Министерство высшего образования и науки Российской Федерации
Филиал федерального государственного автономного образовательного учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» в г. Миассе
Факультет «Электротехнический»
Кафедра «Автоматика»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ С.С. Голощапов
_____2019 г.

.

# Автоматизированная система диспетчерского контроля и управления климатом в хранилище овощных культур

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 27.03.04.2019.395 ПЗ ВКР

Руководитель проекта
доцент, к.т.н.
_____А.Р. Хасанов
_____2019 г.

Автор проекта
студент группы МиЭТ-468
_____А.М. Нехайчук
_____2019 г.

Нормоконтроллер
кафедры АиУ
_____Т.А. Барбасова
_____2019 г.

Миасс 2019

# АННОТАЦИЯ

Нехайчук А.М. Автоматизированная система диспетчерского контроля и управления климатом в хранилище овощных культур. – Миасс: Филиал «ФГАОУ ВО ЮУрГУ (НИУ)», Эт; 2019, 93 с., 48 ил., библиогр. список – 72 наим., 2 прил., 11 листов схем ф. А3.

Выпускная квалификационная работа выполнена с целью создания современной автоматизированной системы диспетчерского контроля и управления климатом в помещение для хранения овощной продукции.

Проведен обзор системы. Описан принцип действия датчиков и средств автоматизации. Осуществлен выбор исполнительных механизмов. Разработана проектная документация в составе:

– общие данные;

– схема автоматизации;

– схема электрическая принципиальная шкафа автоматики ША–1;

– спецификация оборудования.

Приведено описание программного обеспечения оператора системы и оперативного персонала. Описаны режимы работы системы.

Проектирование схем осуществлено в AutoCAD 2019. Пояснительная записка оформлена в MS Word 2007.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....5
1 ОБЗОР АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ .....8
1.1 Описание элементов оборудования .....8
1.2 Описание средств автоматизации .....14
1.2.1 Первичные измерители .....14
1.2.2 Контроллерное оборудование .....21
2 ВЫБОР ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КЛИМАТА В ХРАНИЛИЩЕ .....33
2.1. Выбор высоконапорного вентилятора .....33
2.2. Выбор увлажнителя воздуха.....41
2.3 Выбор электронагревателя .....47
3 ДИСПЕТЧЕРСКИЙ КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ .....51
3.1 Управление и контроль системы через беспроводную связь GSM.....53
3.2 Управление и контроль системы через локальную сеть Ethernet.....60
4 РЕЖИМЫ РАБОТЫ СИСТЕМЫ.....67
4.1 Режим сушка.....67
4.2 Режим хранения.....70
4.3 Охлаждение уличным воздухом .....72
4.4 Режим обогрева .....77
4.5 Удаление термомасс .....79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....81
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....32
ПРИЛОЖЕНИЕ А ПЕРЕЧЕНЬ ЗАПРОСОВ .....89
ПРИЛОЖЕНИЕ Б ПРОЕКТ .....93

# ВВЕДЕНИЕ

За последние несколько лет, производство овощных культур открытого грунта значительно увеличилось, в последствие чего, требуются помещения для хранения овощной продукции. Большая часть таких помещений относится к полузаглубленному или блочному типу, которые были возведены еще в советское время. Данные типы хранилищ не справляются с длительным хранением продукции из-за устаревшей технологии хранения и полного отсутствия автоматизации и контроля микроклимата. В итоге, большая часть собранного урожая портится и становится непригодной для употребления [1].

Исходя из этого, особое внимание уделяется качественному поддержанию климата внутри помещения. Грамотно выбранная технология поддержания климата – является одной из важнейшей составляющей, повышения урожайности продукта. А эффективное использование энергоресурсов – дополнительная возможность существенно уменьшить себестоимость производимой продукции. Современная автоматизированная система контроля и управления климатом должна поддерживать заданный режим и максимально эффективно использовать возможности исполнительных механизмов [2].

**Актуальность темы**

Актуальность внедрения современных систем управления и контроля климатом в хранилище овощных культур, с одной стороны, продиктована требованиями повышения качества продукции, а с другой, необходимостью обеспечения круглогодичного снабжения населения страны продуктами питания и сохранность их высоких питательных и вкусовых качеств, внешнего вида [3].

При хранении продукта в неавтоматизированных овощехранилищах сохранённого продукта составляет от 30…40 % общего объема хранилища. В свою очередь порча продукции доходит до 30% и более. Автоматизация управления микроклиматом снижает потери продукции до 2-5 % [4].

Автоматизированная система управления обеспечивает непрерывный режим работы и выполняет основные операции для поддержания микроклимата. Система управляет оборудованием по выбранному алгоритму и выполняет следующие основные функции:

– контроль температуры и влажности наружного воздуха;

– поддержание температуры продукта и влажности в хранилище;

– управление исполнительными механизмами;

– управление системой увлажнения, охлаждения и обогрева воздуха [5].

Автоматизированная система контроля и управления, а также системы диспетчерского контроля призваны свести к минимуму участие человека в процессе контроля и управления имеющимися инженерными системами. Использование подобных автоматизированных систем, осуществляющих контроль и управление над системой, объединяющей собранное воедино всё имеющееся инженерное оборудование, дает возможность организации слаженной работы всего комплекса [6].

Создание и внедрение автоматизированной системы диспетчерского контроля и управления обеспечит:

– непрерывный контроль работы оборудования без постоянного присутствия обслуживающего персонала;

– уменьшение времени простоя оборудования при возникновении нештатных ситуаций;

– дистанционное управление работой оборудования:

1) сбор информации о работе объекта управления;

2) предоставление информации о работе объекта в удобном для понимания и анализа форме;

3) звуковое и визуальное оповещение диспетчера при возникновении аварийной ситуации.

– повышение уровня индивидуальной ответственности обслуживающего персонала, благодаря автоматической регистрации действий диспетчера [7].

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является – овощная база (овощехранилище), которая расположена в посёлке Кременкуль (Челябинская область).

Предмет исследования – автоматизированное управление и контроль овощехранилища. Создание усовершенствуемой системы автоматизации с обеспечением диспетчерского контроля и управления

Целью выпускной квалификационной работы является – разработка проекта автоматизации микроклимата овощехранилища. Обеспечение диспетчерского контроля и управления.

На пути к достижению поставленной цели необходимо целесообразно решить следующие задачи:

– подобрать оборудование для автоматизации системы;

– разработать схему автоматизации;

– разработать электрическую принципиальную схему;

– описать принцип действия и режимы работы системы;

– обеспечить диспетчерский контроль и управление системой.

# 1 ОБЗОР АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

## 1.1 Описание элементов оборудования

**Обзор системы**

Система контейнерного типа. На сегодняшний день данный тип хранения является наиболее распространённым способом.

Контейнерный тип – применяется для хранения сельскохозяйственных культур, которые требуют особого внимания, в данной работе, это капуста. Данный вид хранения востребован предприятиями, для которых важную роль играет удобная складская логистика [8].

На сегодняшний день контейнерное хранение в искусственно созданном климате среды хранения, является основным приемлемым методом длительного хранения овощей, так как при этом методе возможно достичь необходимых, значительно не изменяющихся во времени температурно-влажностных и воздухообменных характеристик среды хранения, что влечет за собой наименьшие потери продукции от хранения [9].

В процессе хранения продукт продолжает выделять газы, тепло, что влияет на газовый состав воздуха внутри овощехранилища, влажность и температуру. Поэтому, необходима система вентиляции, которая должна выполнять следующие требования:

– оптимальный воздухообмен внутри помещения хранилища;

– удаление избытка газов, которые негативно влияют на качественное состояние продукта;

– создание условий, при которых не будет образоваться конденсат;

–возможность работы сразу в нескольких режимах [10].

**Вентиляционная установка DRAGON-M**

В данной работе будет использоваться механическая (искусственная) вентиляция. Воздух в системе механической вентиляции перемещается с помощью специ-

альных машин, называемых вентиляторами. Механическая вентиляция обеспечивает подачу воздуха на значительные расстояния непосредственно к рабочим местам или в определенную зону помещения в заданных количествах с необходимыми скоростями выпуска его, а также удаление воздуха из определенных мест помещения в необходимых объёмах [12].

Воздух, подаваемый в помещение и удаляемый из него, может подвергаться необходимой обработке. Для этих целей в состав систем с механическим побуждением движения воздуха включают комплекс оборудования. Количество подаваемого в помещение воздуха системами механической вентиляции и удаляемого из помещения не зависит от состояния наружного воздуха. Радиус действия таких систем определяется давлением, создаваемым вентиляторами, и может быть весьма большим [13].

Для организации вентиляции в хранилище контейнерного типа используется специальная вентиляционная система типа “DRAGON-M”. Весь процесс подготовки воздуха происходит внутри установки и только потом воздух подаётся в хранилище. В состав “DRAGON-M” входят нагревательный и увлажнительный элемент, приточная заслонка с электроприводом, нагнетающий высоконапорный вентилятор и система воздуховодов для равномерного распределения воздуха над продукцией. Выбор оборудования для вентиляционной установки будет произведен в главе “ВЫБОР ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КЛИМАТА В ХРАНИЛИЩЕ” [14].

В зависимости от требуемой температуры отработанный воздух, либо покидает помещение, либо опять попадает в вентиляционную установку, смешиваясь со свежим холодным наружным воздухом. На рисунке 1.1 представлена вентиляционная система “DRAGON-M”, используемая в данной работе.

Рисунок 1.1 – Вентиляционная установка “DRAGON-M”

Вентиляционная установка “DRAGON-M” зарекомендовала себя как система, которая способна обеспечить необходимый температурный режим хранилища в кратчайший срок, что важно учитывать для хранения капусты.

**Приточная и вытяжная заслонки**

Экономичным источником холода для охлаждения продукции в хранилище является уличный воздух в осенне-зимне-весенний период хранения. Такое решение эффективно для России, где холодное время года в большинстве регионов страны составляет 6-7 месяцев [15].

Поступление холодного воздуха с улицы в хранилище осуществляется за счёт работы автоматической заслонки, которая смешивает в вентиляционной установке воздух из камеры хранения с небольшим количеством уличного холодного воздуха, для компенсации излишнего тепла в хранилище, вырабатываемого продуктом в процессе “дыхания”. Приточная и вытяжная заслонки имеют идентичный внешний вид, но разное применение, а именно, через приточную заслонку воздух попадает в хранилище, следовательно, через вытяжную выходит на улицу [16].

Заслонка представляет собой металлическую трёхслойную панель с утеплителем из жесткого пенополиуретана 80 мм. с установленной на ней фурнитурой (петли, уплотнитель). Металлическая облицовка заслонки включает не только внутреннюю и наружную поверхности, но и торцы, что придаёт заслонке дополнительную устойчивость.

Для изготовления заслонки используются сэндвич панели толщиной 100 мм. Наполнитель — пенополиуретан из компонентов DowChemical, плотность пены – 45-50 кг/м$^3$. Заслонка устанавливается в рамы, изготавливаемые из листового металла толщиной 1,5 мм, имеющие элементы жесткости и окрашенные в электростатическом поле порошковой краской.

Данная конструкция заслонки не боится влажности и низких температур. Для плотного закрывания по периметру рамы предусмотрен резиновый уплотнитель толщиной 12 мм.

Комплект для открытия/закрытия заслонок состоит из следующих компонентов:

– электропривод;

– система зубчато-реечных механизмов;

– соединительных и карданных элементов.

Компания, производящая заслонки для приточной и вытяжной заслонки поставляют своё оборудование сразу же комплектом с электроприводом DOGA 319.3820.30.00, имеющее постоянное напряжение 24В и номинальный ток 3А.

Зубчато-реечный механизм состоит из зубчатого цилиндрического колеса и зубчатой рейки — планки с нарезанными на ней зубьями. Данный механизм позволяет получить надежную систему и высокую точность открывания. Зубчато-реечный механизм представлен на рисунке 1.2 [17].

Соединительные и карданные элементы объединяют электропривод с системой зубчато-реечных механизмов, обеспечивая простой монтаж оборудования. На рисунке 1.3 представлен внешний вид заслонки со всеми составляющими.

Рисунок 1.2 – Зубчато-реечный механизм

Рисунок 1.3 – Заслонка с электроприводом

**Вентиляторы**

Вентиляторы, применяемые в промышленных хранилищах овощей, являются ключевым моментом, к которому необходимо относится с особенным вниманием. Достаточное количество воздуха является необходимым требованием к максимальной сохранности продукта, закладываемого в хранилище, при этом воздух должен поступать по всему объему помещения практически равномерно. Соблюдение этих условий позволяет исключить локальные появления мест с повышенным содержанием влаги, CO2, что ведет к возникновение очагов гниения, либо наоборот помогает исключить чрезмерную усушку продукта [40].

При правильном расчете необходимых параметров по объему требуемого воздуха вентиляторы должны быть способны продавить через систему воздуховодов всю массу закладываемого на хранение продукта, при этом очень важным критерием использования тех или иных моделей вентиляторов является их энергоэффективность. С точки зрения всемирной распространенности и максимально достигаемых показателей сохранности наибольшее распространение получили осевые вентиляторы среднего давления, обеспечивающие непрерывную работу системы вентиляции овощехранилища в течение нескольких сезонов без дополнительных затрат и доработок [41].

**Увлажнители**

В данной системе использована эффективная автоматическая система увлажнения воздуха. Если влажность воздуха, окружающего продукцию недостаточна, то влага начинает уходить из продукции (овощи и фрукты на 80% состоят из воды) и происходит процесс усушки продукции. Усушка не только снижает общий вес, но и сильно снижает товарность, так как портиться внешний вид, продукция становиться «мягкой» особенно в верхних рядах контейнеров. Эффективно бороться с усушкой позволяет процесс наполнения влагой воздуха внутри камеры хранения. Влажность воздуха должна быть выше чем влажность продукта. Очень важно, чтобы вода в воздухе камеры была не в жидком, а в газообразном состоянии [44].

**Электронагреватели**

В холодное время года, когда температуры воздуха с улицы недостаточно для обогрева хранящейся продукции, в системе используют трубчатый электронагреватель (ТЭН), который подогревает воздух в хранилище до нужной температуры.

Электрический нагреватель служит в данной системе для подстраховки, то есть в помещение будет храниться капуста, для которой благоприятная температура хранения от -1 до +5℃, продукт при хранение “дышит”, следовательно, выделяет какое-то количество теплоты, тем самым нагревая помещение. В данной системе ТЭН не служит для того, чтобы нагреть всё хранилище, он предназначен для того, чтобы при открывание приточной заслонки в холодное время года (система решает

на сколько процентов открывать заслонку для каждой температуры), подогревать воздух, чтобы он не заморозил продукт.

## 1.2 Описание средств автоматизации

### 1.2.1 Первичные измерители

**Датчики температуры**

Заказчик данной работы на протяжении многих лет сотрудничает с такими компаниями, как “ЭКОНИКС” и “ОВЕН”, поэтому, в данной работе будет использоваться оборудование исключительно данных производителей.

Датчик температуры используются для реализации  контроля климата в помещении хранилища. Показания, поступающие с измерителей, используются в системе управления, исполнительными механизмами (вентиляторами, ТЭНом, приточной и вытяжной заслонками с электроприводами) [18].

Схема подключения датчиков температуры в системе, представлена в проекте (ПРИЛОЖЕНИЕ Б).

**Датчик температуры наружного воздуха**

Данный температурный датчик устанавливается на улице, на расстоянии одного метра от приточной заслонки. С помощью данного датчика контроллер решает можно ли использовать уличный воздух для охлаждения, обогрева или сушки. Благодаря данному датчику контроллер определяет, на сколько процентов необходимо открыть смесительные заслонки для получения желаемой температуры, при использовании уличного воздуха.

В данной системе используется датчик температуры наружного воздуха ТВ100М “ЭКОНИКС”. Технические характеристики датчики ТВ100М представлены в таблице 1.1 [19].

Таблица 1.1 Технические характеристики ТВ100М

| Название | ТВ100М |
|---|---|
| Диапазон рабочих температур, ℃ | -50 … +100 |
| Выход, мА | 4-20 |
| Количество, шт. | 1 |

Датчик температуры наружного воздуха представлен на рисунке 1.4.

Рисунок 1.4 – Датчик температуры наружного воздуха ТВ100М

**Датчик температуры воздуха в хранилище. Датчик температуры в воздуходувном магистральном канале**

Датчик температуры воздуха в хранилище расположен на расстоянии десяти сантиметров от потолка. На основании показателей данного датчика, контроллер принимает решение о необходимости удаления, скопившихся в хранилище тепловых масс.

Датчик температуры воздуха в воздуходувном магистральном канале измеряет температуру воздуха, который подаётся на продукт. С помощью данного датчика контроллер регулирует открытие заслонок для смешивания теплого воздуха хранилища и холодного воздуха улицы до заданной пользователем температуры.

В данной системе используются датчики температуры воздуха в хранилище ТВ100 “ЭКОНИКС”. Технические характеристики датчика ТВ100 представлены в таблице 1.2 [20].

Таблица 1.2 Технические характеристики ТВ100

| Название | ТВ100 |
|---|---|
| Диапазон рабочих температур, ℃ | -50 … +100 |
| Выход, мА | 4-20 |
| Количество, шт. | 2 |

Датчик температуры воздуха представлен на рисунке 1.5.

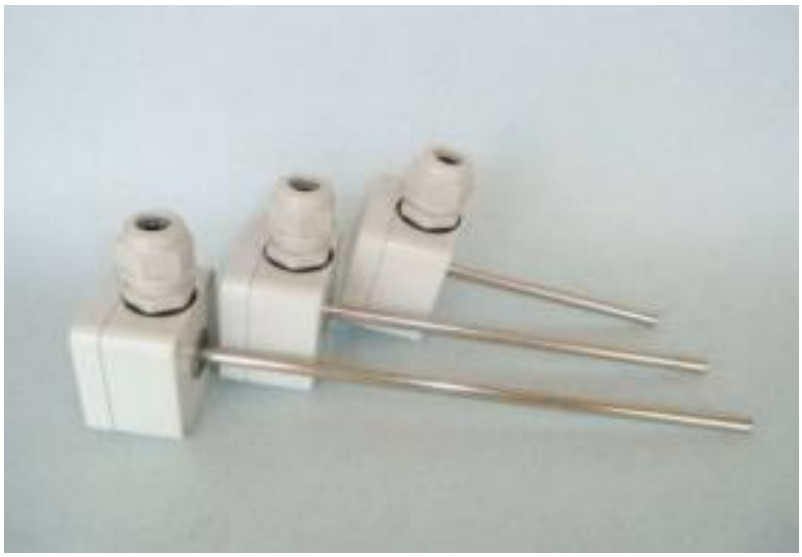


Рисунок 1.5 – Датчик температуры воздуха в хранилище ТВ100

**Датчик температуры продукта в хранилище.**

Датчики температуры продукта располагаются в продукте (через равномерное расстояние по хранилищу), так чтобы они могли, как можно точно измерять температуру продукта. Контроллер высчитывает среднюю температуру продукта и контролирует процесс хранения по тем датчикам, которые подключены и активированы.

В данной системе используется датчик температуры продукта ДТС035Л-50М.0, 5.120.И1 “ОВЕН”. Технические характеристики ДТС035Л-50М.0, 5.120.И1 представлены в таблице 1.3 [21].

Таблица 1.3 Технические характеристики ДТС035Л-50М.0, 5.120.И1

| Название | ДТС035Л-50М.0, 5.120.И1 |
|---|---|
| Диапазон рабочих температур, ℃ | -40 … +85 |
| Выход, мА | 4-20 |
| Количество, шт. | 5 |

Датчик температуры продукта представлен на рисунке 1.6.

Рисунок 1.6 – Датчик температуры продукта в хранилище ДТС035Л-50М.0, 5.120.И1

**Датчики влажности**

Датчики влажности используются для реализации и контроля влажности в помещении хранилища. Показания, поступающие с измерителей, используются в системе управления исполнительными механизмами (увлажнителями, приточной/вытяжной заслонками с электроприводами) [22].

Схема подключения датчиков влажности в системе, представлена в проекте (ПРИЛОЖЕНИЕ Б).

**Датчик влажности наружного воздуха**

Датчик влажности наружного воздуха расположен рядом с датчиком наружного воздуха. С помощью данного датчика контроллер регистрирует относительную влажность уличного воздуха. Совместно с датчиком температуры наружного воздуха, рассчитывает абсолютное содержание влаги в уличном воздухе (гр./м$^3$).

В данной системе используется датчик влажности наружного воздуха ВА100-мн, “ЭКОНИКС”. Технические характеристики датчика ВА100-мн представлены в таблице 1.4 [23].

Таблица 1.4 - Технические характеристики ВА100-мн

| Название | ВА100-мн |
|---|---|
| Диапазон рабочих температур, ℃ | -40 … +60 |
| Диапазон, %RH | 0 … 100 |
| Выход, мА | 4-20 |
| Количество, шт. | 1 |

Датчик влажности наружного воздуха представлен на рисунке 1.7.

Рисунок 1.7 – Датчик влажности наружного воздуха ВА100-мн

**Датчик влажности воздуха в хранилище. Датчик влажности воздуха в воздуходувном магистральном канале**

Датчик влажности воздуха в хранилище расположен на расстоянии десяти сантиметров от потолка. Данный датчик измеряет относительную и абсолютную влажность продукта в хранилище. Единица абсолютной влажности указывает, сколько грамм воды в одном кубическом метре воздуха.

Датчик влажности воздуха в воздуходувном магистральном канале предназначен для измерения и контроля влажности поступающего в продукт воздуха.

В данной системе используются датчики влажности наружного воздуха в хранилище ВА100, “ЭКОНИКС”. Технические характеристики ВА100 представлены в таблице 1.5 [24].

Таблица 1.5 - Технические характеристики ВА100

| Название | ВА100 |
|---|---|
| Диапазон рабочих температур, ℃ | -15 … +60 |
| Диапазон , %RH | 0 … 100 |
| Выход, мА | 4-20 |
| Количество, шт. | 2 |

Датчик влажности воздуха в хранилище представлен на рисунке 1.8.

Рисунок 1.8 – Датчик влажности воздуха в хранилище ВА100

**Датчик концентрации углекислого газа (CO2)**

Углекислый газ пагубно влияет на хранение продукции. Углекислый газ водорастворимый и при высокой концентрации растворяется внутри хранимой продукции. Благодаря датчику концентрации углекислого газа CO2 возможно контролировать и бороться с ним, при возникновении опасных концентраций [25].

Датчик устанавливается в одном метре от пола, подальше от дверей и других отверстий, чтобы наиболее точно измерять наличие углекислого газа. На основании данного датчика контроллер решает о необходимости удаления углекислого газа.

Схема подключения датчика концентрации углекислого газа в системе, представлена в проекте (ПРИЛОЖЕНИЕ Б).

В данной системе используется датчик концентрации углекислого газа CO100, “ЭКОНИКС”. Технические характеристики датчика углекислого газа CO100 представлены в таблице 1.6 [26].

Таблица 1.6 – Технические характеристики CO100

| Название | CO100 |
|---|---|
| Диапазон рабочих температур, ˚C | -15 … +50 |
| Диапазон измерений, ppm | 0 … 2000 |
| Выход, мА | 4-20 |
| Количество, шт. | 1 |

Датчик влажности воздуха в хранилище представлен на рисунке 1.9.

Рисунок 1.9 – Датчик концентрации углекислого газа CO100

### 1.2.2 Контроллерное оборудование

В данной выпускной квалификационной работе, при участии компании “ОВЕН” была разработана система автоматического управления климатом в хранилище овощных культур [27].

Основу управляющего комплекса составляет оборудование “ОВЕН”:

– модуль аналогового ввода МВ110-224.8А;

– программируемое реле ПР110-24.12Д.8Р;

– модуль интерфейсный ПР-МИ485;

– контроллер с сенсорным экраном СПК110;

– модем GSM ПМ01-24.АВ.

**Модуль аналогового ввода МВ110-224.8А**

Прибор предназначен для преобразования сигналов датчиков, имеющих выходные сигналы постоянного напряжения и тока в значение физической величины (температура, влажность, CO2) и передачи полученных значений по сети RS-485 на программированный логический контроллер [28].

Схема автоматизации и подключение датчиков к МВ110-224.8А представлены в проекте (ПРИЛОЖЕНИЕ Б).

Прибор работает в сети RS-485 по протоколам ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON. Тип протокола определяется прибором автоматически.

Основные технические характеристики прибора приведены в таблице 1.7 [29].

Таблица 1.7 – Технические характеристики прибора МВ110-224.8А

| Наименование | Значение |
|---|---|
| Номинальное напряжение, В | 24 |
| Потребляемая мощность, ВА | 6 |
| Количество аналоговых входов | 8 |
| Интерфейс связи | RS-485 |
| Максимальная скорость обмена по RS-485, бит/сек. | 115200 |

Модуль аналогового ввода представлен на рисунке 1.10.

Рисунок 1.10 – Модуль аналогового ввода МВ110-224.8А

**Программируемое реле ПР110-24.12Д.8Р**

Программируемое реле предназначено для построения простейших автоматизированных систем управления на основе релейной логики.

Это свободно программируемое устройство без программы в памяти, которое программируется пользователем и даёт возможность использовать его в любых отраслях промышленности как реле логики, защитного реле, реле управления процессами и оборудованием [30].

Работа прибора определяется программой, которая разрабатывается на персональном компьютере в соответствующей среде программирования пользователем прибора. Пользовательская программа записывается в энергонезависимую Flash-память прибора. По окончании процедуры записи прибор автоматически перезагрузится, и программа пользователя запустится на выполнение.

На рисунке 1.11 представлен алгоритм запуска прибора.

Рисунок 1.11 – Алгоритм запуска прибора ПР110-24.12Д.8Р

Рабочий режим работы приборы состоит из постоянного повторения следующей последовательности (циклом):

– начало цикла;

– чтение состояния входов;

– выполнение кода пользовательской программы;

– записать состояния выходов;

– переход в начало цикла.

В начале цикла прибор производит физическое чтение входов. Считанные значения копируются в область памяти входов. Далее выполняется код пользовательской программы, которая работает с копией значений входов. После выполнения пользовательской программы физические выходы прибора приводятся в соответствие с расчётными значениями.

Прибор может работать по протоколу Modbus по одному из двух режимов обмена данными: Modbus-RTU (Slave) или Modbus-ASCII (Slave). Прибор автоматически распознаёт режим обмена.

Для работы прибора в сети RS-485 необходимо подключение к интерфейсному модулю ПР-МИ485.

Основные технические характеристики прибора приведены в таблице 1.8 [31].

Таблица 1.8 – Технические характеристики прибора ПР110-24.12Д.8Р.

| Наименование | Значение |
|---|---|
| Номинальное напряжение, В | 24 |
| Потребляемая мощность, ВА | 8 |
| Количество дискретных входов | 12 |
| Количество дискретных выходов | 8 |
| Интерфейс программирования | UART |

Программируемое реле представлено на рисунке 1.12.

Рисунок 1.12 – Программируемое реле ПР110-24.12Д.8Р

**Модуль интерфейсный ПР-МИ485**

Модуль интерфейсный ПР-МИ485 позволяет произвести подключение программируемого реле ПР110-24.12Д.8Р к сети RS-485. Такая связка позволяет опрашивать состояния входов ПР110 и управлять дискретными выходами прибора. Таким образом, возможно контролировать состояние внутренних переменных, отслеживать выполнение алгоритма, а также удалено менять уставки, переключать режимы [32].

После подачи напряжения питания на прибор ПР110-24.12Д.8Р, прибор автоматически распознаёт подключенный к нему модульный интерфейс ПР-МИ485, и активирует обмен по протоколу Modbus (Slave).

Питание модуля происходит непосредственно от внутреннего источника ПР110-24.12Д.8Р.

Основные технические характеристики прибора приведены в таблице 1.9 [33].

Таблица 1.9 – Технические характеристики прибора ПР-МИ485.

| Наименование | Значение |
|---|---|
| Напряжение питания, В | От ПР110-24.12Д.8Р |
| Потребляемая мощность, ВА | 0,5 |
| Количество приборов в сети | 32 |
| Интерфейс связи | RS-485 |
| Интерфейс связи с ПР110-24.12Д.8Р | UART, разъём RJ12 |

Модуль интерфейсный представлен на рисунке 1.13.

Рисунок 1.13 – Модуль интерфейсный ПР-МИ485

**Контроллер с сенсорным экраном СПК110**

ОВЕН СПК110 представляет собой устройство класса человеко-машинный интерфейс со встроенными функциями свободно программируемого контроллера. СПК110 предназначен для создания автоматизированной системы управления технологическими процессами в различных областях промышленности. Панель позволяет отображать на экране ход выполнения различных технологических про-

цессов и редактировать значения параметров, отвечающих за функционирование системы [34].

Аппаратная платформа панели построена на 32-разрядном RISC-процессоре ARM Cortex A8 серии AM335x. Быстродействие и наличие каналов прямого доступа к памяти позволяют данному процессору оперировать с высокоскоростными потоками данных по последовательным интерфейсам при обмене информацией, производить обработку данных по заданным пользователем алгоритмам, отображать информацию на TFT дисплее в заданной пользователем форме.

Панель поставляется со следующими заводскими сетевыми настройками:

– IP адрес: 192.168.0.10;

– шлюз: 192.168.0.1;

– маска подсети: 255.255.255.0.

Отличительные характеристики:

– панель оператора и программируемый логический контроллер (ПЛК) в одном корпусе;

– графический экран с диагональю 10 дюймов;

– количество цветов 65535 (16 бит);

– сенсорное управление экраном;

– интерфейс RS-485;

– интерфейс связи Ethernet;

– встроенная операционная система Linux;

– поддержка протоколов Modbus/OWEN;

– программирование контроллера осуществляется в CoDeSys.

Структурная схема панели СПК110 представлена на рисунке 1.14.

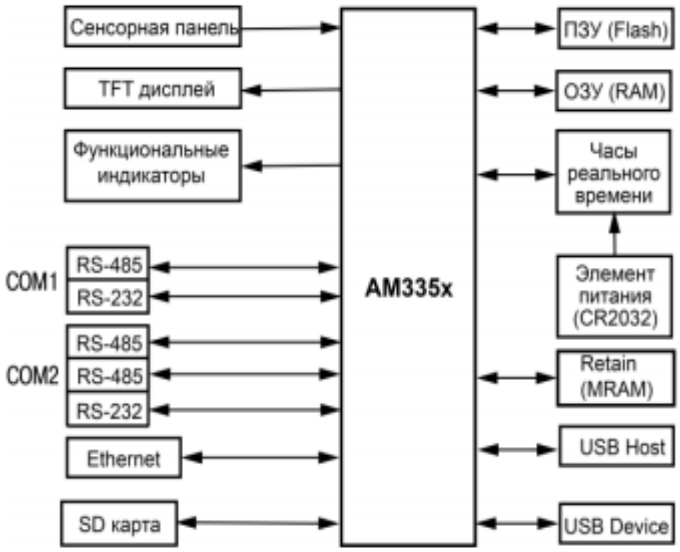



Рисунок 1.14 – Структурная схема панели СПК110

Основные технические характеристики прибора приведены в таблице 1.10 [35].

Таблица 1.10 – Технические характеристики прибора СПК110.

| Наименование | Значение |
|---|---|
| Процессор | ARM Cortex A8 |
| Частота, МГц | 600 |
| Номинальное напряжение, В | 24 |
| Потребляемая мощность, Вт | 5 |

Внешний вид СПК110 представлен на рисунке 1.15.

Интерфейс системы представлен на рисунке 1.16.

Рисунок 1.15 – Контроллер с сенсорным экраном СПК110

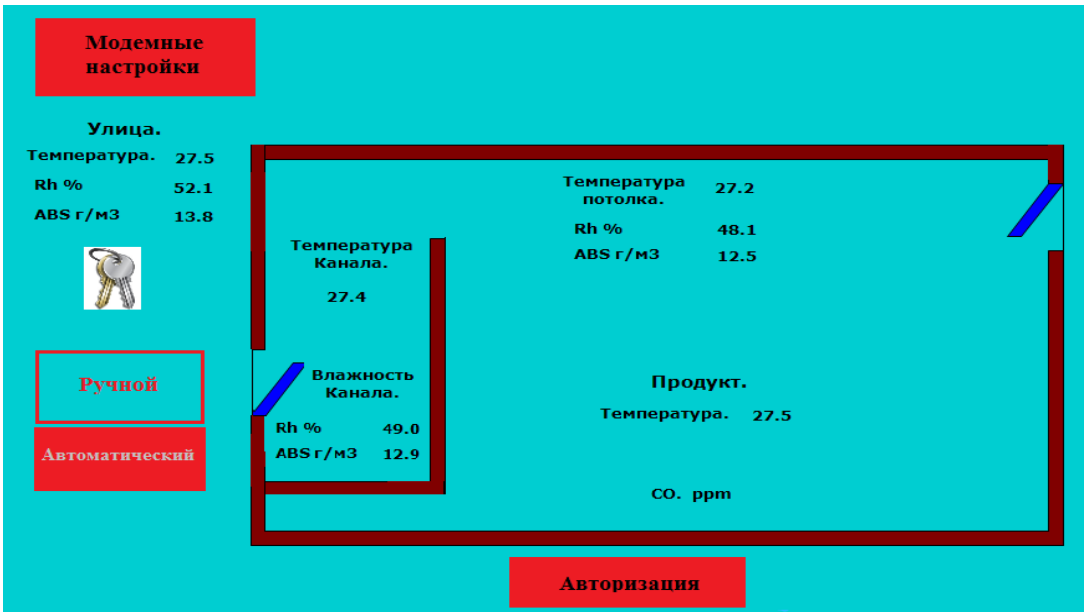



Рисунок 1.16 – Интерфейс системы

Схема подключения приборов к СПК110 представлена в проекте (ПРИЛОЖЕНИЕ Б)

**Модем GSM ПМ01-24.АВ**

GSM модем ОВЕН ПМ01-24.АВ предназначен для удалённого обмена данными через беспроводные системы связи стандарта GSM с оборудованием, оснащённым последовательным интерфейсом связи RS-485 [36].

Основные технические характеристики прибора приведены в таблице 1.11 [37].

Таблица 1.11 – Технические характеристики прибора ПМ01-24.АВ.

| Наименование | Значение |
|---|---|
| Номинальное напряжение, В | 24 |
| Потребляемая мощность, ВА | 15 |
| Поддерживаемые типы SMS | SMS-MO, SMS-MT,SMS-CB |
| Поддержка SIM-карт | 1.8В, 3В |
| Интерфейс связи | RS-485 |

Модем GSM представлен на рисунке 1.17.

Рисунок 1.17 – Модем GSM ПМ01-24.АВ

Удалённый обмен данными подробно будет рассмотрен в главе “ДИСПЕТЧЕРСКИЙ КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ”

**Блок питания DRP-480-24**

Для обеспечения питания приборов средств автоматизации используется блок питания DRP-480-24.

DRP-480-24 питается от однофазной сети переменного тока. Диапазон входных напряжений переменного тока DRP-480-24 составляет от 85В до 264В с частотой 47Гц...63Гц. Электрическая прочность изоляции DRP-480-24 составляет не менее 3000В, имеется защита от короткого замыкания и перенапряжения по выходным цепям, защита от перегрева, мягкий пуск с ограничением пускового тока.

Технические характеристики блока питания, используемого в данной системе DRP-480-24 приведены в таблице 1.12 [38].

Таблица 1.12 – Технические характеристики DRP-480-24.

| Наименование | Значение |
|---|---|
| Рабочая температура, ℃ | -20…+70 |
| Мощность, Вт | 480 |
| Входное напряжение , В | 85-264 |
| Выходное напряжение , В | 24 |
| Номинальный ток, А | 20 |

Блок питания представлен на рисунке 1.18.

Рисунок 1.18 – Блок питания DRP-480-24

Схема подключения приборов к DRP-480-24 представлена в проекте (ПРИЛОЖЕНИЕ Б)

**Вывод**

Выбранные датчики и средства автоматизации в процессе эксплуатации показали себя с надёжной стороны. Сигнал с датчиков приходит без помех, в программе управления учтены требования технологии хранения капусты, логика алгоритмов взаимосвязана и оптимизирована. Функционал прост и не вызывает трудностей при его освоении. Протокол управления легко запоминается, не создает затруднений при выборе режимов, чтении информации и управлении системой.

# 2 ВЫБОР ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КЛИМАТА В ХРАНИЛИЩЕ

## 2.1 Выбор высоконапорного вентилятора

**Расчётная часть**

Овощехранилище в данной работе имеет следующие габариты:

– высота 6 метров;

– длина 45 метров;

– ширина 15 метров.

Вычислим площадь всего хранилища:

$$S = A \cdot B = 45 \cdot 15 = 675\ (\text{м}^2), \qquad (2.1)$$

где $A$ – длина помещения, м;

$B$ – ширина помещения, м.

Вычислим объём всего хранилища:

$$V = A \cdot B \cdot H = 45 \cdot 15 \cdot 6\ = 4050\ \ (\text{м}^3), \qquad (2.2)$$

где $H$ – высота помещения, м.

Так как в данной системе контейнерный тип хранения, необходимо знать объём и вместимость контейнера.

Контейнер имеет следующие габариты:

– высота 1,2 метра;

– длина 1,5 метра;

– ширина 1,1 метра.

Вычислим объём одного контейнера:

$$V_k = A_k \cdot B_k \cdot H_k = 1{,}5 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}2 \approx 2\ (\text{м}^3), \qquad (2.3)$$

где $A_k$ – длина контейнера, м;

$B_k$ – ширина контейнера, м;

$H_k$– высота контейнера, м.

В одном контейнере находится $\approx$ 1200 кг продукта, следовательно, на 1 $\text{м}^3$ приходится 600 кг продукта.

Известно, что грузовой объём хранилища составляет 3850 $\text{м}^3$.

Вычислим вместимость продукта в хранилище:

$$M = P_{\text{пр}} \cdot V_{\text{пр}} = 600 \cdot 3850 = 2310000\ \text{кг.} = 2310\ (\text{т}), \qquad (2.4)$$

где $P_{\text{пр}}$ – вес продукта приходящего на 1 $\text{м}^3$, кг/$\text{м}^3$;

$V_{\text{пр}}$ – грузовой объём хранилища, $\text{м}^3$.

Подбор вентилятора для системы вентиляции начинается с расчёта требуемой производительности по воздуху, измеряемой в кубометрах в час. Расчёт начинается с требуемой кратности воздухообмена, которая показывает сколько раз в течение одного часа происходит полная смена воздуха в помещение.

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается хранение капусты. По ГОСТ 28373-94:

Циркуляцию воздуха хранилища во время охлаждения капусты осуществляют непрерывно с кратностью от 10 до 12 объемов камеры в 1 час незагруженной камеры. По окончании охлаждения (через 5 суток после достижения заданного температурного режима) циркуляцию проводят периодически по 30 минут с кратностью не более 6 объёмов незагруженной камеры в 1 час при общей продолжительности не более 3 часов в сутки [43].

Следовательно, кратность воздухообмена возьмём равным 12.

Расчёт воздухообмена по кратности:

$$L = n \cdot S \cdot H = 12 \cdot 675 \cdot 6 = 48600\ (\text{м}^3/\text{ч}), \qquad (2.5)$$

где $L$ – требуемая производительность приточной вентиляции, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$n$ – нормируемая кратность воздухообмена.

$L = 48600\ \text{м}^3/\text{ч}$ – значение воздухообмена при незагруженном хранилище.

По ГОСТ 28373-94:

Рекомендуемая кратность циркуляции в режиме хранения составляет от 20 до 30 объемов в час при загруженном помещение. Следовательно, примем число кратности равное 30, чтобы узнать воздухообмен при загруженном хранилище.

$$L = n \cdot S \cdot H = 30 \cdot 675 \cdot 6 = 121500\ (\text{м}^3/\text{ч}), \qquad (2.6)$$

$L = 121500\ \text{м}^3/\text{ч}$ – значение воздухообмена при загруженном хранилище.

Рассчитаем производительность одного вентилятора.

$$L_{\text{вент}} = \frac{121500}{3} = 40500\ (\text{м}^3/\text{ч}), \qquad (2.7)$$

где $L_{\text{вент}}$ – требуемая производительность одного вентилятора, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Зная необходимую производительность, можем подобрать соответствующий вентилятор.

Данный воздухообмен обеспечивается либо:

1) голландскими вентиляторами AFM-900. Технические характеристики вентилятора представлены в таблице 2.1.

2) чешскими вентиляторами ASP-1000. Технические характеристики вентилятора представлены в таблице 2.2.

3) российскими вентиляторами КН-900. Технические характеристики вентилятора представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.1 - Технические характеристики AFM-900.

| Модель вентилятора | Мощность, кВт | Напряжение, В | Номинальная частота вращения, об/мин | Производительность, $м^3/ч$ | Полное давление, Па |
|---|---|---|---|---|---|
| AFM–900 | 6.5 | 380 | 1500 | 37000 | 150 |

Таблица 2.2 - Технические характеристики ASP-1000.

| Модель вентилятора | Мощность, кВт | Напряжение, В | Номинальная частота вращения, об/мин | Производительность, $м^3/ч$ | Полное давление, Па |
|---|---|---|---|---|---|
| ASP–1000 | 7.5 | 380 | 1500 | 42300 | 150 |

Таблица 2.3 - Технические характеристики КН-900.

| Модель вентилятора | Мощность, кВт | Напряжение, В | Номинальная частота вращения, об/мин | Производительность, $м^3/ч$ | Полное давление, Па |
|---|---|---|---|---|---|
| КН–900 | 9 | 380 | 1500 | 46000 | 150 |

Минимальная стоимость на рынке (за 1 вентилятор):

Вентилятор AFM-900 с учётом НДС стоит 156950 рублей.

Вентилятор ASP-1000 с учётом НДС стоит 120500 рублей.

Вентилятор КН-900 с учётом НДС стоит 140000 рублей.

Необходимый воздухообмен, создаваемый вентиляторами должен составлять $L = 121500$ ($м^3/ч$), а производительность одного вентилятора должна быть как минимум $L = 40500$ ($м^3/ч$). Следовательно, потребуется 4 вентилятора из серии AFM-900, чтобы достичь нужной производительности, по 3 вентилятора из серий ASP-1000 и КН-900.

Это означает, что необходимо будет купить либо:

Четыре вентилятора AFM-900 общей стоимостью 627800 рублей и необходимостью перестройки вентиляционной системы под 4 вентилятора.

Три вентилятора ASP-1000 общей стоимостью 361500 рублей.

Три вентилятора КН-900 общей стоимостью 420000 рублей.

Для заказчика одним из главных критериев в выборе оборудования является цена/качество, следовательно, вентилятор AFM-900 не подойдет по этому критерию к разрабатываемой системе.

Рассмотрим суммарное энергопотребление по периодам хранения капусты:

**Сушка**

В зависимости от состояния капусты период сушки может быть от 1 до 3 дней, в этот период вентиляторы работают круглосуточно на полную мощность.

Расход электроэнергии в режиме сушки капусты:

1) вентилятор ASP-1000:

$$E_{\text{сушка}} = P_{ASP} \cdot T_{\text{сушки}} = 7{,}5 \cdot 72 = 540 \text{ (кВт)}, \quad (2.8)$$

где $E_{\text{сушки}}$ – расход электроэнергии при сушки, кВт;

$P_{\text{ASP}}$ – мощность вентилятора ASP-1000, кВт;

$T_{\text{сушки}}$ – время работы вентилятора, ч;

2) вентилятор КН-900:

$$E_{\text{сушка}} = P_{\text{КН}} \cdot T_{\text{сушки}} = 9 \cdot 72 = 648 \text{ (кВт)}, \quad (2.9)$$

где $P_{\text{КН}}$ – мощность вентилятора ASP-1000, кВт;

**Лечение**

Суммарное количество часов работы вентилятора 90 .

Расход электроэнергии в режиме лечения капусты:

1) вентилятор ASP-1000:

$$E_{\text{леч}} = P_{ASP} \cdot T_{\text{леч}} = 7{,}5 \cdot 90 = 675 \text{ (кВт)}, \quad (2.10)$$

где $E_{\text{леч}}$ – расход электроэнергии при лечении, кВт;

$T_{\text{леч}}$ – время работы вентилятора, ч;

2) вентилятор КН-900:

$$E_{\text{леч}} = P_{\text{КН}} \cdot T_{\text{леч}} = 9 \cdot 90 = 810 \text{ (кВт)}. \quad (2.11)$$

**Охлаждение**

Суммарное количество часов работы вентилятора 120 .

Расход электроэнергии в режиме охлаждение:

1) вентилятор ASP-1000:

$$E_{\text{охл}} = P_{ASP} \cdot T_{\text{охл}} = 7{,}5 \cdot 120 = 900 \text{ (кВт)}, \quad (2.12)$$

где $E_{\text{охл}}$ – расход электроэнергии при охлаждение, кВт;

$T_{\text{охл}}$ – время работы вентилятора, ч;

2) вентилятор КН-900:

$$E_{\text{охл}} = P_{\text{КН}} \cdot T_{\text{охл}} = 9 \cdot 120 = 1080 \text{ (кВт)}. \quad (2.13)$$

**Хранение**

Суммарное количество часов работы вентилятора 46 часов.

Расход электроэнергии при режиме хранения:

1) вентилятор ASP-1000:

$$E_{\text{хран}} = P_{ASP} \cdot T_{\text{хран}} = 7{,}5 \cdot 46 = 345 \text{ (кВт)}, \quad (2.14)$$

где $E_{\text{хран}}$ – расход электроэнергии при хранение, кВт;

$T_{\text{хран}}$ – время работы вентилятора, ч;

2) вентилятор КН-900:

$$E_{\text{хран}} = P_{\text{КН}} \cdot T_{\text{хран}} = 9 \cdot 46 = 414 \text{ (кВт)}. \quad (2.15)$$

Общее потребление электроэнергии за весь цикл хранения:

1) вентилятор ASP-1000:

$$E_{\text{сушка}} + E_{\text{леч}} + E_{\text{охл}} + E_{\text{хран}} = 2460 \text{ (кВт)}. \quad (2.16)$$

2) вентилятор КН-900:

$$E_{\text{сушка}} + E_{\text{леч}} + E_{\text{охл}} + E_{\text{хран}} = 2952 \text{ (кВт)}. \quad (2.17)$$

Вентилятор ASP-1000 экономичнее чем КН-900 на 492 кВт.

В данной работе будут использоваться вентиляторы из линейки ASP, так как этот вариант самый подходящий по рассчитанным данным. Был выбран высоконапорный вентилятор ASP–1000 с двигателем АИР132S4.

На рисунке 2.1 представлен внешний вид вентилятора ASP–1000–7.5.

Рисунок 2.1 – Высоконапорный вентилятор ASP–900–7.5

Полное давление вентилятора составляет 150 Па.

Зная полное давление, найдём статическое и динамическое давление вентилятора.

$$P_v = P_{sv} + P_{dv}, \quad (2.18)$$

где $P_v$ – полное давление вентилятора $P_v = 150$ Па;

$P_{sv}$ – статическое давление вентилятора, Па;

$P_{dv}$ – динамическое давление, Па.

Динамическое давление рассчитывается по формуле:

$$P_{dv} = \frac{\rho \cdot V_{\text{поток}}^2}{2}, \quad (2.19)$$

где $\rho$ – плотность воздуха $\rho = 1{,}225$ кг/м$^3$;

$V_{\text{поток}}$ – скорость потока в воздуходувном магистральном канале, м/с.

Необходимо найти скорость потока воздуха после вентилятора.

Скорость потока рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{поток}} = \frac{L_{\text{вент}}}{3600 \cdot S_{\text{сеч}}}, \quad (2.20)$$

где $S_{\text{сеч}}$ – площадь сечения отверстия воздуходувного магистрального канала, м$^2$.

Так как отверстие круглое и диаметр отверстия равен $d = 1$ м.

$$S_{\text{сеч}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 1^2}{4} = 0{,}79\ (\text{м}^2), \quad (2.21)$$

где $d$ – диаметр отверстия воздуходувного магистрального канала, м.

Находим скорость потока воздуха с помощью формулы (2.10).

$$V_{\text{поток}} = \frac{40500}{3600 \cdot 0{,}79} = 14\ (\text{м/с}), \qquad (2.22\ )$$

Динамическое давление воздух находим с помощью формулы (2.19).

$$P_{dv} = \frac{\rho \cdot V_{\text{поток}}^2}{2} = \frac{1{,}225 \cdot 14^2}{2} = 120\ (\text{Па}), \qquad (2.23)$$

Статическое давление из формулы будет равно:

$$P_{sv} = P_v - P_{dv} = 150 - 120 = 30\ (\text{Па}). \qquad (2.24)$$

Точно подобранные аэродинамические параметры для выбора высоконапорного вентилятора ASP-900-7.5 позволили добиться максимальных значений в области энергоэффективности вентилятора.

Энергопотребление, используемое вентилятором ASP-900, равно 7.5 кВт. В данной системе установлены три таких вентилятора, следовательно, общая энергопотребление от вентиляторов будет составлять 22,5 кВт.

## 2.2 Выбор увлажнителя воздуха

Контроль и регулирование подачи воды в смесительную камеру осуществляется автоматически процессором по показаниям соответствующих датчиков влажности (датчик наружного воздуха, датчик в воздуходувном магистральном канале, датчик в помещение).

В данной выпускной квалификационной работе будут использоваться увлажнители центробежного типа, так как поступление холодной воды происходит за счёт скважины, расположенной не далеко от хранилища.

Данный тип увлажнителя имеет преимущество по сравнению с форсуночными технологиями, так как не требует предварительной глубокой очистки воды через

специальные станции.

Принцип действия центробежного увлажнителя.

Вода подаётся из сети водоснабжения по пластиковым гибким трубам в бак оперативного запаса. Уровень воды в баке регулируется поплавковым клапаном. Из бака вода подаётся на вращающийся диск, приводимый в движение электродвигателем. Этот же электродвигатель приводит в движение лопасти вентилятора, которые создают поток воздуха. Вода разбрасывается вращающимся диском под действием центробежных сил и превращается в мелкодисперсный аэрозоль, который подхватывает потоком воздуха, идущего от вентиляторов, и подаётся через воздуходувный магистральный канал на продукт в хранилище [45].

**Расчётная часть**

Производительность увлажнителя рассчитывается по формуле:

$$Q = \frac{L \cdot \rho \cdot (X_2 - X_1)}{1000}, \qquad (2.25)$$

где $Q$ – количество влаги, требуемой для увлажнения воздуха в помещение, кг/ч;

$L$ – производительность вентиляции, м$^3$/ч;

$\rho$ – плотность воздуха $\rho = 1{,}225$ кг/м$^3$;

$X_1$ – влагосодержание приточного воздуха при наихудших условиях, г/кг;

$X_2$ – влагосодержание увлажненного воздуха в помещение при заданной температуре, г/кг.

По ГОСТ 28373-94 капуста должна храниться в хранилище с температурой воздуха от 0 до +5 ℃, при относительной влажности от 90% до 95%.

Определим влагосодержание воздуха с помощью id-диаграммы рисунок 2.2.

Влагосодержание приточного воздуха при наихудших условиях (холодное время года) примем равным 0.5 г/кг [46].

Так как желаемая температура продукта в диапазоне от 0 до +5 ℃ и относительная влажность должна быть в районе 90-95 %, то влагосодержание по i-d диа-

грамме будет равно 5 г/кг.

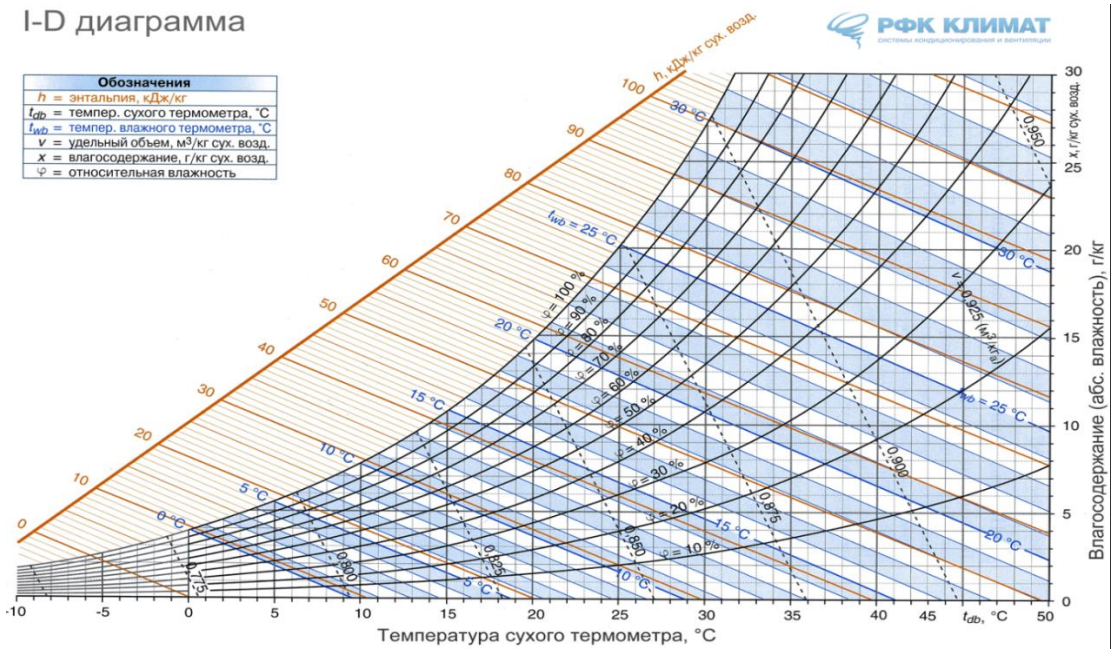



Рисунок 2.2 – I-d диаграмма

Подставляем все известные значения в формулу (2.25).

$$Q = \frac{121500 \cdot 1{,}225 \cdot (5 - 0.5)}{1000} = 680\ (\text{кг/ч}) = 570\ (\text{м}^3/\text{ч}). \qquad (2.26)$$

Найдем количество водяного пара (в граммах), содержащегося в одном 1 м$^3$ воздуха по таблице абсолютной влажности воздуха (рисунок 2.3).

Таблица значений абсолютной влажности в граммах на кубометр воздуха в зависимости

| | -35 | -30 | -25 | -20 | -15 | -10 | -5 | 0 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100% | 0,23 | 0,37 | 0,60 | 0,93 | 1,4 | 2,1 | 3,2 | 4,6 | 6,5 |
| 90% | 0,21 | 0,34 | 0,54 | 0,84 | 1,3 | 1,9 | 2,8 | 4,1 | 5,9 |
| 80% | 0,18 | 0,30 | 0,48 | 0,75 | 1,1 | 1,7 | 2,5 | 3,7 | 5,2 |
| 70% | 0,16 | 0,26 | 0,42 | 0,65 | 1,0 | 1,5 | 2,2 | 3,2 | 4,6 |
| 60% | 0,14 | 0,22 | 0,36 | 0,56 | 0,86 | 1,3 | 1,9 | 2,7 | 3,9 |
| 50% | 0,11 | 0,19 | 0,30 | 0,47 | 0,71 | 1,1 | 1,6 | 2,3 | 3,3 |
| 40% | 0,09 | 0,15 | 0,24 | 0,37 | 0,57 | 0,86 | 1,3 | 1,8 | 2,6 |
| 30% | 0,07 | 0,11 | 0,18 | 0,28 | 0,43 | 0,64 | 0,95 | 1,4 | 2,0 |
| 20% | 0,05 | 0,07 | 0,12 | 0,19 | 0,29 | 0,43 | 0,63 | 0,92 | 1,3 |
| 15% | 0,03 | 0,06 | 0,09 | 0,14 | 0,21 | 0,32 | 0,47 | 0,69 | 1,0 |
| 10% | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,09 | 0,14 | 0,21 | 0,32 | 0,46 | 0,65 |
| 5% | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,07 | 0,11 | 0,16 | 0,23 | 0,33 |
| 1% | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,07 |

Рисунок 2.3 – Таблица абсолютной влажности воздуха

Так как желаемая температура продукта в диапазоне от 0 до +5 °С и относительная влажность должна быть в районе 90-95% , то абсолютная влажность воздуха в хранилище будет равна 5,2 г/м$^3$.

Найдем расход воды увлажнителя:

$$Q_{\text{воды}} = \rho_{\text{абс}} \cdot V = 5{,}2 \cdot 4050 = 21000\ (\text{г}) = 21\ (\text{кг}) = 21\ (\text{л}). \qquad (2.27)$$

где $\rho_{\text{абс}}$ – абсолютная влажность воздуха при требуемых значениях, г/м$^3$.

Расход воды увлажнителя должен быть 21 литр в час.

По полученному значению подбираем центробежный увлажнитель. Проанализировав рынок, можно выделить 3 промышленных центробежных увлажнителя:

1) центробежный увлажнитель АГ-1. Технические характеристики увлажнителя представлены в таблице 2.4.

2) центробежный увлажнитель УЦ-1. Технические характеристики увлажнителя представлены в таблице 2.5.

3) центробежный увлажнитель SFXD-GA60B. Технические характеристики увлажнителя представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.4 - Технические характеристики АГ-1.

| Модель увлажнителя | Мощность, кВт | Напряжение, В | Номинальная частота вращения, об/мин | Производительность по подаче от, м$^3$/ч | Расход воды, л/ч |
|---|---|---|---|---|---|
| АГ-1 | 0.55 | 380 | 3000 | 600 | 5-12 |

Таблица 2.5 - Технические характеристики УГ-1.

| Модель увлажнителя | Мощность, кВт | Напряжение, В | Номинальная частота вращения, об/мин | Производительность по подаче от, м$^3$/ч | Расход воды, л/ч |
|---|---|---|---|---|---|
| УГ-1 | 0.7 | 380 | 3000 | 700 | 5-10 |

Таблица 2.6 - Технические характеристики SFXD-GA60B.

| Модель увлажнителя | Мощность, кВт | Напряжение, В | Номинальная частота вращения, об/мин | Производительность по подаче от, $м^3/ч$ | Расход воды, л/ч |
|---|---|---|---|---|---|
| SFXD-GA60B | 1 | 380 | 3000 | 800 | 12-20 |

Минимальная стоимость на рынке (за 1 вентилятор):

Увлажнитель АГ-1 с учётом НДС стоит 22650 рублей.

Увлажнитель УГ-1 с учётом НДС стоит 25700 рублей.

Увлажнитель SFXD-GA60B с учётом НДС стоит 35600 рублей.

Для заказчика одним из главных критериев в выборе оборудования является цена/качество, следовательно, увлажнитель SFXD-GA60B не подойдет по этому критерию к разрабатываемой системе.

Рассмотрим суммарное энергопотребление по периодам хранения капусты:

**Лечение**

Суммарное количество часов работы увлажнителя 20 ч .

Расход электроэнергии в режиме лечения капусты:

1) увлажнитель АГ-1:

$$E_{\text{леч}} = P_{\text{АГ}} \cdot t_{\text{леч}} = 0{,}55 \cdot 20 = 11\ (\text{кВт}), \qquad (2.28)$$

где $P_{\text{АГ}}$ – мощность увлажнителя АГ-1, кВт;

2) увлажнитель УГ-1:

$$E_{\text{леч}} = P_{\text{УГ}} \cdot T_{\text{леч}} = 0{,}7 \cdot 20 = 14\ (\text{кВт}), \qquad (2.29)$$

где $P_{\text{УГ}}$ – мощность увлажнителя УГ-1, кВт;

**Охлаждение**

Суммарное количество часов работы увлажнителя 35 ч.

Расход электроэнергии в режиме охлаждение:

1) увлажнитель АГ-1:

$$E_{\text{охл}} = P_{\text{АГ}} \cdot t_{\text{охл}} = 0{,}55 \cdot 35 = 19{,}25\ (\text{кВт}), \quad (2.30)$$

2) увлажнитель УГ-1:

$$E_{\text{охл}} = P_{\text{УГ}} \cdot T_{\text{охл}} = 0{,}7 \cdot 35 = 24{,}5\ (\text{кВт}). \quad (2.31)$$

**Хранение**

Суммарное количество часов работы увлажнителя 55 ч.

Расход электроэнергии при режиме хранения:

1) увлажнитель АГ-1:

$$E_{\text{хран}} = P_{\text{АГ}} \cdot T_{\text{хран}} = 0{,}55 \cdot 55 = 30{,}25\ (\text{кВт}), \quad (2.32)$$

2) увлажнитель УГ-1:

$$E_{\text{хран}} = P_{\text{УГ}} \cdot T_{\text{хран}} = 0{,}7 \cdot 55 = 38{,}5\ (\text{кВт}). \quad (2.33)$$

Общее потребление электроэнергии за весь цикл хранения:

1) увлажнитель АГ-1:

$$E_{\text{леч}} + E_{\text{охл}} + E_{\text{хран}} = 60{,}5\ (\text{кВт}). \quad (2.34)$$

2) увлажнитель УГ-1:

$$E_{\text{сушка}} + E_{\text{леч}} + E_{\text{охл}} + E_{\text{хран}} = 77\ (\text{кВт}). \quad (2.35)$$

Увлажнитель АГ-1 экономичнее, чем УГ-1 на 16,5 кВт. Был выбран центробежный увлажнитель АГ-1 с двигателем 5АИ63В2, так как данный увлажнитель является одним из самых лучших по критерию цена/качество, а так же широко применяется в сельскохозяйственных культурах более 10 лет.

Увлажнитель воздуха распыляет жидкость до состояния аэрозоля с дисперсностью не более 30 мкм, обеспечивает поддержание влажности в диапазоне от 5 до 95%, снижает температуру в помещении на 3-5℃, уменьшает запыленность. Может эксплуатироваться при использовании воды любого качества.

На рисунке 2.4 представлен внешний вид увлажнителя АГ-1.

Рисунок 2.4 – Центробежный увлажнитель АГ-1

Энергопотребление, используемое центробежным увлажнителем АГ-1, равно 0.55 кВт. В данной системе установлены три таких увлажнителя, следовательно, общая энергопотребление от увлажнителей будет составлять 1,65 кВт.

## 2.3 Выбор электронагревателя

Главными критериями в выборе ТЭНа являются:

– среда использования;

– напряжение питания;

– мощность электронагревателя;

– размеры.

В данной работе будет использоваться ТЭН для движущегося воздуха.

ТЭН для «подвижного» воздуха, еще называют «оребренный», с маркировкой «К». Съем тепла с поверхности нагревателя осуществляется подвижной струей воздуха, создаваемой, вентилятором и движется эта струя со скоростью не менее 6 м/с (по ГОСТ 13268-88). При этом «обдуваемый» ТЭН не перегревается, т.к. избыток тепла интенсивно отбирается движущимся воздухом [47].

**Расчётная часть**

Определим необходимую мощность ТЭНа. Так как в системе будет использоваться ТЭН для подвижного воздуха, то удельная мощность, приходящая на 1 м$^3$ будет равна 7,5 Вт/м$^3$ [48].

$$P = P_{\text{уд}} \cdot S = 7{,}5 \cdot 675 = 5000 \text{ (Вт)} = 5 \text{ (кВт)}, \quad (2.36)$$

где $P_{\text{уд}}$ – удельная мощность, Вт/м$^3$;

$P$ – мощность ТЭНа, Вт;

$S$ – площадь хранилища, м$^3$.

ТЭН будет подключен по 3-х фазной цепи, так как рабочий ток в этом случае меньше.

Ток, потребляемый ТЭНом, можно найти по формуле:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} \quad (2.37)$$

где $I$ – максимальный потребляемый ток, А;

$P$ – мощность ТЭНа, Вт;

$U$ – напряжение питания 3-х фазной сети, $U = 380$ В;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности, $\cos\varphi = 0{,}95$.

Подставим значения в формулу (2.37).

$$I = \frac{5000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}95} = \frac{5000}{625} = 8\ (\text{А}). \qquad (2.38)$$

По рассчитанной мощности выбираем оребренный ТЭН, который будет использоваться в системе.

В данной системе будет использоваться ТЭН от производителя ООО “Урал-СпецГрупп”, так как данная компания отлично зарекомендовала себя на рынке и изготавливает хороший продукт на протяжении 20 лет.

Выбираем ТЭН 300 10/5.0 К 380, так как он подходит по нашим параметрам.

где 300 – общая развернутая длина нагревателя, см;

10 – диаметр трубки, мм;

5 – мощность, кВт;

К – среда нагрева (движущийся воздух);

380 – напряжение, В.

На рисунке 2.5 изображен внешний вид электронагревателя.

Рисунок 2.5 – ТЭН 300 10/5.0 К 380

**Вывод**

Рассчитанные параметры для исполнительных механизмов верны. Выбранное оборудование подходит для системы. В данной главе нашли необходимую производительность вентиляторов $L = 121500$ (м$^3$/ч), необходимую производительность увлажнителей $Q = 570$ (м$^3$/ч), необходимую мощность трубчатого электронагревателя $P = 5$ (кВт).

Общее электропотребление системы:

Высоконапорные вентиляторы 22,5 (кВт);

Центробежные увлажнители 1,65 (кВт);

ТЭН 5 (кВт);

Блок питания DRP-480-24 480 (Вт).

$$22{,}5 + 1{,}65 + 5 + 0{,}48 = 29{,}63 \text{ (кВт)} \quad (2.39)$$

Схема автоматизации и электрическая принципиальная схема представлены в проекте (ПРИЛОЖЕНИЕ Б).

# 3 ДИСПЕТЧЕРСКИЙ КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ

Автоматизированная система диспетчерского управления (АСДУ)

Представляет собой многоуровневый программно–технический комплекс, включающий средства сбора информации, каналы связи, ПЭВМ и программы обработки [49].

АСДУ позволяет:

– обеспечить диспетчерский и режимный персонал предприятий сетей оперативной информацией о текущих прогнозных и ретроспективных режимах;

– организовать эффективный контроль за ведением текущего режима;

– повысить обоснованность принимаемых диспетчером решений;

– внедрить в кратчайший срок в промышленную эксплуатацию самые современные средства вычислительной техники, а также прикладное программное обеспечение [50].

**Принципы построения АСДУ**

АСДУ разрабатывается на основе следующих принципов:

– функциональная полнота – система должна обеспечивать выполнение всех функций, необходимых для автоматизации объектов управления;

– гибкость структуры – возможность достаточно быстрой настройки при изменяющихся условиях эксплуатации объекта управления;

– открытость – должна обеспечивать возможность присоединения к системе новых функций;

– живучесть – способность сохранять работоспособность системы при отказе её отдельных элементов;

– унификация – максимальное использование стандартного системотехнического программного обеспечения и совместимость системы с международными стандартами с целью его дальнейшего развития и включения в межуровневую региональную вычислительную сеть;

– распределённость обработки информации в неоднородной вычислительной

сети;

– информационная совместимость на разных уровнях управления [51].

**Требования к аппаратным и программным средствам АСДУ**

АСДУ должна удовлетворять следующим требованиям:

– использования современных микропроцессорных терминалов, контроллеров;

– возможности передачи данных от контроллеров и устройств телемеханики с меткой времени (для регистрации аварийных процессов);

– повышения скорости передачи данных по телемеханическим каналам;

– возможности использования стандартных промышленных контроллерных сетей и применение в этих сетях контроллеров;

– использования стандартов российских ГОСТов;

– использования стандартных, локальных вычислительных сетей (ЛВС);

– использования стандартных операционных систем, стандартной структуры реляционных баз данных;

– обеспечения требуемой точности и реакции на события в нормальных в аварийных ситуациях [52].

АСДУ должна иметь открытую сетевую архитектуру, как в отношении конфигурации её оборудования, так и в отношении универсальности функциональных пакетов программ, чем обеспечивается высокая степень гибкости. Она строится на базе многопроцессорных систем управления, объединённых в локальные (ЛВС) и региональные (РВС) вычислительные сети [53].

На всех уровнях АСДУ должна быть использована интегрированная база данных (ИБД), включающая SQL –совместимые базы данных и базы данных реального времени (БДРВ), реализующие единое информационное пространство.

ИБД должна обеспечивать необходимую полноту, целостность и надёжность хранения информации.

В данной выпускной квалификационной работе будет рассматриваться диспетчерский контроль и управление на основе беспроводной связи GSM и локальной сети Ethernet.

## 3.1 Управление и контроль системы через беспроводную связь GSM

**Беспроводная GSM система**

GSM (от названия группы Groupe Special Mobile, позже переименован в Global System Communication) – глобальный стандарт цифровой мобильной сотовой связи, с разделением каналов по времени и частоте.

Для работы беспроводной системы, созданной на базе GSM, в техническом решении обязательно предусматривается специальный прибор, который осуществляет рассылку или приём уведомлений, контроль сигналов с датчиков и извещателей, осуществляет запуск оповещателей и приборов. В данной системе используется GSM модем ПМ01-24.АВ компании “ОВЕН” [54].

Управление происходит посредством службы коротких сообщений (SMS).

Этот метод позволяет:

– удаленно контролировать доступ в помещение;

– получать уведомления о нештатных ситуациях в помещении;

– организовывать диалог с системой и компонентами контроля доступа [55].

**Принцип действия работы GSM модуля**

GSM модем ПМ01-24.АВ подключается к контроллеру СПК110 с помощью интерфейса связи RS-485. В данной работе предусмотрен удаленный, беспроводной контроль и управление системой за счёт SMS сообщений. Абонентом в данном случае может быть любой человек, для этого необходимо в контроллере СПК110 в модемных настройках ввести номер абонента кому система будет отправлять и от кого получать сообщения. Работа данной системы возможна только в том случае, если у GSM модема ПМ01-24.АВ вставлена SIM-карта любого оператора и телефон абонента находится в рабочем режиме. На рисунке 3.1 представлена функциональная схема GSM модема ПМ01-24.АВ.

Для работы модема совместно с контроллером, необходимо GSM модем подключить к контроллеру СПК110 с помощью программного обеспечения CoDeSys. Контроллер работает в среде программирования CoDeSys [56].

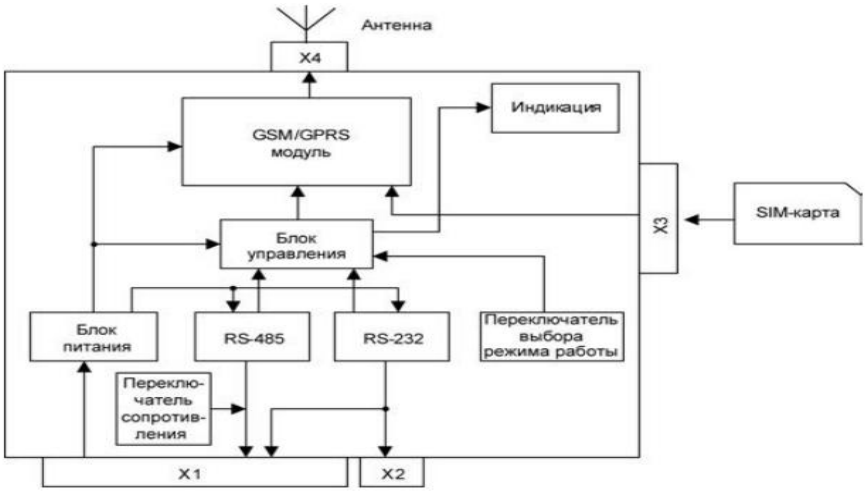



Рисунок 3.1 – Функциональная схема GSM модема

Соединители X1и X2 служат для подключения линий последовательных интерфейсов RS232 и RS-485.

На рисунке 3.2. представлена наглядная схема работы GSM модема.

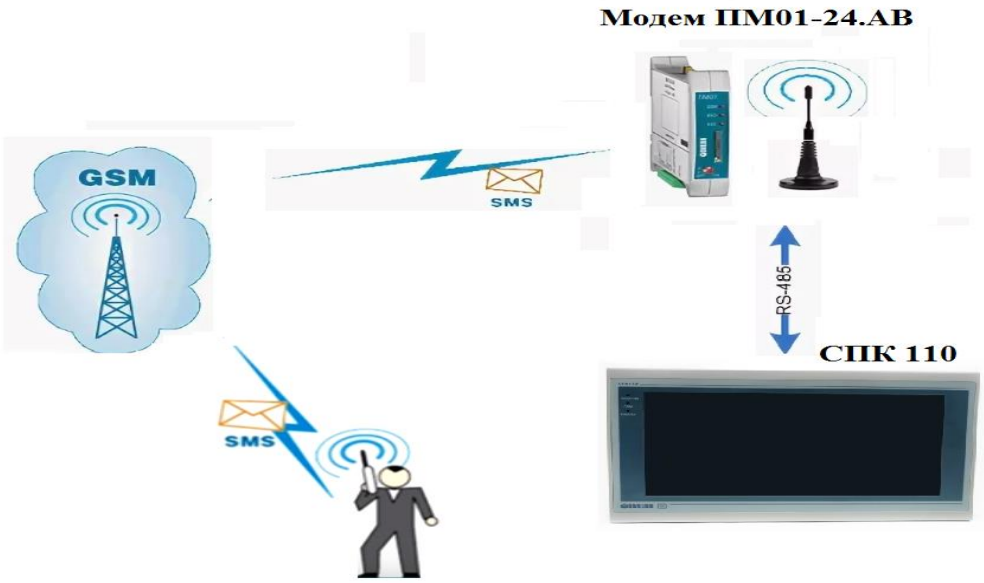



Рисунок 3.2 – Схема работы GSM модема

Для настройки GSM модуля в контроллере СПК110, необходимо перейти в “Модемные настройки” данный параметр находится на главном меню панели контроллера, рисунок 3.3.

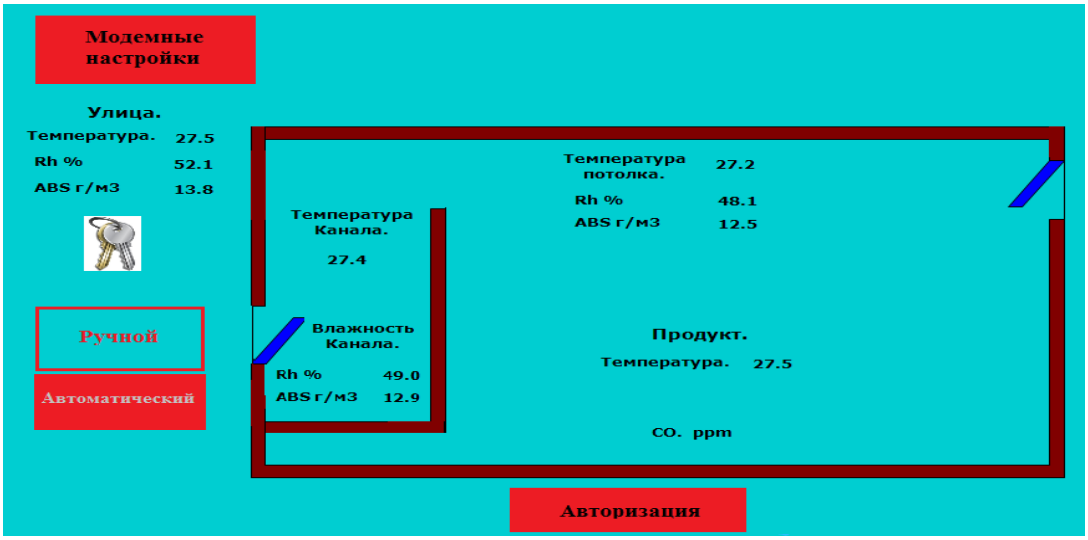



Рисунок 3.3 – Главное меню системы

**Меню «Модемные настройки» в контроллере СПК110.**

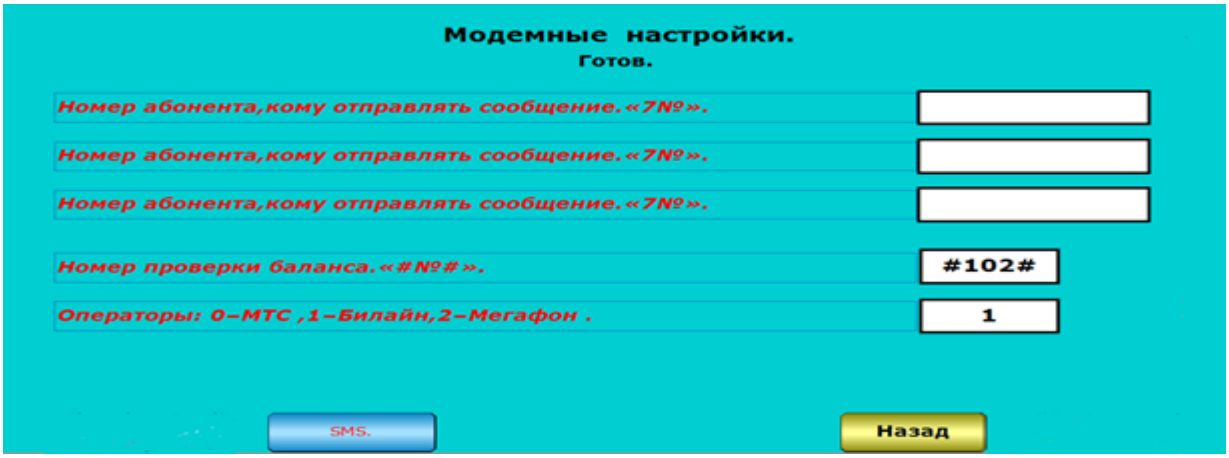



Рисунок 3.4 – Меню «Модемные настройки» в контроллере СПК110

Обозначение:

Для удалённого обмена данными между системой и абонентом, необходимо:

В параметрах “Номер абонента, кому отправлять сообщения” указать номера абонентов, кому система будет отправлять сообщения. Введем номер телефона для проверки работоспособности системы (рисунок 3.5).

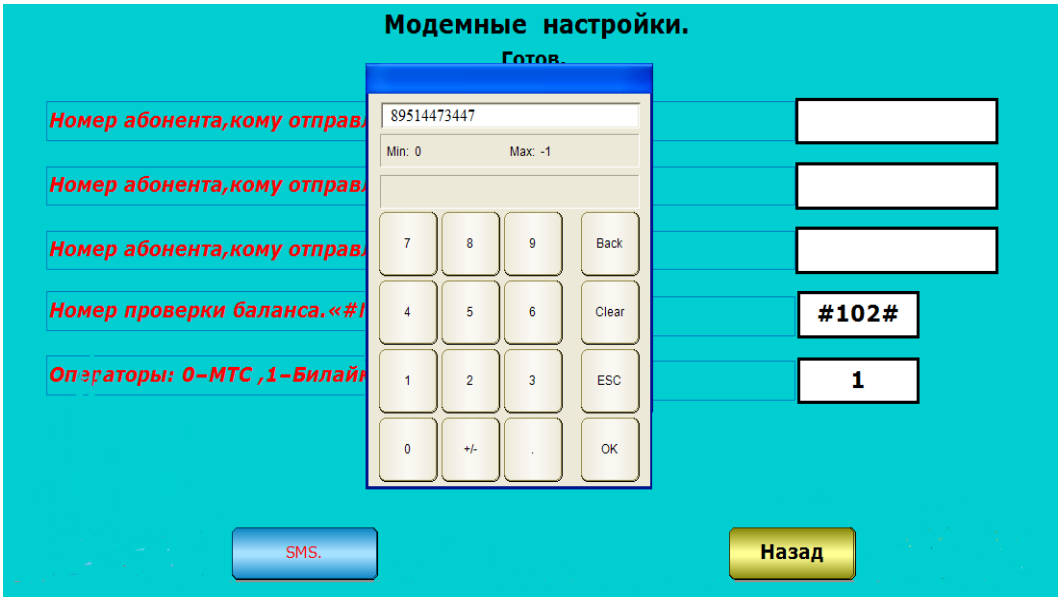



Рисунок 3.5 – Ввод номера абонента

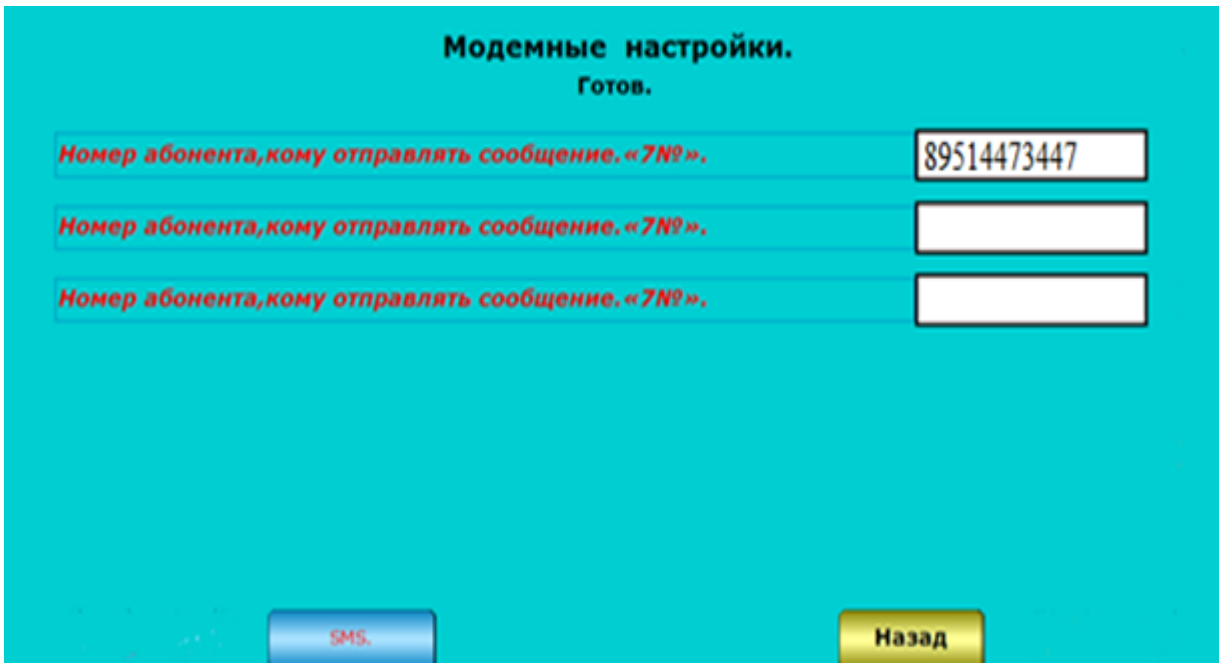



Рисунок 3.6 – Заполнение параметров

При нажатие на вкладку ”SMS” система переходит в меню **SMS.**

**SMS управление.**

С помощью данной функции возможно писать и получать SMS сообщения. На рисунке 3.7 представлено меню “SMS”.

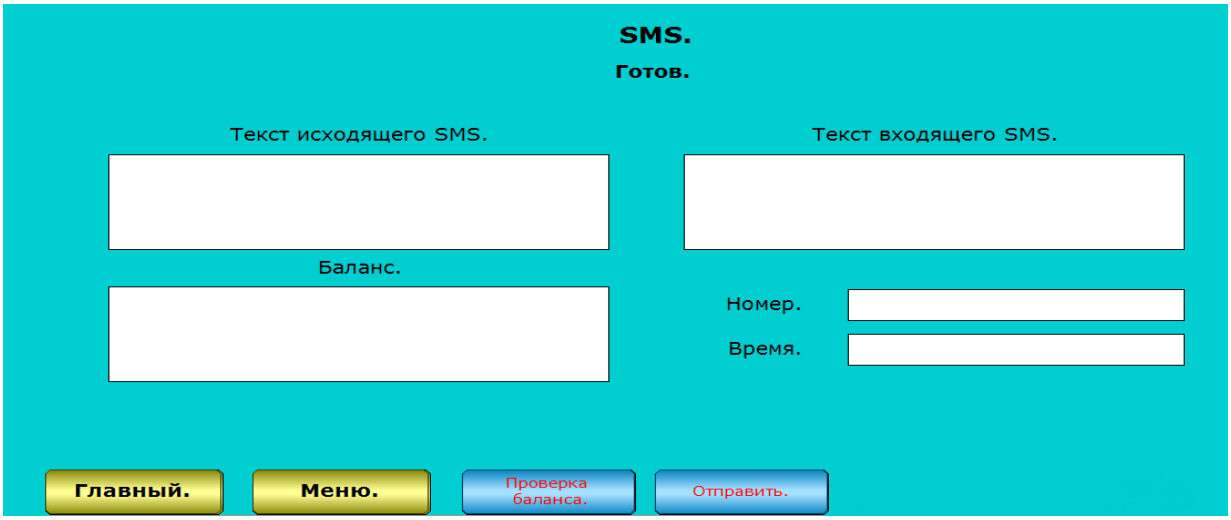



Рисунок 3.7 – Меню «SMS» в контроллере СПК110

Параметр «Проверка баланса». Предназначена для проверки баланса телефонного счета. После выполнения данного пункта, полученный ответ от оператора сети, отобразиться в окне “Баланс”.

В окне “Текст исходящего SMS”, чтобы написать сообщение необходимо коснуться области данного окна, на экране появится клавиатура, после набора сообщения (латинскими буквами) необходимо нажать на ввод (ENTER) и нажать на параметр “Отправить”. После отправки сообщения на номер указанный в параметре “Номер абонента, кому отправлять сообщения”. Абонент получит сообщение.

В окне “Текст входящего SMS” после получения сообщения, система начнёт проверку, если команда и номер соответствует параметру “Номер абонента, кому отправлять сообщения”, то система выполнит команду и отправит отчёт о выполнении команды. Если же “Номер абонента, кому отправлять сообщения” соответствует, а текст нет, то программа проигнорирует сообщение.

**Общение оператора с системой**

Для общения оператора с системой есть определенные запросы, которые отправляет оператор по GSM связи, в виде SMS. Для примера используем запросы “Pusk” - Данная команда предназначена для запуска системы. Абонент отправляет сообщение “Pusk” в ответ система отправляет оператору сообщение в виде SMS, о

выполнении команды. Оператор получает сообщение “Программа выполняется”. Команда выполняется только в автоматическом режиме работы системы.

“Stop” - Данная команда предназначена для остановки работы системы. После получения команды, система остановит работу всех устройств и закроет приточную и вытяжную заслонки (если они были открыты). Система отправляет оператору сообщение в виде SMS, о выполнении команды. Оператор получит сообщение “Внимание. Программа приостановлена”. Пример отправки запроса представлен на рисунке 3.8.

Полный перечень запросов представлен в ПРИЛОЖЕНИЕ А.

**Порядок обработки входящих SMS-сообщений модемом:**

При получении входящего SMS-сообщения модем проверяет, заданы ли телефонные номера, с которых разрешён приём SMS-сообщений. Если такие номера не заданы, то система отправляет ответ в виде SMS с сообщением “Внимание! Вам отказано в доступе”. Если номер, с которого получено SMS-сообщение, числится среди авторизованных, модем переходит к обработке сообщения.

Если модем принял полученное сообщение к обработке, выполняется проверка, является ли SMS-сообщение одним из перечня запросов, после чего выполняются все входящие в неё подкоманды [57].

Система может отправлять сообщения при возникновении нештатных ситуаций. Аварийные сигналы, которые отправляет система оператору:

1. Внимание. Неисправность 380В.
2. Внимание. Обрыв датчика.
3. Внимание. Выключен Автоматический режим. Внешнее управление.
4. Внимание. Программа приостановлена. Калибровка заслонок.

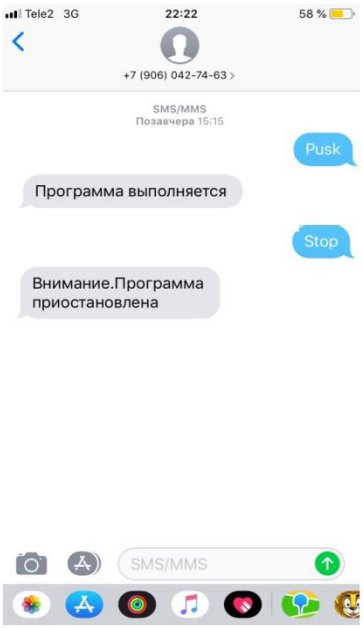



Рисунок 3.8 –«SMS» управление системой

Была внедрена в систему беспроводная передача и управление данными за счёт GSM модема ПМ01-24.АВ. Использование GSM системы, за период использования показала себя с хорошей стороны. При выборе оборудования, одним из главных аспектов была стоимость оборудования. GSM модем отлично подходил под финансовый бюджет заказчика. Было выбрано управление с помощью SMS сообщений, так как хранилище находится неподалёку от большого города, следовательно, хорошее качество связи при достаточной плотности размещения базовых станций, широкое распространение в России и за рубежом - поддержание более 220 операторов. Возможность роуминга: абонент одной из сетей GSM может пользоваться сотовым телефонным номером не только у себя «дома», но и перемещаться по всему миру переходя из одной сети в другую не расставаясь со своим абонентским номером. Процесс перехода из сети в сеть происходит автоматически, и пользователю телефона GSM нет необходимости заранее уведомлять оператора [58].

Из недостатков GSM связи можно отметить возможные перебои в работе при высокой нагрузке на сеть, отсутствие постоянного контроля канала связи и зависимость от оператора сотовой связи [59].

## 3.2 Управление и контроль системы через локальную сеть Ethernet

### Подключение контроллера СПК110 к ПК по сети Ethernet

В данной системе используется контроллер СПК110 с возможностью подключения устройств, для загрузки проектов и web-визуализаций с помощью интерфейса Ethernet, поддерживающий протокол Modbus TCP (Master/Slave) [60].

Перед использованием контроллера СПК110 его следует запрограммировать, то есть создать пользовательскую программу. Прибор программируется с помощью CoDeSyS.

В качестве интерфейса для связи прибора с CoDeSyS используется порт Ethernet. Прибор подключается к ПК напрямую с помощью кабеля. Подключение к интерфейсу Ethernet происходит с помощью восьмижильного кабеля “витая пара” категории 5 10/100BASE-T/TX. На кабель устанавливается оконечные соединители без экрана. Назначение контактов соединителя LAN (Ethernet) приведено на рисунке 3.9.

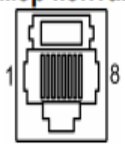
| Номер контакта   | Наименование сигнала |
|---|---|
| 1 | Etx+ |
| 2 | Etx– |
| 3 | Erx+ |
| 6 | Erx– |

Рисунок 3.9 – Назначение контактов соединителя LAN (Ethernet)

На рисунке 3.10. представлена наглядная функциональная схема системы [61].

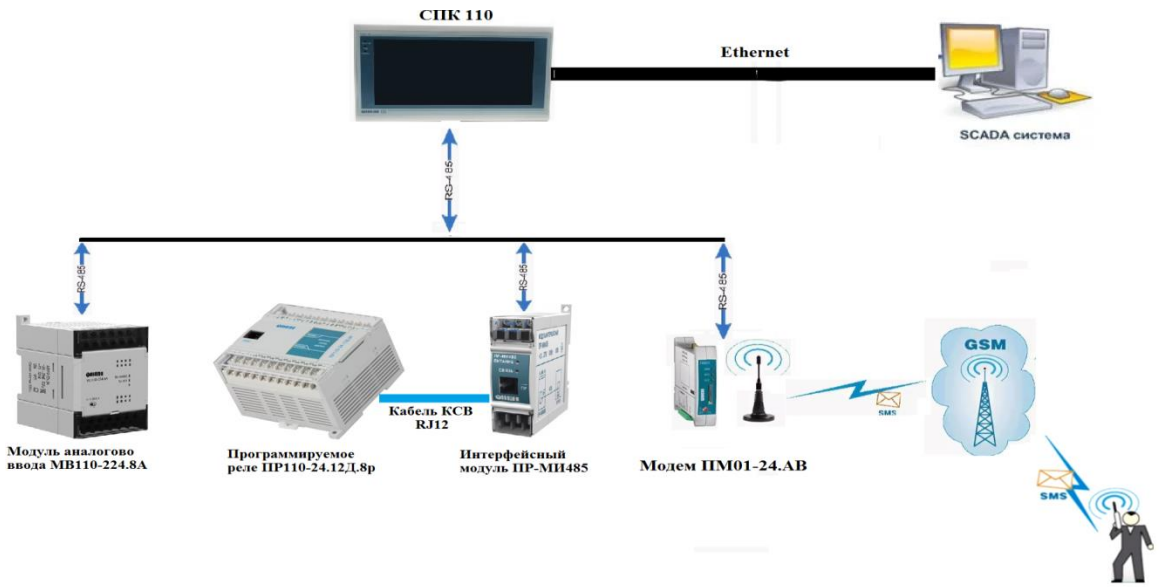



Рисунок 3.10 – Функциональная схема системы

Чтобы подключиться по Ethernet к ПК (Windows 7), необходимо:

В созданном проекте CoDeSyS необходимо подключиться к контроллеру и узнать его IP-адрес, для этого необходимо:

CoDeSyS → Ресурсы → ПЛК-Браузер → Выбираем команду PLCinfo:

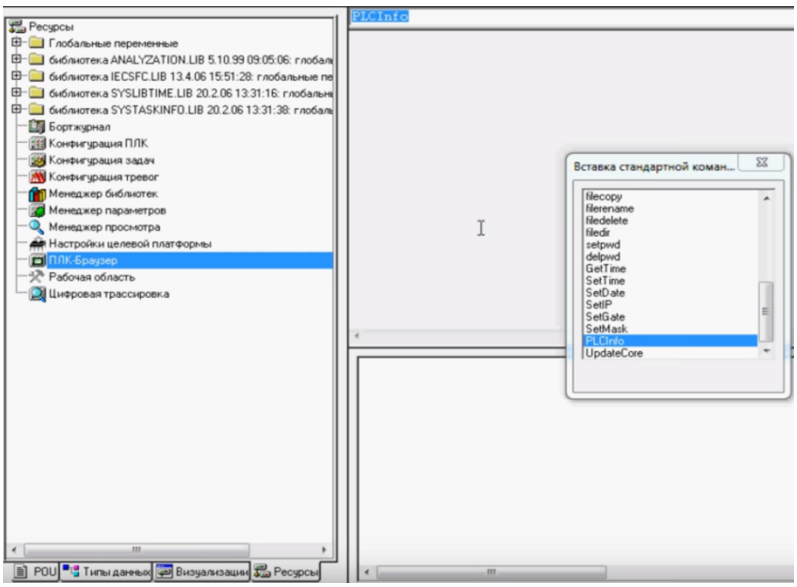



Рисунок 3.11 – Подключение по интерфейсу Ethernet

```
PLCInfo
Binary  VERSION 2.14.0
Need Target version 2.10
Compiled: 10:44:59 May 16
MAC 6A:77:00:00:69:58
IP 10.0.6.10
GATE 10.0.6.1
MASK 255.255.255.0
PIC upper version is 07
Licence unlimited
No DAC
PIC lower version is 0a
```

Рисунок 3.12 – Подключение по интерфейсу Ethernet

Далее, необходимо Зайти в Пуск → Панель управления → Центр управления сетями и общим доступом → Изменение параметров адаптера → Настройка параметров подключения → Протокол Интернета версии 4 (TCP/IPv4) → Свойства.

Заводские настройки виртуального Ethernet-порта, который используется для программирования панели через интерфейс USB-Device:

– IP адрес: 10.0.6.10;

– маска подсети: 255.255.255.0;

– шлюз: 10.0.6.1.

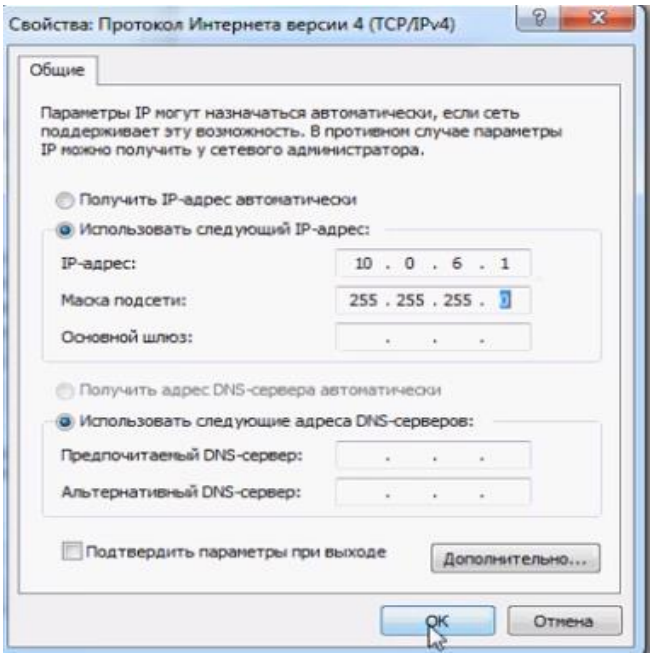



Рисунок 3.13 – Подключение по интерфейсу Ethernet

Далее, заходим в CoDeSyS → Онлайн → Параметры связи.

Создаём новое соединение.

Называем. В параметре Device выбираем TCP/IP (Level 2) рисунок 3.14.

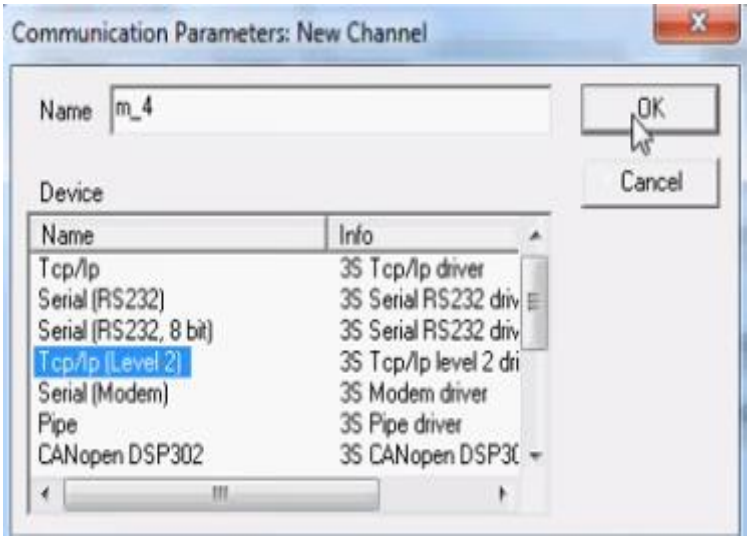



Рисунок 3.14 – Создание нового подключения

Вводим в поле Address значение 10.0.6.10.

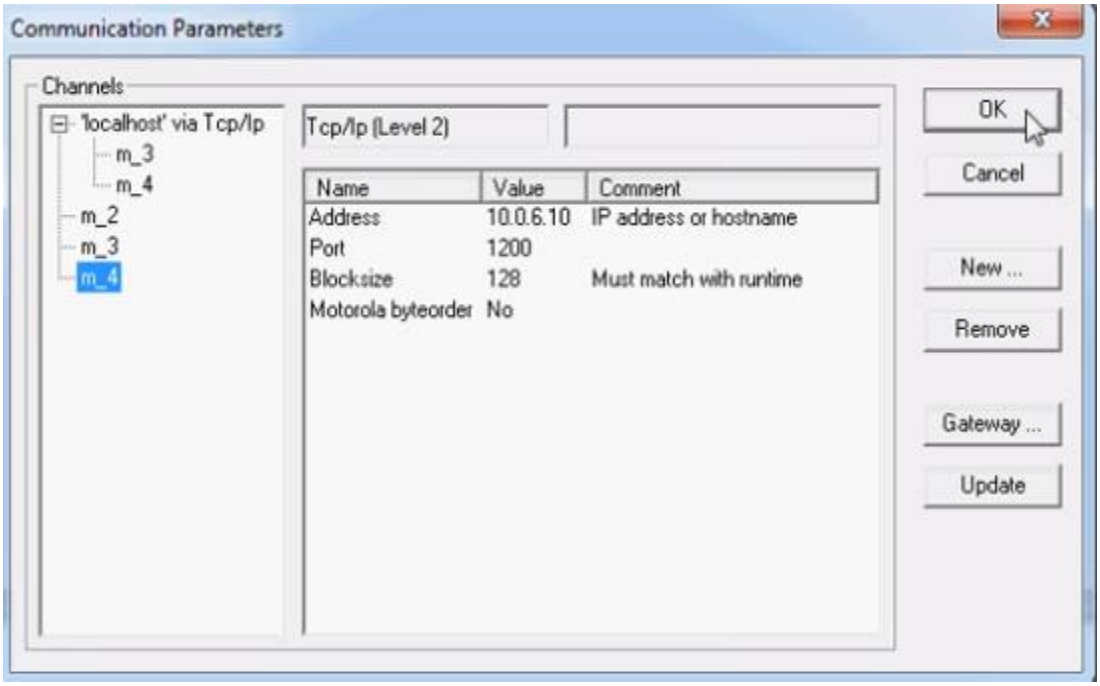



Рисунок 3.15 – Создание нового подключения

Контроллер подключен к ПК по Ethernet.

Характеристика интерфейс связи Ethernet:

– протокол Modbus TCP (Master/Slave);

– скорость передачи 10/100 Мбит/с;

– длина кабеля не более 100 метров;

– процесс и среду передачи информации от объекта до сервера БД и АРМ оператора.

Контроллер СПК110 , с помощью кабеля Ethernet подключается к автоматизированному рабочему месту оператора (АРМ).

АРМ оператор предназначен для сбора, запоминания и визуального отображения на мониторе АРМ текущей измерительной и служебной информации. Монитор АРМ оператора (SCADA система) представлен на рисунке 3.16.

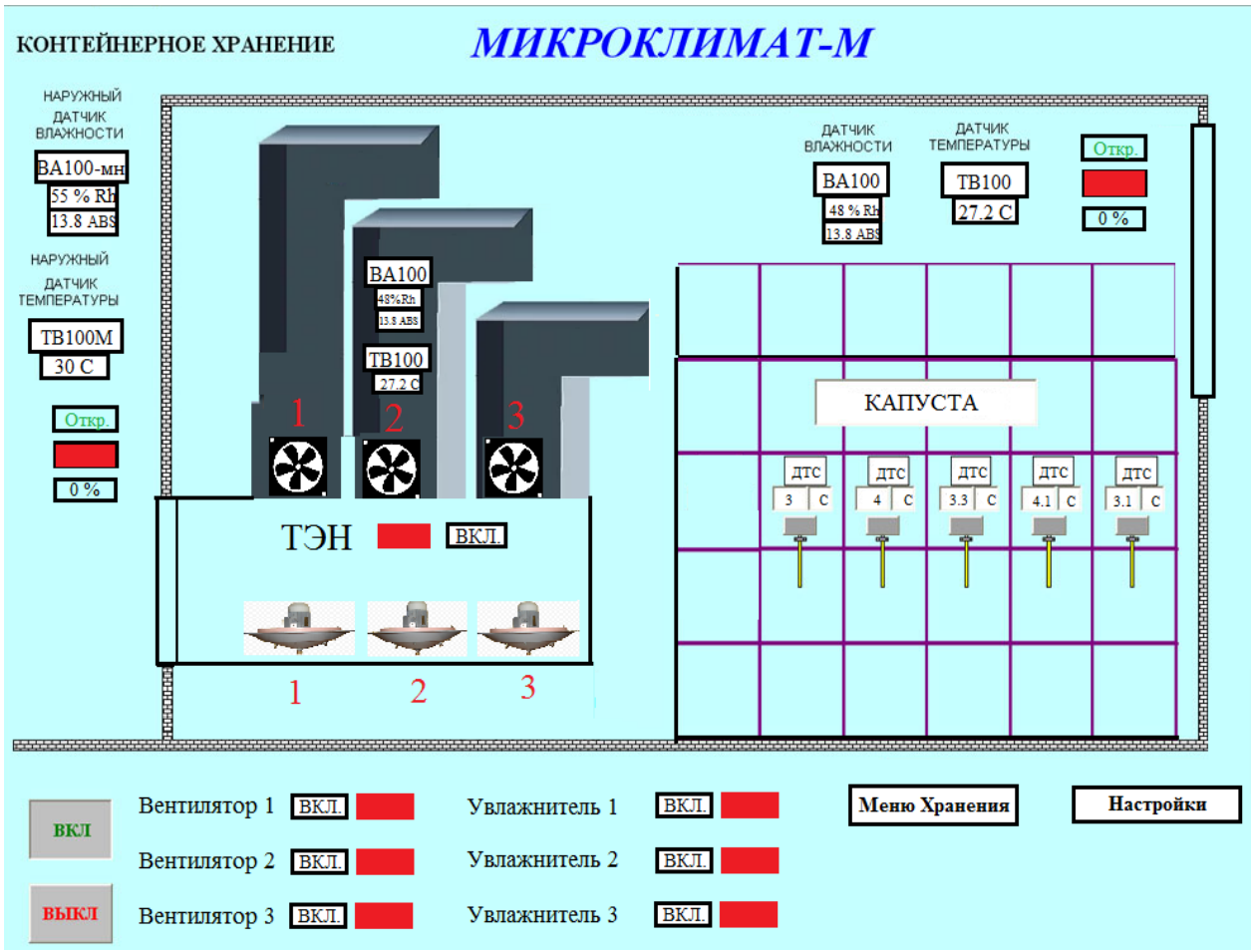



Рисунок 3.16 – SCADA система

SCADA система позволяет:

– сбор данных от датчиков и представление их оператору в удобном для него виде;

– дистанционное управление исполнительными механизмами;

– ввод заданий алгоритмам автоматического управления;

– реализация алгоритмов автоматического контроля и управления;

– распознавание аварийных ситуаций и информирование оператора о состоянии процесса;

– формирование отчётности о ходе процесса.

От надёжности, быстродействия и эргономичности SCADA- системы зависит не только эффективность управления технологическим процессом, но и его безопасность.

В заключение, хотелось бы выделить достоинства и недостатки сети Ethernet.

Достоинства:

– простота установки;

– хорошо известная и наиболее распространенная сетевая технология;

– невысокая стоимость сетевых карт;

– возможность реализации с использованием различных типов кабеля и схем прокладки кабельной системы;

Недостатки:

– снижение реальной скорости передачи данных в сильно загруженной сети, вплоть до ее полной остановки, из-за конфликтов в среде передачи данных;

– трудности поиска неисправностей: при обрыве кабеля отказывает весь сегмент ЛВС, и локализовать неисправность сети достаточно сложно [62].

**Вывод**

Был внедрен диспетчерский контроль и управление системой за счёт беспроводной связи GSM и локальной сети Ethernet. Эффект от внедрения системы диспетчеризации проявляется в виде снижения потребления энерго ресурсов, эксплуатационных затрат, а так же значительно повысит производительность предприятия.

Хотелось бы отметить, что российский рынок диспетчерских систем, предоставляемых в виде услуги, еще не сформировался. Однако в связи с существующей потребностью в быстром и экономичном предоставлении диспетчерских услуг можно ожидать настоящий прорыв в области создания таких компаний [63].

# 4 РЕЖИМЫ РАБОТЫ СИСТЕМЫ

Программа управления формирует несколько основных режимов работы оборудования: сушки, охлаждения, обогрева, увлажнения воздуха и вентилирования. Большинство режимов носят цикличный характер и меняются в зависимости от температуры и влажности продукта и внешнего воздуха. Каждый из режимов отображается на панели управления [64].

Система полностью автоматизирована, полное отображение всей информации о системе представлена на сенсорной панели контроллера СПК110. Главное меню контроллера СПК110 представлено на рисунке 4.1.

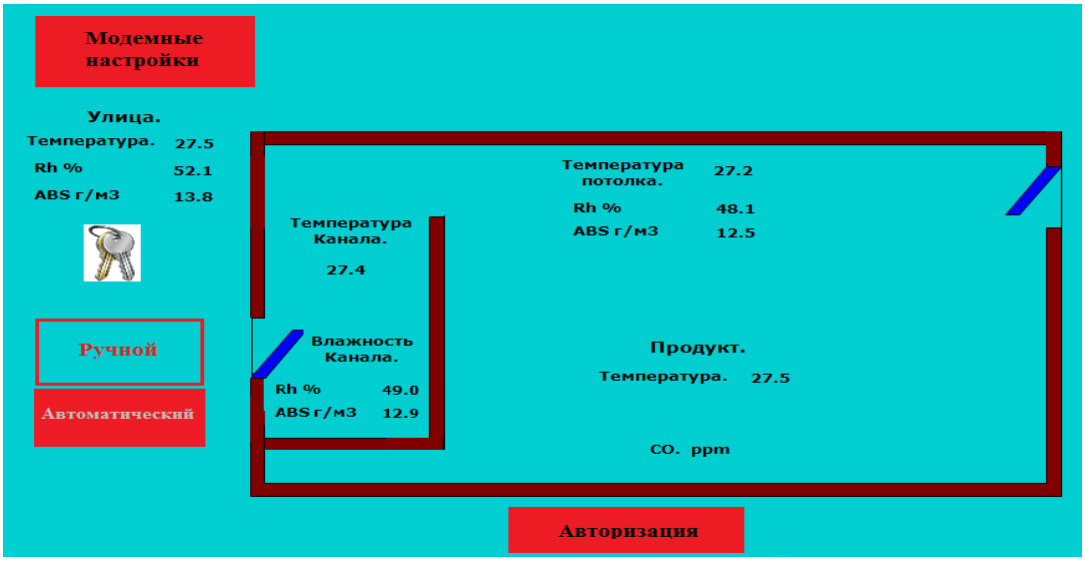



Рисунок 4.1 – Главное меню контроллера СПК110

## 4.1 Режим сушка

Сушка – режим, при котором с овощей удаляется лишняя влага и как следствие, увеличивается срок хранения продукции и ее качество.

Если включен режим сушки, то система использует уличный воздух для сушки продукта независимо от того холоднее или теплее он продукта. Во время сушки

напорные вентиляторы канала постоянно включены, приточная и вытяжная заслонки открыты [65].

Во время сушки, температуру продукта желательно поддерживать в определенных рамках, поэтому в контроллере заложены значения “**Максимальная разрешенная температура уличного воздуха**” и “**Минимальная разрешенная температура уличного воздуха**” до которых может подниматься или опускаться температура продукта во время сушки. Если же нижняя и верхняя граница температур понизится/повысится, то режим сушки приостановится, до достижения температуры рамок заданной нормы.

Целью процесса сушки является удаление влаги из хранящегося продукта, а слишком влажный уличный воздух делает его лишь более влажным. Поэтому, при сушке уличным воздухом можно установить ограничение уровня влажности уличного воздуха. Если установленный уровень превысит, то сушка приостановится на время периода повышенной влажности и продолжится вновь после понижения уровня влажности до допустимых пределов [66].

Наблюдение за влажностью уличного воздуха можно производить как на основании показателей относительной влажности уличного воздуха, так и абсолютной влажности уличного воздуха. Если сравнение делается по показателям абсолютной влажности, то должен быть установлен датчик наблюдения за уровнем влажности продукта. Настройки параметров режима сушка в контроллере СПК110 представлена на рисунке 4.2

Рисунок 4.2 – Меню “Сушка”

**Максимально разрешенная температура продукта**

Устанавливает максимальную температуру уличного воздуха, при которой может происходить сушка.

**Минимально разрешенная температура продукта**

Устанавливает минимальную температуру уличного воздуха, при которой может происходить сушка.

**Включение наблюдения за влажностью при сушке**

Данный параметр указывает, влияет ли измеренный уровень влажности уличного воздуха на сушку продукта.

**Выбор наблюдаемой влажности**

Определят по относительной или абсолютной влажности будет вестись наблюдение.

**RH –** Относительная влажность.

**ABS –** Абсолютная влажность.

**Максимальная относительная влажность при сушке**

Устанавливает максимальную относительную влажность, при которой может происходить сушка.

**Разница абсолютных влажностей улица/продукт при сушке**

Устанавливает разницу абсолютных влажностей уличного воздуха и влажности выходящего из продукта воздуха. Сушка происходит если влажность уличного воздуха меньше влажности выходящего из продукта воздуха на установленную величину.

## 4.2 Режим хранения

Хранение – стандартный режим, при котором мощности климатического оборудования направлены на максимально комфортное и продолжительное хранение овощей без потери качества. Настройки параметров режима хранения в контроллере СПК110 представлены на рисунке 4.3 [67].

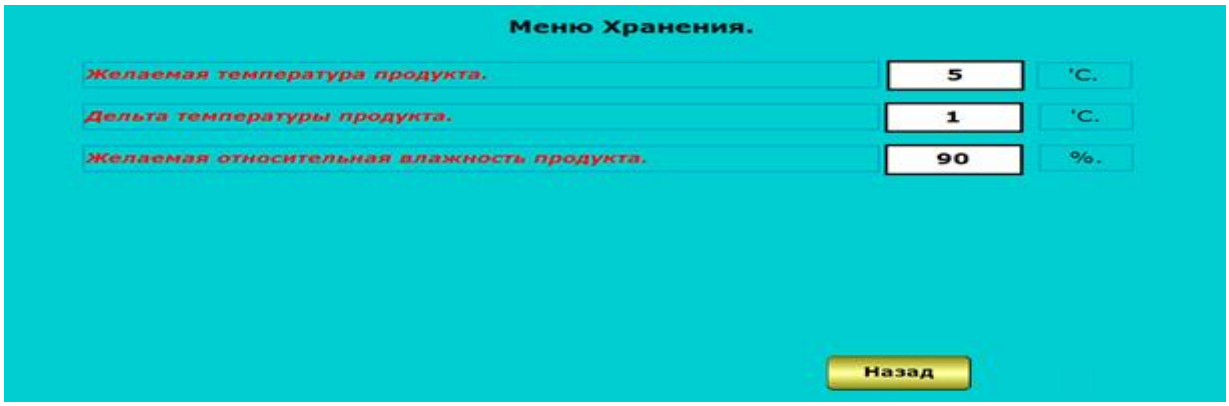



Рисунок 4.3 – Меню “Хранение”

**Желаемая температура продукта**

Данный показатель является желаемой температурой продукта, то есть это тот показатель, который используется автоматикой для поддержания температуры продукта.

**Гистерезис (Дельта) температуры продукта**

Данный установленный показатель указывает на максимальное и минимальное разрешенное исключение в желаемой температуре продукта, то есть, в каком диапазоне будет храниться продукт.

Если желаемая температура продукта 5℃, а Гистерезис температуры продукта 1℃, то температура продукта может изменяться в промежутке 4,5…5,5℃ без выполнения функций регулирования, а при повышении максимальной температуры система охлаждает продукт до желаемой температуры продукта, а при понижении температуры ниже минимальной температуры, система нагревает продукт до желаемой температуры продукта.

**Желаемая относительная влажность продукта**

Данный показатель является желаемой относительной влажностью продукта, то есть используется автоматикой для поддержания влажности продукта.

**Внутренняя циркуляция при хранении**

Если температура продукта остается долгое время стабильной, и охлаждения или обогрева не требуется, а также, если из-за неподходящих погодных условий невозможно использовать природные ресурсы, внутренняя температура продукта и температура всего хранилища становится неуравновешенной (снизу температура продукта ниже, чем наверху продукции). Для предотвращения этого система включает периодически вентиляторы на короткие периоды времени для уравновешивания температур воздуха внутри хранилища. В системе включается параметр “Включение функции внутренней циркуляции”. Настройки параметров режима внутренней циркуляции в контроллере СПК110 представлены на рисунке 4.4 [68].

Рисунок 4.4 – Меню “Внутренняя циркуляция”

**Интервал между циклами внутренней циркуляции**

Функция используется для внутренней циркуляции, чтобы температура в нижних и верхних слоях продукта была одна и тоже. Автоматика включает внутреннею циркуляцию только тогда, когда продукт не требуется охлаждать или обогревать.

**Продолжительность внутренней циркуляции**

Данный показатель указывает на продолжительность внутренней циркуляции.

## 4.3 Охлаждение уличным воздухом

Если температура продукта повышается выше желаемой, то система начинает охлаждение. Охлаждение производится с помощью уличного воздуха. Холодный уличный воздух является самым экономным методом охлаждения продукта [69].

Цикл охлаждения начинается при повышении температуры продукта выше суммы показателей **“Желаемая температура продукта + 0,5* гистерезис температуры продукта” -** Охлаждение продукта продолжается до понижения температуры продукта, до уровня **“Желаемая температура продукта + 0,2* гистерезис температуры продукта**”.

Это означает, что если желаемая температура продукта 5℃, а гистерезис температуры продукта 1℃, то охлаждение продукта начнется, когда температура продукта будет 5,5℃, а прекратит охлаждать, когда температура продукта станет 5,2℃. Настройки параметров режима охлаждения в контроллере СПК110, представлена на рисунке 4.5.

Рисунок 4.5 – Меню “Охлаждение уличным воздухом”

**Желаемая разница температур продукт/улица**

Данный установленный показатель указывает на минимальную разницу температур уличного воздуха и продукта, с помощью, которой можно решить использование уличного охлаждение.

**Желаемая разница температур продукт/канал**

Данный установленный показатель указывает на разницу температур продукта и воздуха в канале во время охлаждения.

Это означает, что если температура продукта 8°C и желаемая разница температур продукт/канал 2°C, то температура задуваемого в канал воздуха должна быть 6°C.

Настоящее различие температуры продукта и канала может быть меньше данного показателя, если уличный воздух недостаточно холодный для охлаждения канала до желаемой температуры. На температуру используемого уличного воздуха можно повлиять нижеуказанным показателем. Выбор подходящего для охлаждения воздуха делается по показателю минимальной разницы температур уличного воздуха и продукта.

**Наблюдение за скоростью охлаждения**

Если данная функция отключена, то при таком условии продукт охлаждается в течение суток неограниченное возможное количество градусов.

**Скорость охлаждения продукта °С/сутки**

Данный установленный показатель указывает на максимальную разрешенную скорость охлаждения продукта в сутки.

Это значит, что если данный показатель установлен 0.5, то продукт не охладится, более указанной температуры в сутки.

**Период наблюдения за скоростью охлаждения**

Устанавливает период в течение, которого происходит наблюдение за скоростью охлаждения.

**Скорость охлаждения продукта**

Установленный период в течение, которого происходит охлаждение.

**Наблюдение за уровнем влажности уличного воздуха при охлаждении**

Если хранящийся продукт требует особенных условий, слишком влажный или сухой воздух может повлиять на ухудшение его качества, то для функции охлаждения необходимо установить границу максимальной и минимальной влажности уличного воздуха. Если влажность воздуха выйдет за пределы установленных параметров, то охлаждение приостановится и продолжится после того, как влажность уличного воздуха окажется в установленных пределах. Если данная функция не включена, то наблюдение за влажностью не ведется. Настройки параметров влажности в контроллере СПК110 представлены на рисунке 4.6.

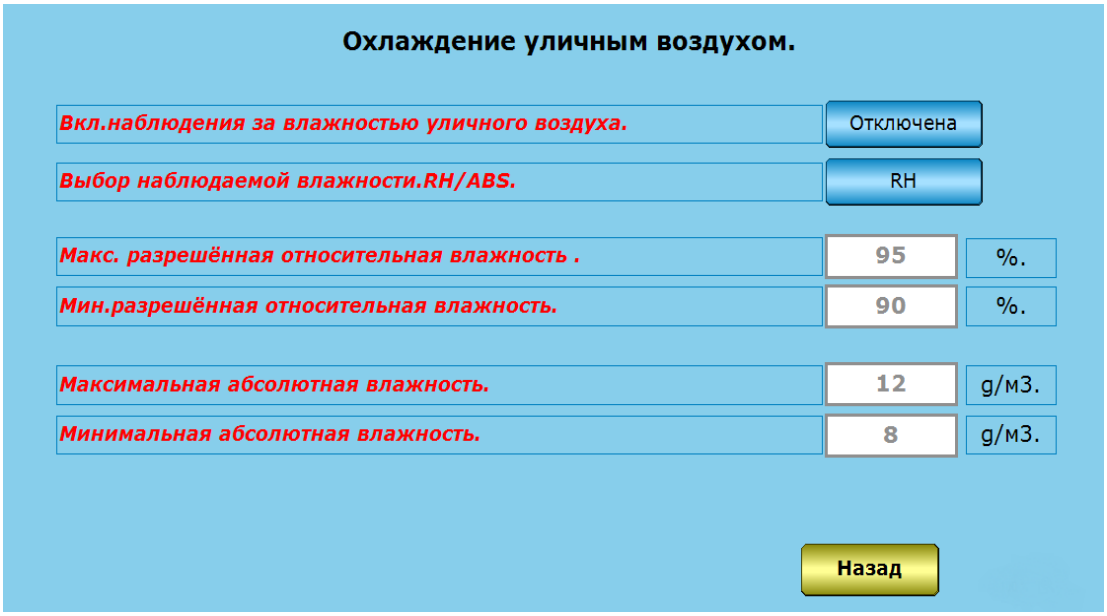



Рисунок 4.6 – Настройки параметров влажности

**Выбор наблюдаемой влажности RH/ABS**

Наблюдение за уровнем влажности воздуха можно произвести на основе относительной влажности воздуха или абсолютной влажности воздуха. При наблюдении рекомендуется использовать показатели абсолютной влажности, так как при этом сравнивается абсолютное количество влажности уличного и внутреннего воздуха, и влияние температуры на влажность необходимо принять во внимание.

При включении наблюдения за относительной влажностью уличного воздуха стоит помнить, что относительная влажность сильно зависит от температуры, то есть при понижении температуры относительная влажность возрастает.

**Максимально разрешенная относительная влажность**

Относительная влажность, при превышении которой охлаждение прекращается.

**Минимально разрешенная относительная влажность**

Относительная влажность, при понижении которой охлаждение прекращается, либо, продолжается с включением функции увлажнения.

Если продукт разрешено охлаждать при относительной влажности уличного воздуха от 80% до 90%, то следует установить параметры “Минимальная разре-

шенная относительная влажность 80%" и "Максимальная разрешенная относительная влажность 90%".

Установленный параметр наблюдаемая влажность ABS указывает, насколько абсолютная влажность уличного воздуха может быть меньше или больше абсолютной влажности воздуха выходящего из продукта, чтобы ее можно было использовать. Абсолютная влажность внутреннего воздуха измеряется по показателям температуры продукта и влажности продукта, при которых местонахождение датчика и существенное значение для получения конечного результата достигается правильной установкой датчика (выходящего из продукта воздуха).

**Максимально разрешенная абсолютная влажность**

Абсолютная влажность, при превышении которой охлаждение прекращается.

**Минимально разрешенная абсолютная влажность**

Относительная влажность, при понижении которой охлаждение прекращается, либо, продолжается с включением функции увлажнения.

Если влажность продукта 4,5 г/м$^3$ и его разрешено охлаждать при абсолютной влажности уличного воздуха в пределах от 4,0 г/м$^3$ до 4,7 г/м$^3$, то необходимо установить параметр "Минимальная разрешенная абсолютная влажность 4.0г/м$^3$", а параметр "Максимальная разрешенная абсолютная влажность 4,7 г/м$^3$".

Если в процессе охлаждения изменится абсолютная влажность выходящего из продукта воздуха, то есть продукт станет суше или влажнее, то и разрешенные пределы изменятся в меньшую или большую сторону.

Если функция включена, но максимальная уставка наблюдения за относительной/абсолютной влажностью не установлена, либо установлена менее или равной минимальной уставке, или система обнаруживает, что датчики неисправны или отсутствуют, то продолжение процесса охлаждения невозможно до устранения неисправностей или отключения функции.

## 4.4 Режим обогрева

**Обогрев в теплое время года**

Если в тёплое время года, температура продукта понижается выше желаемой, то система начинает обогрев. Обогрев производится с помощью уличного воздуха. Теплый уличный воздух является самым экономным методом обогрева продукта в теплое время года [70].

Функция обогрева начинается, когда температура продукта опускается ниже “**Желаемой температуры продукта - 0,5* Гистерезис температуры продукта**”. Обогрев продукта продолжается до подъема температуры продукта до уровня “**Желаемой температуры продукта”.**

Если настройки системы и температура уличного воздуха позволяют, то при обогреве уличным воздухом включаются вентиляторы и система начинает регулировать с помощью воздухосмесительных заслонок перемешивая уличного и внутреннего воздуха так, чтобы температура воздуходувного канала равнялась “**Температура продукта + Желаемая разница температур продукта/канала”**. Данная функция продолжается до тех пор, пока температура продукта не достигнет желаемой температуры или если температура воздуха опуститься так низко, что его нельзя будет использовать для обогрева. Настройки параметров режима обогрева в контроллере СПК110 представлены на рисунке 4.7.

Рисунок 4.7 – Меню “Обогрев”

**Включение функции обогрева уличным воздухом**

Включение обогрева продукта уличным воздухом.

**Разница температур продукт/канал**

Данный установленный показатель указывает на разницу температур продукта и воздуха в канале во время обогрева.

Это означает, что если температура продукта 3˚С и желаемая разница температур продукт/канал 2˚С, то температура задуваемого в канал воздуха должна быть равна 5˚С.

**Разница температур улица/продукт**

Данный параметр указывает, насколько уличная температура должна быть ниже температуры продукта, что бы автоматика разрешала открывать заслонки.

Это означает, что если установлена разница в 20˚С, при этом температура продукта 5˚С , температура уличного воздуха -15˚С, то включится запрет на открывание заслонок, а снимет запрет, когда разница температур между улицей и продуктом будет менее 20˚С.

**Обогрев в холодное время года**

Если тёплого воздуха с улицы недостаточно, чтобы обогреть продукт в хранилище, используются специальные трубчатые электронагреватели (ТЭН), которые обогревают воздух, который поступает с улицы. Настройки параметров режима обогрева ТЭНом в контроллере СПК110 представлены на рисунке 4.8 [71].

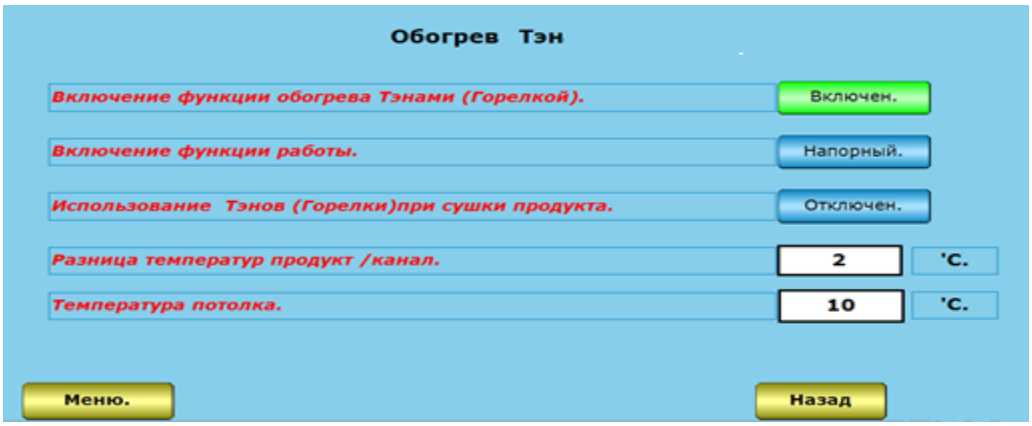



Рисунок 4.8 – Меню “Обогрев ТЭНом”

**Включение функции обогрева ТЭНом**

Включение обогрева продукта при помощи ТЭНа.

**Использование** ТЭНа **при сушке продукта**

Используется этот параметр для обогрева канала при сушке продукта, если невозможно сушить уличным воздухом

**Разница температур продукта/канал**

Данный установленный показатель указывает на разницу температур продукта и воздуха в канале во время обогрева.

Это означает, что если температура продукта 3˚С и желаемая разница температур продукт/канал 2˚С, то температура задуваемого в канал воздуха должна быть равна 5˚С.

**Температура потолка**

Используется в системе обогрева канала (защита от перегрева продукта). При повышении температуры над продуктом до установленной границы, автоматика отключает обогрев и включит когда, температура понизится до установленной величины.

## 4.5 Удаление термомасс

В некоторых случаях из-за температуры уличного воздуха и строения хранилищ может произойти скопление теплой массы воздуха под потолком, при отключенном охлаждении. При начальной стадии охлаждении образовавшееся скопление теплого воздуха нежелательно смешивать с продуктом.

В данном случае возможно использовать режим удаления термомасс, во время которой в самом начале цикла охлаждения воздухосмесительные заслонки сначала открываются полностью и включаются вентиляторы. После удаления теплой воздушной массы вентиляторы отключаются, заслонки полностью закрываются и начинается нормальная функция охлаждения. Режим удаления начнется если активировано использование данной функции, а температура потолка на момент вклю-

чения функции охлаждения превысит разницу продукт/потолок. Настройки параметров режима удаления термомасс в контроллере СПК110 представлены на рисунке 4.9.

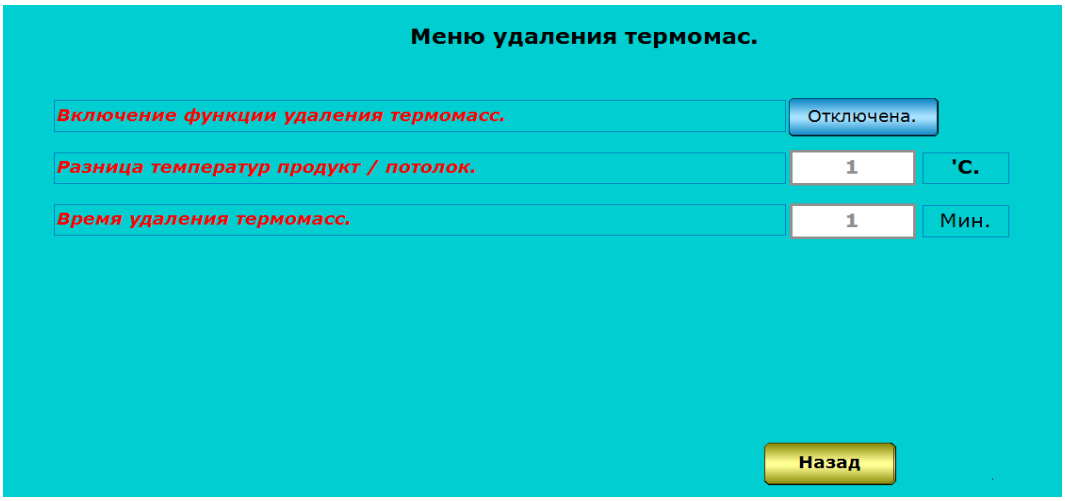



Рисунок 4.9 – Меню “Удаление термомас”

**Включение функции удаления термомасс**

Удаление тепловых масс воздуха в хранилище.

**Разница температур продукта/потолка**

Устанавливает продолжительность удаления термомасс (тёплого воздуха под потолком), если данная функция активирована. Если разница не установлена система считает, что функция отключена и не использует её

**Время удаления термомасс**

Время, в течении которого при открытых заслонках включаются напорные вентиляторы для удаления термомасс.

В заключение, хотелось бы отметить, что все режимы работают в полной мере, исполнительные механизмы работают без задержек.

Интерфейс системы прост и не вызывает никаких проблем в использование.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Начальный этап проделанной работы посвятили знакомству с теоретической и практической составляющей понятия автоматизированной системы управления микроклиматом в помещение для хранения овощной продукции. Выделили недостатки современных хранилищ. В связи с этим было принято решение о разработке более совершенной автоматизированной системы управления и контроля климатом с внедрением диспетчерского контроля и управления.

Далее был разработан проект по внедрению новой и современной системы. Данная система хороша тем, что позволяет свести к минимуму человеческий фактор. Произведен выбор датчиков, используемых для реализации и контроля параметров в помещение, выбор средств автоматизации для управления климатом внутри помещения. Осуществлен выбор исполнительных механизмов. На основание выбранного оборудования и приборов приведена схема автоматизации и электрическая-принципиальная схема системы. Предусмотрен диспетчерский контроль и управление климатом в помещение за счёт беспроводной сети GSM и локальной сети Ethernet. Выявлены достоинства и недостатки для каждой сети.

Сегодня в России существует предложения от множества фирм по строительству современных овощехранилищ, в том числе от известных зарубежных компаний с внушительным послужным списком. Однако российские предприниматели не очень активно спешат воспользоваться их услугами и зачастую продолжают выбирать устаревшие технологии. Это связано с тем, что предприниматели мыслят краткосрочными перспективами, хотят побыстрее окупить проект, и поэтому вложить по минимуму средств. При этом забывая о том, что эффективное, приносящее высокие прибыли овощехранилище – это высокотехнологичный проект.

Современное овощехранилище, реализованное профессионалами, позволяет заказчику быстрее окупить вложения за счёт качественного длительного хранения с минимальными потерями [72].

## БИБЛИОГРАФЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Русанова, Л. А. Современные способы хранения плодов, овощей, ягод и винограда: учебное пособие / Л.А. Русанова. – Москва: Изд-во «Инновации и качество», 2013. – 11 с.

2. Трубилина, И. Т. Предпосылки и особенности разработки автоматизированной системы управления «МИКРОКЛИМАТ» / И.Т. Трубилина, А.В. Параскевов, С.С. Лебедев // Вестник КубГАУ. Серия «Общие и комплексные проблемы естественных и точных наук». – 2015. – № 112 (8). – С. 24–30.

3. Кулькова О. А. Современные подходы к обеспечению качества и безопасности продукции российских предприятий пищевой промышленности / О. А. Кулькова, А. В. Русяйкина // Пищевая промышленность: сб. науч. тр. – Саранск: Изд-во МГУ имени Н. П. Огарёва, 2007. – С. 9.

4. Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления: сб. текстов / И.Ф. Бородин, С.А. Андреев. – 2-е изд. – Москва: Изд-во «Юрайт», 2018. – 352 с.

5. Генкин, А.Л. Автоматизация в промышленности / А.Л. Генкин, А.В, И.В. Никулина. – Москва: Изд-во «ИнфоАвтоматизация», 2007. – 256 с.

6. Гунько, А. В. Системы автоматизации технологических процессов / А.В. Гунько. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. – 137 с.

7. Лошаков, А. Н. О диспетчеризации объекта, или «Правильная» диспетчеризация / А.Н. Лошаков // «Медиа Технолоджи». Серия «Сантехника, отопление, кондиционирование». – 2014. – № 3 (147). – С. 78–79.

8. Карцев, Е. А. Хранение овощей и картофеля / Е.А. Карцева, Н.Н. Андреев // Вестник УлГАУ. Серия «В мире научных открытий». – 2012. – С. 157–161.

9. Копылов, С. И. Хранение плодов и овощей в регулируемой атмосфере / С.И. Копылов, Е.Ю. Каменева // ФГБОУ ВПО РГАЗУ. Серия «Хранение овощной продукции». – 2012. – Вып. 2. – С. 54–56.

10. Аглиулин, Р.М. Вентиляция хранилищ / Р.М. Ангиулин // ФГБОУ ВО КГАУ. Серия «Вентиляция». – 2018. – С. 117–119.

11. Горюнков, А.А. Научно-производственное предприятие «ЭКОНИКС» / А.А. Горюнков // Экологические системы и приборы: сб. науч. тр. – Москва: Изд-во «Научтехлитиздат». 2005. – С. 62–64.

12. Стефанов, Е.В. Вентиляция и кондиционирование воздуха: учебное пособие / Е.В. Стефанов. – Санкт-Петербург: Изд-во «АВОК Северо-Запад», 2005. – 402 с.

13. СП 60.13330–2012. Издания. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: Изд-во свод правил. 2003. – 54 с.

14. Гаврилястный, А.В. Система управления приточными вентиляционными установками / А.В. Гаврилястный, М.Н. Заика. – 1-е изд. – Москва: Изд-во ФИПС ВПТБ, 2007. – 39 с.

15. Совершенствование систем микроклимата путём разработки вентиляционных устройств нового поколения / В.Н. Гутман, Н.О. Шевчук, С.П. Рапович, А.А. Зубарик. – М.: НПЦ НАН, 2012. – 223 с.

16. Туруткин, К.В. Оптимизация автоматизированной работы вентиляционной установки / К.В. Туруткин, Г.А. Салацкий // УрГУПС. Развитие современной науки: Теоретические и прикладные аспекты. – 2017. – Вып.1. – С. 27–30.

17. Маркова, О.А. Конструкторско-технологическая подготовка бакалавров-механиков в вузе / О.А. Маркова // КНИТУ. Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Вып. 7. – № 12. – С. 258–260.

18. Петрова, О.С. Исследование динамических характеристик датчика температуры устройства контроля и регулирования температуры воздуха в помещении / О.С. Петрова // ОГУ. Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2009. – № 2 (273). – С. 81–86.

19. Датчик температуры наружного воздуха [Электронный ресурс]. – http://econix.com/catalog/tv100m-230. – (Дата обращения: 15.05.2019).

20. Датчик температуры воздуха [Электронный ресурс]. – http://econix.com/catalog/tv1004. – (Дата обращения: 15.05.2019).

21. Датчик температуры продукта “ОВЕН” [Электронный ресурс]. – http://shop./catalog/dts035m_50m_0_5_120_i_1. – (Дата обращения: 15.05.2019).

22. Берлинер, М.А. Измерения влажности: учебное пособие / М.А. Берлинер. – Москва: Изд-во «Энергия», 1973. – 400 с.

23. Датчик влажности наружного воздуха [Электронный ресурс]. – http://econix.com/catalog/va100-mn_so_14899. – (Дата обращения: 15.05.2019).

24. Датчик влажности воздуха [Электронный ресурс]. – http://econix.com/catalog/va100. – (Дата обращения:15.05.2019).

25. Морозова, К.С. Разработка датчика углекислого газа для систем кондиционирования воздуха / К.С. Морозова // Сборник трудов конференции. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. – С. 29–31.

26. Датчик концентрации углекислого газа CO2 [Электронный ресурс]. – http://econix.com/catalog/so100-11313. – (Дата обращения 15.05.2019).

27. Гарганеев, А.Г. Современные средства и системы автоматизации / А.Г. Гарганеев, Т.В. Полехина, О.А. Макарова. – М.: ТУСУР, 2004. – 209 с.

28. Убайдуллаева, Ш.Р. Обзор архитектуры современных автоматизированных систем управления технологическими процессами / Ш.Р. Убайдуллаева, М.Н Улугбек // Сборник трудов конференции. – Ташкент: Изд-во ТИИИМСХ, 2018. – С. 256–258.

29. Модуль аналогово ввода МВ110-224.8А [Электронный ресурс]. – https://insat.ru/prices/info.php?pid=7001. – (Дата обращения: 20.05.2019).

30. Шишкин, С.А. Отечественные промышленные программируемые реле фирм «ОВЕН» и «КОНТРАВТ» / С.А. Шишкин. // Компоненты и технологии. – Санкт-Петербург: Изд-во «Файнстрит», 2012. – № 2 (12). – С. 91– 96.

31. Программируемое реле ПР110-24.12Д.8Р [Электронный ресурс]. – https://insat.ru/prices/info.php?pid=7326. – (Дата обращения: 20.05.2019).

32. Авдеев В.А. Периферийные устройства. Интерфейсы, схемотехника, программирование / В.А. Авдеев. – Оренбург: Изд-во ДМК-Пресс, 2012. – 848 с.

33. Модуль интерфейсный ПР-МИ485 [Электронный ресурс]. – https://insat.ru/prices/info.php?pid=7330. – (Дата обращения: 20.05.2019).

34. Шайкин, А.О. Обзор новинок производственного объединения “ОВЕН” / А.О. Шайкин // ФГБОУ ВО ГАУ. Энергетика и информационные технологии. – 2017. – Вып. 10. – С. 150–154.

35. Контроллер с сенсорным экраном СПК110 [Электронный ресурс]. – https://insat.ru/prices/info.php?pid=13556. – (Дата обращения: 20.05.2019).

36. Пушкарев, О.В. GSM/GPRS модемы Wavecom для быстрой разработки и внедрения GSM-Решений / О.В. Пушкарев, А.Н. Уголев // Беспроводные технологии: сб. науч. тр. – Санкт-Петербург: Изд-во «Файнстрит», 2006. – С. 24–26.

37. Модем GSM ПМ01-24.АВ [Электронный ресурс]. – https://insat.ru/prices/info.php?pid=6235. – (Дата обращения: 20.05.2019).

38. Блок питания DRP-480-24 [Электронный ресурс]. – https://insat.ru/prices/info.php?pid=6965&yclid=3090122176105581780. – (Дата обращения: 20.05.2019).

39. Оборудование для овощехранилища [Электронный ресурс]. – .https://podvaldoma.ru/oborudovanie/ovoshhehranilishha.html. – (Дата обращения: 20.05.2019).

40. Ромась, С.В. Обеспечение качества продукции и условий труда работников в помещениях хранения сельхоз продукции за счёт улучшения системы вентиляции / С.В. Ромась, Н.А. Попов // Сборник трудов конференции. – Воронеж: Изд-во ВГАУ, 2018. – С. 569–574.

41. Галдин, В.Д. Вентиляторы и компрессоры: учебное пособие / В.Д. Галдин. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. – 108 с.

42. Высоконапорные вентиляторы ASP [Электронный ресурс]. – http://www.ventinform.ru/shop/promyshlennye_ventilyatory/asp. – (Дата обращения: 25.05.2019).

43. ГОСТ 28373-94. Капуста кочанная свежая. Руководство по хранению. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 10 с.

44. Ермолаев, В.П. Определение влажности воздуха в помещении / В.П. Ермолаев // Потенциал современной науки. – Липецк: Изд-во Максимал информационные технологии, 2014. – С. 32–38

45. Полевик, А.Г. Центробежный увлажнитель / А.Г. Полевик, И. А. Полевик. – Москва: Изд-во ФИПС ВПТБ, 1998. – 57 с.

46. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. – М.: Изд-во строительных норм и правил, 2000. – 91 с

47. ГОСТ 13268-88. Электронагреватели трубчатые. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 15 с.

48. Белавин, Ю.А. Трубчатые электрические нагреватели и установки с их применением / Ю.А. Белавин. – Москва: Изд-во Энергоатомиздат, 1989. – 157 с.

49. Шварцман, Л.А. Диспетчеризация и оперативное управление / Л.А. Шварцман. – Москва: Изд-во Цитэин НКЛП. 1974. – 28 с.

50. Белов, Г.И. Диспетчеризация / Г.И. Белов, С.Е. Каменицер, Г.И. Попов // Большая советская энциклопедия. – Москва: Научное изд-во, 1974. – 504 с.

51. Бабенко, А.С. Диспетчерская служба в сельском хозяйстве / А.С. Бабенко.- Москва: Изд-во Колос, 1967. – 151 с.

52. Чемборисова, Н.Ш. Совместное использование информации АСДУ и АСКУЭ для обеспечения её достоверности / Н.Ш. Чемборисова, Т.В. Коренюк. – Хабаровск: Изд-во АГУ, 2004. – 167 с.

53. Радке, Хорст-Дитер. Всё о беспроводных сетях / Хорст-Дитер Радке. – Москва: NT Press, 2008. – 318 с.

54. Беспроводные системы и оборудование [Электронный ресурс] . – https://eltechbook.ru/besprovodnye_sistemy. – (Дата обращения 1.06.2019).

55. Попов, В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM / В.И. Попов. – Москва: Изд-во Эко-Трендз. 2005. – 296 с.

56. Никонов, А.В. Аппаратно-программный комплекс на основе средств автоматизации «ОВЕН» и SCADA-системы Trace Mode / А.В. Никонов. – Киров: Изд-во ВятГУ. 2011. – 51 с.

57. Приём и обработка сообщений [Электронный ресурс] // https://mirsms.ru/information/message_in.php. – (Дата обращения: 1.06.2019).

58. Данилов, В.И. Сети и стандарты мобильной связи: учебное пособие / В.И. Данилов. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУТ. 2015. – 99 с.

59. Олифер, В. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Олифер, Н.Олифер. – Санкт-Петербург: Изд-во Питер. 2016. – 240 с.

60. Таненбаум, Э. Компьютерные сети / Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл. – Санкт-Петербург: Изд-во Питер. 2016. – 201 с.

61. Куроуз, Д. Компьютерные сети. Настольная книга системного администратора / Д. Куроуз, Т.Росс. – Москва: Изд-во Эксмо. 2016. – 912 с.

62. Гаврилов, А.В. Локальные сети ЭВМ / А.В. Гаврилов. – Москва: Изд-во Мир. 1990. – 172 с.

63. Малышев, Р.А. Локальные вычислительные сети: учебное пособие / Р.А. Малышева. – Рыбинск: Изд-во РГАТА. 2005. – 83 с.

64. Смирнов, А.Д. Архитектура вычислительных систем: учебное пособие / А.Д. Смирнов. – Москва: Изд-во Нолидж. 1990. – 318 с.

65. Кац, З.А. Производство сушеных овощей, картофеля и фруктов / З.А. Кац. – Москва: Изд-во Лёгкая и пищевая промышленность. 1984. – 216 с.

66. Семенов, Г.В. Сушка сырья: мясо, рыба, овощи, фрукты, молоко / Г.В. Семенов, Г.И. Касьянов. – Ростов-на-Дону: Изд-во МарТ. 2002. – 112.

67. Трисвятский, Л.А. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов / Л.А. Трисвятский, Б.В. Лесик, В.Н. Курдина. – Москва: Изд-во Агропромиздат. 1991. – 418 с.

68. Вентиляция в овощехранилище [Электронный ресурс]. – https://ventkam.ru/ventilyatsiya/ovoshhehranilishhe. – (Дата Обращения 5.06.2019).

69. Охлаждение в овощехранилище [Электронный ресурс]. – https://holvent.com/catalog/19-ohlazhdenie/. – (Дата Обращения 5.06.2019).

70. Обогрев овощехранилищ и овоще баз [Электронный ресурс]. – https://solarfox-energy.com/obogrev-ovoshhebaz/. – (Дата Обращения 5.06.2019).

71. Вентиляция и климат контроль овощехранилища [Электронный ресурс]. – https://stroy-angary.ru/ventilyaciya-i-klimat-kontrol-v-ovoshhexranilishhe. – (Дата Обращения 5.06.2019).

72. Преимущества и недостатки современных овощехранилищ [Электронный ресурс]. – http://www.agbz.ru/articles/sberech-bez-poter. – (Дата обращения 5.06.2019).

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Список запросов, которые может отправлять оператор системе

| Вид запроса | Запрос(команда) | Описание |
|---|---|---|
| Системные | “Help” | При отправке данного запроса, система отправляет оператору перечень команд необходимых для управления. |
| | “Pusk” | Данная команда предназначена для запуска системы. Система отправляет оператору сообщение в виде SMS, о выполнении команды. Оператор получает сообщение “Программа выполняется”. Команда выполняется только в автоматическом режиме работы системы. |
| | “Stop” | Данная команда предназначена для остановки работы системы. После получения команды, система остановит работу всех устройств и закроет приточную и вытяжную заслонки (если они были открыты). Система отправляет оператору сообщение в виде SMS, о выполнении команды. Оператор получит сообщение “Внимание. Программа приостановлена” |
| | “Sbros” | Данная команда предназначена для сброса всех уставок к заводским. После возврата к заводским уставкам, система отправит подтверждение о выполнении команды в виде SMS. |

Продолжение Таблицы А.1.

| Вид запроса | Запрос(команда) | Описание |
|---|---|---|
| Системные | “System” | Данная команда предназначена для проверки состояния системы. Система отправляет оператору сообщение, о выполнении команды. Оператор получает сообщение “Программа выполняется, 380В в норме, Датчики в норме”. |
| | “Text” | Система отправит текстовую информацию, выводимую на главном экране. |
| | “Temp” | Система отправляет информацию о состоянии температурных датчиков (кроме датчиков температуры продукта), выводимых на главный экран. |
| | “Burt” | Система отправит информацию о состоянии всех датчиков температуры продукта, подключенных к системе и выводимых на главный экран. |
| | “CO2” | Система отправит информацию о состоянии датчика концентрации углекислого газа CO2, выводимого на главный экран. |
| Параметры Уставок | “Product” | Система отправит сообщение оператору о желаемой температуре продукта. |
| | “Kanal” | Система отправит сообщение оператору о желаемой разнице температур продукт/канал. |
| | “Street” | Система отправит сообщение оператору о желаемой разнице температур продукт/ул. |

Продолжение Таблицы А.1.

| Вид запроса | Запрос(команда) | Описание |
|---|---|---|
| Изменение Параметров Уставок | “ProductXX” | Изменение параметра желаемая температура продукта. Например, необходимо изменить параметр желаемая температура продукта с 5˚С на 3,5˚С, то нужно отправить запрос “Product3.5”. После выполнения изменений, система отправляет оператору сообщение. Оператор получает сообщение “Установлена желаемая температура продукта = 3.5”. |
| | “KanalXX” | Изменение параметра желаемая разница температур продукт/канал. Например, необходимо изменить параметр желаемая разница температур продукт/канал с 5˚С на 3,5˚С, то нужно отправить запрос “Kanal3.5”. После выполнения изменений, система отправляет оператору сообщение в виде SMS. Оператор получает сообщение “Установлена разница температур продукт/канал = 3.5”. |
| | “StreetXX” | Изменение параметра желаемая разница температур продукт/улица. Например, необходимо изменить параметр желаемая разница температур с 5˚С на 3,5˚С, то нужно отправить запрос “Street3.5”. После выполнения изменений, система отправляет оператору сообщение в виде SMS. Оператор получает сообщение “Установлена разница температур продукт/улица = 3.5”. |

Окончание Таблицы А.1.

| Вид запроса | Запрос(команда) | Описание |
|---|---|---|
| Управление системой в ручном режиме. | “RushOn” | Включить ручной режим. |
| | “RushOff” | Выключить ручной режим. |
| | “VentOn” | Включить напорные вентиляторы в ручном режиме. |
| | “VentOff” | Выключить напорные вентиляторы в ручном режиме. |
| | “UnlogOn” | Включить увлажнители в ручном режиме. |
| | “UnlogOff” | Выключить увлажнители в ручном режиме. |
| | “TenOn” | Включить обогрев канала в ручном режиме. Функция активна если используется системой и включены напорные вентиляторы. |
| | “TenOff” | Выключить обогрев канала в ручном режиме. |
| | “Open” | Полное открытие заслонок в ручном режиме. |
| | “OpenXX” | Открытие заслонок на XX % в ручном режиме. Если необходимо приоткрыть заслонки, например, на 5%, то нужно отправить запрос “Open05”. |
| | “Closed” | Полное закрытие заслонок в ручном режиме. |
| | “ClosedXX” | Закрытие заслонок на XX % в ручном режиме. Если необходимо закрыть заслонки, например, на 5%, то нужно отправить запрос “Closed05”. |