г. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Часть вторая. Справочник проектировщика [Текст]/ И.Г. Староверов. – М.:Стройиздат, 1977. – 509 с.

76. Свистунов В.М. Отопление, вентиляция и кондиционирования воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства. Учебник для вузов 2-е издание [Текст]/ В.М. Свистунов, Н.К. Пушняков. – СПб.: Издательство «Политехника», 2007. – 427 с.

77. Штокман Е.А. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности. Справочное пособие [Текст]/ Е.А. Штокман. – М.: Издательство «АСВ», 1999. – 564 с.

78. Ктоев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие [Текст] / А.С. Ктоев. – М.:«Энергоиздат», 1990. – 464 с.

79. Схиртладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов и производств. Учебник, часть 1 [Текст] / А.Г. Схиртладзе, А.В. Федотов, В.Г. Хомченко. - М.: Издательство «Абрис», 2012. – 565 с.

80. Мартыненко И. И. Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматики. – М.: Колос, 1981. – 304 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Графики

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Схемы и чертежи

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Проектная документация