МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет вычислительной техники

Кафедра «Вычислительная техника»

Специальность: 09.05.01 «Применение и эксплуатация автоматизированных систем специального назначения»

Специализация: «Эксплуатация вычислительных машин, комплексов, систем и сетей специального назначения»

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЕМ ПОМЕЩЕНИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Студент 8.06.24 (подпись, дата) Козлова Вероника Анатольевна (ФИО полностью)

Руководитель 8.06.24 (подпись, дата) Бикташев Р.А. (фамилия, инициалы)

Нормоконтролёр 10.06.24 (подпись, дата) Бычков А.С. (фамилия, инициалы)

Рецензент доцент ПензГТУ (должность, место работы) 13.06.24 (подпись, дата) Петерский С.В. (фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол зас. кафедры от 27.05.2024 г. № 11)

Заведующий кафедрой _____ (подпись) М.А. Митрохин (фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой отлично

(протокол заседания ГЭК от 19.06.2024г. № 3)

Секретарь ГЭК _____ Е.И. Гурин

Пенза 2024

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет
вычислительной техники

Кафедра
«Вычислительная техника»

«Утверждаю»
Заведующий кафедрой
_____М.А. Митрохин
«19» апреля 2024 г.

ЗАДАНИЕ
НА ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

1. Студент Козлова Вероника Анатольевна гр. 19ВОЭ1 факультета вычислительной техники

2.Тема работы «Автоматизированная система управления оборудованием помещения по переработке органических материалов»

Тема утверждена приказом ПГУ № 405/о от "19" апреля 2024 г.

3. Руководитель работы к.т.н., доцент каф. ВТ «ПГУ» Бикташев Р.А.

4. Задание на работу (назначение разработки, исходные данные и т.п.).

Разработать прикладное программное обеспечение для сенсорной панели оператора HMI, входящей в состав автоматизированной системы управления оборудованием помещения для переработки органических материалов. Основными функциями ППО являются отображение информации о ходе технологического процесса в виде графических мнемосхем и возможность управления технологическим процессом с панели оператора.

5. Перечень подлежащих разработке вопросов.

Требуется произвести анализ предметной области, разработать структурную и функциональную схемы автоматизации, основанные на перечне оборудования в составе системы и их взаимодействии, диаграмму вариантов использования и расширяющие ее диаграммы деятельности, прикладное программное обеспечение рабочего для сенсорной панели оператора HMI, входящей в состав автоматизированной системы управления оборудованием помещения для переработки органических материалов. Также необходимо разработать экономический раздел и раздел БЖД. Оформить техническую документацию на дипломный проект.

6. Календарный график выполнения работы

№ п/п	Наименование этапов работы	Объем работы	Срок выполнения	Подпись руководителя
1.	Анализ предметной области	10%	19.04.24 – 23.04.24	
2.	Выбор инструментов разработки	10%	24.04.24 – 29.04.24	
3.	Разработка структурной схемы автоматизации системы	5%	30.04.24 – 03.05.24	
4.	Разработка функциональной схемы автоматизации системы	5%	04.05.24 – 08.05.24	
5.	Разработка UML-диаграмм	10%	09.05.24 – 13.05.24	
6.	Разработка и отладка прикладного программного обеспечения	30%	14.05.24 – 31.05.24	
7.	Разработка экономического раздела	10%	01.06.24 – 03.06.24	
8.	Разработка раздела БЖД	10%	04.06.24 – 06.06.24	
9.	Оформление технической документации ДР	10%	05.06.24- 08.06.24	

Дата выдачи задания "19" апреля 2024г.

Руководитель дипломного проекта 19.04.24 Бикташев Р.А.
(подпись, дата)

Задание к исполнению принял студент 19.04.24. Козлова В.А.
(подпись, дата)

Работу к защите допустить
Декан факультета _____ Фионова Л.Р.
(подпись, дата)
13.06.2024

Реферат

Работа содержит 90 листов, 45 рисунков, 3 таблицы, 8 источников, 6 приложений

EASYBUILDERPRO, WEINTEK, ЭКОЛОГИЯ, ПЕРЕРАБОТКА

Объектом исследования дипломного проекта является комплект оборудования инженерных систем для опытного образца выростного помещения для переработки органических материалов.

Цель работы — разработка прикладного программного обеспечения для сенсорной панели оператора HMI, входящей в состав автоматизированной системы управления оборудованием помещения для переработки органических материалов.

В результате проделанной работы над дипломным проектом, были разработаны: структурная и функциональная схемы автоматизации, основанные на перечне оборудования в составе системы и их взаимодействии, диаграмма вариантов использования и расширяющие ее диаграммы деятельности, прикладное программное обеспечение рабочего места оператора, созданного в среде разработки EasyBuilderPro, для сенсорной панели управления фирмы Weintek, входящей в состав автоматизированной системы управления оборудованием помещения для переработки органических материалов.

Графическая часть дипломного проекта содержит следующие чертежи:

– структурная схема автоматизации – 1 лист формата А1;

– функциональная схема автоматизации – 1 лист формата А1;

– диаграмма вариантов использования – 1 лист формата А1;

– диаграммы деятельности – 3 листа формата А1.

					ПГУ 1.090501.04.001 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Козлова В.А.		8.06.24	Автоматизированная система управления оборудованием помещения для переработки органических материалов Пояснительная записка	Лит.	Лист 2 / Листов
Провер.		Бикташев Р.А.		8.06.24			
Н. контр.		Бычков А.С.		10.06.24		ФВТ, каф. ВТ гр. 19ВОЭ1	
Утв.		Митрохин М.А.		10.06.24			

Содержание

Перечень сокращений и обозначений…… 5

Введение…… 6

1 Анализ предметной области…… 9

1.1 Обзор аналогов и актуальность проекта……... 9

1.2 Постановка задачи……..... 12

2 Выбор инструментов разработки……..... 14

3 Архитектура ППО……. 18

3.1 Разработка схем автоматизации……..…..... 18

3.1.1 Описание техпроцесса…… 18

3.1.2 Разработка структурной схемы автоматизации ……..…… 19

3.1.2.1 Определение перечня оборудования, входящего в систему…….. 20

3.1.3 Разработка функциональной схемы автоматизации……..... 23

3.2 Разработка UML-диаграмм……. 26

4 Разработка прикладного программного обеспечения панели оператора…….. 27

4.1Список экранных форм интерфейса пользователя…… 35

4.1.1 Дискретные датчики……... 35

4.1.2 Вытяжной и приточный вентиляторы……... 36

4.1.3 Клапана системы вентиляции…… 37

4.1.4 Аналоговые датчики……... 38

4.1.5 Фреоновый охладитель (кондиционер)…… 39

4.1.6 Увлажнитель…… 41

4.1.7 Секционный нагреватель…… 42

4.1.8 Регулируемый нагреватель…… 44

4.1.9 Экранная клавиатура……..... 45

4.2 Описание экранов интерфейса пользователя…… 46

5 Экономическое обоснование разработки ППО……..... 54

5.1 Расчет затрат на разработку ППО…….. 54

5.2 Расчет цены разработанного ППО……..... 55

5.3 Расчет капитальных вложений……... 55
5.4 Расчет эксплуатационных расходов……... 56
5.5 Расчет денежного годового экономического эффекта……..... 59
5.6 Итоговые расходы…… 60
6 Безопасность жизнедеятельности…… 61
6.1 Потенциально опасные факторы при работе с панелью в выростном помещении…… 61
6.2 Классификация помещения и пожарная безопасность…… 62
6.3 Санитарно-гигиеническая характеристика…… 62
6.4 Электробезопасность……... 63
6.5 Освещение…… 63
Заключение……... 65
Список используемой литературы……. 66
Приложение А – Структурная схема автоматизации…….. 67
Приложение Б – Функциональная схема автоматизации……. 69
Приложение В – UML-диаграммы……..……. 71
Приложение В.1 – Диаграмма вариантов использования……. 72
Приложение В.2 – Диаграммы деятельности…… 73
Приложение Г – Листинг программы (макрос)..…….... 76
Приложение Д – Презентация……..……..... 81
Приложение Е – Справка о применении результатов дипломной работы…….. 88

Перечень сокращений и обозначений

В данной работе приняты следующие сокращения и обозначения

АСУТП – автоматизированная система управления технологическим процессом

ЕСКД – единая система конструкторской документации

ПЛК – программируемый логический контроллер

ПО – программное обеспечение

ППО – прикладное программное обеспечение

ПИД регулятор – пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор

ТБО – твердые бытовые отходы

ЧЛ («Черная Львинка») – вид двухкрылых из семейства львинок

ШУ – шкаф управления

HMI (human-machine interface) – человеко-машинный интерфейс

IP (internet protocol) адрес – уникальный числовой идентификатор устройства в компьютерной сети

PDF (portable document format) – универсальный формат документов

SD (secure digital) карта – форма карт памяти для портативных устройств

UML (unified modeling language) – унифицированный язык моделирования

USB (universal serial bus) – последовательный интерфейс для подключения периферии

Введение

Проблема загрязнения органическими веществами известна человечеству издавна. Однако состав этих веществ, их количество, а значит, и влияние на окружающую среду изменились. С ростом населения планеты, увеличением промышленного производства, изобретением новых материалов остро встал вопрос о снижении количества мусора и его негативного воздействия на окружающую среду. ТБО, которым далеко не все придают значение, через окружающую среду влияют и на здоровье человека. Это в свою очередь влечет повышение заболеваемости и смертности [1].

Органические вещества занимают существенную часть от общего объема ТБО. Главная проблема органики – гниение, в результате которого образуется газ метан, загрязняющий атмосферу, а также жидкость, которая, смешиваясь с прочими отходами, образует свалочный фильтрат. Фильтрат, в свою очередь, может содержать такие вредные соединения, как ртуть, аммиак, нефтепродукты, пестициды. В жаркое время фильтрат не только отравляет воду, но и испаряется, отравляя воздух. Именно из-за вредных выбросов органические вещества требуют переработки и обезвреживания [2]. Для этого существуют технологии переработки органических веществ, в частности компостирование, захоронение и др., а также инновационная для нашей страны технология утилизации ЧЛ. Данная технология поможет не только улучшить экологическую обстановку, но и решить другую важную проблему: дефицит кормового белка. А экологическая безопасность технологии делает ее вдвойне привлекательной.

Правительство России в 2023 г. включило муху «Черная Львинка» в официальный перечень сельскохозяйственной продукции, а также в список производства, первичной и последующей переработки, которые осуществляют сельхозпроизводители.

Использование ЧЛ имеет ряд преимуществ:

– сокращает количество органических веществ в производстве и уменьшает негативное воздействие на экосистему;

– ЧЛ обладает высоким содержанием белка, жира, витаминов и минералов, что делает ее источником питания как для животных, так и для производства пищевых продуктов;

– разведение ЧЛ требует довольно мало ресурсов и не наносит существенного вреда окружающей среде; это делает ее устойчивым и экологически чистым источником пищи для животных и рыб.

ЧЛ может стать хорошей альтернативой для производителей аквакультурных кормов – эта сфера сегодня напрямую зависит от импорта. Пусть в 2023 году производство кормов для рыбы и выросло на 10%, для покрытия всех запросов внутреннего рынка мощностей не хватает. Поэтому производства ищут заменители рыбной муки – одного из самых дорогих компонентов кормов. Мука из насекомых содержит столько же белка, сколько рыбная, и может заменить эту составляющую.

В современном производстве ключевую роль играет автоматизация. Автоматизация позволяет перейти от человеческого этапа производственной деятельности, к производству автоматизированными системами. Автоматизация технологических процессов, на сегодняшний день, очень распространена абсолютно во всех сферах и областях и является одним из решающих факторов повышения производительности и улучшения условий труда.

Все существующие и строящиеся промышленные объекты в той или иной степени оснащаются средствами автоматизации. Создание эффективной автоматизированной системы технологического процесса является очень важной и сложной задачей.

Система автоматизации обеспечивает централизованный контроль над работой технологических агрегатов, сигнализацию отклонений параметров от регламентных норм, дистанционное управление исполнительными механизмами, регулирование отдельных технологических параметров, защиту технологического процесса и оборудования при возникновении аварийных ситуаций.

Автоматизированная система управления, частью которой является спроектированное прикладное программное обеспечение панели для управления

компонентами данной системы, реализовывалась, основываясь на пожеланиях заказчика, заказавшего проект у предприятия ОАО НПП «Химмаш-Старт», в настоящий момент система прошла испытания и передана заказчику, о чем свидетельствует справка о применении результатов дипломной работы, представленная в приложении Е. Абстрагируясь от конкретных пожеланий заказчика, систему можно считать многофункциональной – она может служить для задач, неотъемлемой частью которых является поддержание конкретных параметров окружающей среды.

1 Анализ предметной области

1.1 Обзор аналогов и актуальность

Переработка ЧЛ, по сравнению с другими способами переработки (компостирование, захоронение, биогазовые установки), наиболее выгодна в экономическом плане, так как после переработки получается вторсырье для производства продукции с высокой рыночной ценой и спросом, наиболее быстрая и безопасная для окружающей среды. Количество выбросов парниковых газов снижается на 85%, концентрация азота в массе отходов снижается на 62%, что уменьшает наносимый ущерб экологии [3].

Чтобы убедиться в выгоде использования технологии переработки ЧЛ, а также в выгоде от автоматизации данной технологии, необходимо рассмотреть аналоги среди технологий переработки органических веществ, в чем поможет приведенная ниже таблица 1.

Таблица 1 – Сравнение способов переработки органических веществ

Наименование	Плюс решения	Минус решения
Компостирование	– компост считается уникальным высокоэффективным сырьем, которое способно значительно повысить плодородность грунта; – минимальные затраты на переработку; – безопасный и гигиеничный метод утилизации органических отходов; – процессы обеззараживания субстрата проходят в естественных условиях, без применения активной химии [2].	– длительное время переработки (от 3 месяцев до 2 лет); – при искусственном ускорении процесса расщепления органики, себестоимость компоста возрастает; – требуется качественная сортировка исходных веществ; – необходимо соблюдать баланс веществ (на каждые 25% углеродного мусора приходился 1% азотных веществ); – нельзя перерабатывать все виды веществ (пораженные заболеваниями и т.д.) – обычно в компосте обнаруживается большее соотношение тяжелых металлов к общему объему, чем в изначальной субстанции [2].

Наименование	Плюс решения	Минус решения
Захоронение	– низкая стоимость проведения работ; – захоронение производится на специально отведённых под эту деятельность полигонах, что позволяет минимизировать влияние на окружающую среду.	– заем под полигоны территорий, выводимых из оборота на десятилетия; – риск самовозгорания захоронений, выброс в воздух в результате горения множества вредных веществ; – образование значительного количества тяжелых металлов и различных соединений, которые неизбежно попадают в грунтовые воды и отравляют их, что наносит непоправимый урон всей экосистеме; – транспортировка и хранение мусора с целью захоронению производства представляется более затратной и долгосрочной.
Переработка с помощью биогазовых установок	– простота конструкции и обслуживания, небольшая стоимость; – большой объём перерабатываемой биомассы, что позволяет собирать органические вещества с нескольких предприятий; – в отличии от других альтернативных источников энергии (гелиостанции и ветрогенераторы) могут работать при любой погоде [4].	– малое выделение биогаза; – долгая и неполная переработка органического субстрата; – содержание в переработанной биомассе вредоносной флоры; – значительные затраты на поддержание температурного режима (снижение температуры перерабатываемой биомассы на всего 2°С существенно снижает выход биогаза) [4].
Переработка с помощью ЧЛ	– ЧЛ прекрасно перерабатывает органические вещества широкого спектра; – одно поколение ЧЛ развивается около трёх недель. В течение этого срока ЧЛ увеличивает свою массу более чем в 1000 раз. В высушенной ЧЛ содержится ~ 60 % белка и 20 % жира. Из ЧЛ можно получить богатую белками кормовую добавку в большом количестве; – добавление муки из ЧЛ повышает конверсию кормов.	– ЧЛ активна только при высоких температурах. В условиях умеренного климата, характерного для территории европейской части России, может жить только в контролируемых условиях искусственного микроклимата. При попадании во внешнюю среду она погибает или уничтожается природными хищниками.

Из таблицы 1 можно сделать вывод о том, переработка органическим материалов с помощью ЧЛ экологически безопасным способом решает сразу две

глобальные проблемы: дефицита кормового белка и утилизации органических веществ, что в совокупности выгоднее, нежели использование других методов. Техника захоронения не оказывает дополнительного положительного влияния на экологию и экономику, в отличие от других техник. Техника компостирования не воспроизводит плодородие почв в масштабах страны, а наоборот, уменьшают его. Переработка органики в биогаз у нас в стране не получила большого распространения из-за нецелесообразности использования. Значительная часть биогазовых установок, из-за маленького объёма для перерабатываемого субстрата, даёт незначительный выход биогаза.

Технология переработки органики с помощью ЧЛ только начинает своё развитие, и конкуренция почти отсутствует, в ЕС только недавно начали принимать законы, позволяющие использование белка из насекомых, а в РФ только появляются пилотные производства с использованием подобной технологии.

Человеку довольно сложно поддерживать необходимые условия жизнедеятельности ЧЛ и управлять процессом переработки: в выростном помещении должны поддерживается заданные температура (25-35°C, влажность (45-75 %), а также необходимое значение воздухообмена (1500-3000 м3/ч, концентрации CO2 и концентрация аммиака NH3). Именно в этом заключается важность создания автоматизированной системы, которая позволит наглядно контролировать техпроцесс в режиме реального времени.

Актуальность дипломного проекта заключается в автоматизации новой для нашей страны технологии, которая основана на способности ЧЛ перерабатывать растительные органические материалы. Это дает возможность максимально эффективно использовать пищевую продукцию, возвращая в цепочку питания сельскохозяйственных животных и птиц необходимый кормовой белок, полученный из биомассы ЧЛ.

Именно поэтому в данной дипломной работе ставится цель – разработка прикладного программного обеспечения панели оператора в составе автоматизированной системы управления.

1.2 Постановка задачи

Автоматизированная система управления оборудованием помещения для переработки органических материалов с помощью ЧЛ, а именно изготавливаемый экземпляр, является опытным образцом, на базе которого проводится оценка рентабельности применения данного нового для нашей страны вида технологии, а также проводятся эксперименты с целью набора статистики по отдельным типам органических материалов с целью разработки уникальной рецептуры (параметров техпроцесса) для каждой из групп. Система реализуется на базе программируемого контроллера ПЛК210-02.CS, который был выбран по следующим критериям:

– российское производство;

– разумные сроки поставки, что важно для корректных сроков выполнения работы и запуска опытного образца в серию;

– современная среда разработки CodeSys 3.5;

– хорошая техподдержка со стороны производителя, а также множество информации в RuNet;

– большое количество бесплатных библиотек (готовых программных модулей) от производителя;

– наличие опыта работы с продукцией данного производителя;

– высокая производительность устройства, улучшенные технические характеристики и увеличенная надежность в сравнении с аналогами.

В рамках создания автоматизированной системы необходимо разработать прикладное программное обеспечение верхнего уровня для панели оператора HMI, а также разработать структурную и функциональную схемы автоматизации.

Программное обеспечение предназначено для реализации интерфейса человек-машина и должно выполнять следующие функции:

– отображение информации о ходе технологического процесса на панели оператора в виде графических мнемосхем;

– оперативное управление технологическим процессом с панели оператора;

– сбор данных;

– запись значений технологических величин для отображения их в виде графиков (тренды);

– отправка команд в систему управления технологическим процессом (в ПЛК, уставки);

– отображение состояния объектов/устройств текстом;

– регистрация аварийных событий;

– вывод на панель оператора аварийных и технологических сообщений.

2 Выбор инструментов разработки

Панель оператора HMI – это электронное устройство с дисплеем, предназначенное для отображения информации о состоянии технологического процесса и оперативного управления им, а также накопление и хранения данных по основным рабочим параметрам системы. Для программирования панели каждого производителя имеется своя среда разработки, поэтому выбирать среду разработки стоит, основываясь на выборе самой панели.

На сегодняшний день самыми востребованными бюджетными панелями оператора HMI, а также совместимыми с ПЛК210-02.CS, на базе которого реализуется система, являются:

– панели производителя Haiwell (среда разработки: Haiwell Cloud Scada);

– панели производителя Kinco (среды разработки: Kinco Hmiware и Kinco Dtools);

– панели производителя Weintek (среда разработки EasyBuilderPro).

Каждая панель и среда разработки обладают определенными характеристиками. О них подробно ниже.

– панели оператора HMI Haiwell – это сенсорные устройства, которые предназначены для отображения технологических параметров с различных промышленных устройств. Панели оператора Haiwell могут применяться в сложных системах АСУТП и обрабатывать большое количество информации с различных устройств, подключенных по 3-м коммуникационным портам [5].

Достоинства панелей и среды разработки:

– позволяют отображать технологические мнемосхемы из существующих графических блоков, текущие и архивные графики, различные таблицы;

– предоставляют возможность реализовать интеграцию с другими устройствами по протоколам сторонних производителей, а также по промышленным протоколам Modbus;

– поддерживают бесплатный облачный сервис HaiwellCloud для удаленного контроля и управления за панелью без статического IP адреса (данного сервиса

позволяет видеть экран панели оператора HMI из любой точки мира с любых устройств и выходом в интернет, т.е. возможно просматривать текущие параметры, журналы оператора и аварии, графики, таблицы, выставлять уставки и режимы работы оборудования);

– панели имеют встроенный Wi-Fi модуль для беспроводного подключения к сети Интернет (при окончании в артикуле панели -w);

– поддерживают возможность разграничения прав доступа;

– поддерживают чтение PDF файлов;

– создают журналы событий и аварий;

– поддерживают архивирование данных на SD карту или USB Flash [5].

Существенным недостатком данных панелей и среды их программирования является отсутствие русского языка (присутствуют только китайский и английский языки).

– панели оператора HMI Kinco – это электронные устройства с сенсорными дисплеями, которые обеспечивают визуальный контроль и управление за технологическими процессами. Их возможно с легкостью интегрировать в различные по сложности системы АСУТП [5].

Сильные стороны панелей и сред разработки:

– поддерживают подключения различных устройств по промышленным протоколам Modbus и внутренним протоколам известных производителей;

– предоставляют возможность архивирования данных на USB;

– поддерживают различные уровни защиты программы;

– позволяют отображать технологические мнемосхемы из существующих графических блоков, текущие и архивные графики, различные таблицы;

– предоставляют возможность разграничения прав доступа;

– создают журналы событий и аварий [5].

Недостатком данных панелей является низкая надежность эксплуатации и высокий показатель брака.

– панели оператора HMI Weintek – это самые популярные сенсорные устройства в РФ, предназначенные для визуализации и управления за технологическими параметрами [5].

Преимущества панелей и среды разработки:

– панели оператора могут интегрироваться с другими устройствами (ПЛК, датчиками и т.п.) через встроенные коммуникационные порты;

– поддерживают подключения различных устройств по промышленным протоколам Modbus и внутренним протоколам известных производителей;

– предоставляют возможность отображать технологические мнемосхемы из существующих графических блоков, текущие и архивные графики, различные таблицы;

– предоставляют возможность разработки собственных графических блоков;

– предоставляют возможность архивирования данных как во внутреннюю память, так и на USB Flash;

– предоставляют возможность заполнения областей памяти с внешних носителей (создание рецептов) для оперативного внесения изменений в настройки техпроцесса;

– предоставляют возможность создания списка переменных во внешних редакторах (Microsoft Excel) с последующим импортом в среду разработки;

– предоставляют возможность разграничения прав доступа;

– поддерживают создание различных скриптов (макрокоманд) на языках программирования высокого уровня;

– создают журналы событий и аварий.

Недостатком данных панелей можно назвать более высокую стоимость среди аналогов.

Для удобства анализа приведенные выше данные сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Основные возможности панелей и сред разработки

	HAIWELL (среда разработки: Haiwell Cloud Scada)	KINCO (среды разработки: Kinco Hmiware и Kinco Dtools)	WEINTEK (среда разработки EasyBuilder Pro)
Создание журналов событий и аварий	+	+	+
Разграничение прав доступа	+	+	+
Архивирование данных	+	+	+
Отображение тех. мнемосхем, текущих и архивных графиков, различных таблиц	+	+	+
Интеграция с другими устройствами по протоколам сторонних производителей, а также по общепромышленным протоколам Modbus	+	+	+
Встроенный Wi-Fi модуль	+	-	-
Надежность	Высокая	Низкая	высокая
Поддержка русского языка	Отсутствует	присутствует частично	присутствует
Стоимость	Средняя	Средняя	высокая

Анализируя характеристики промышленных панелей оператора HMI, можно сделать вывод о том, что в большинстве случаев они выполняют одни и те же функции, только у них разная среда разработки и отличается визуализация технологических процессов.

Для реализации автоматизированной системы было принято решение воспользоваться панелью MT8102iP производителя Weintek, так как данный производитель наиболее популярен в РФ за счет своей надежности, в отличие от Kinco, панель и среда разработки русифицированы, в отличие от Haiwell, а также у панелей Weintek более мощный процессор, благодаря которому не происходит зависания интерфейса при смене рабочей области. Выбор конкретной модели (MT8102iP) панели оператора был обусловлен ее стоимостью, набором характеристик и скоростью поставки. Как следствие для программирования панели будет использована среда разработки EasyBuilderPro.

3 Архитектура ППО

3.1 Разработка схем автоматизации

3.1.1 Описание техпроцесса

В изотермический контейнер загружаются 18 паллет с субстратом. Для каждой паллеты предусмотрен перемещаемый в определенных пределах датчик температуры. Внутри контейнера размещены 12 датчиков температуры и влажности, а также приборы газоаналитики (датчик концентрации CO2 и датчик концентрации аммиака NH3). Данные датчики используются в техпроцессе переработки субстрата в контейнерах. Датчики температуры субстрата в количестве 18 штук, по 9 штук установлены с каждой стороны контейнера.

В контейнере, с помощью установленного оборудования, поддерживаются задаваемые температура, влажность, а также необходимое значение воздухообмена.

Воздух с улицы через электромагнитный клапан фильтр приточного воздуха поступает на приточный вентилятор (электродвигатель приточной установки), и с помощью фреонового охладителя охлаждается до нужной температуры (при необходимости). Датчик перепада давления (обмерзания) обеспечивает контроль замораживания каналов охладителя. Затем воздух подается на секционный нагреватель (3-х ступенчатый) и в увлажнитель (увлажнитель повышает влажность приточного воздуха, если это необходимо), после чего уже влажный воздух подогревается регулируемым нагревателем до требуемой температуры и поступает в контейнер с субстратом. В увлажнитель воздух попадает из резервуара с водой.

Воздух из контейнера выводится с помощью вытяжного вентилятора (электродвигателя вытяжной установки), через электромагнитный клапан на улицу. В технологическом процессе может одновременно использоваться и нагреватель, установленный после увлажнителя, и охладитель. Они обеспечивают оптимальный тепловлажностный режим установки.

Панель управления позволяет следить за техпроцессом в режиме реального времени, просматривать архивные данные, вносить коррективы в работу системы.

Электропитание системы осуществляется от промышленной сети 400 В 50Гц. Для обеспечения электропитанием слаботочного оборудования в шкафу управления установлен AC/DC преобразователь EDR-120-24 MW 24V 5A 120W.

3.1.2 Разработка структурной схемы автоматизации

«1.3. Структурная схема — схема, определяющая основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи. Структурные схемы разрабатывают при проектировании изделий (установок) на стадиях, предшествующих разработке схем других типов, и пользуются ими для общего ознакомления с изделием (установкой).» [6], т.е. построение схемы должно давать наглядное представление о последовательности взаимодействия функциональных частей в изделии. Направление хода процессов, происходящих в изделии, обозначают стрелками на линиях взаимосвязи.

Схемы автоматизации разъясняют определенные процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия или в изделии в целом. Этими схемами пользуются для изучения принципов работы изделия, а также при их наладке, контроле, ремонте.

Схемы автоматизации являются основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации.

Для корректного составления структурной схемы автоматизации выростного помещения для переработки органических материалов с помощью ЧЛ необходимо определить перечень оборудования, входящего в систему, и последовательность выполняемых действий, основываясь на описании техпроцесса.

Структурная схема автоматизации представлена в приложении А.

3.1.2.1 Перечень и назначение оборудования, входящего в систему

В состав автоматизированной системы включены следующие компоненты:

– ШУ – основной элемент системы, в котором сосредоточена коммутация силовых цепей, цепей управления и индикации. В шкафу управления размещены:

1) панель управления, предназначенная для визуализации показаний датчиков и состояния оборудования, ручного управления оборудованием, ведения журналов событий и аварий, а также загрузки технологических карт;

2) ПЛК (программируемый логический контроллер), предназначенный для управления оборудованием системы с целью выполнения технологического процесса;

3) модули ввода-вывода, предназначенные для приема и передачи сигналов управления на исполнительные механизмы или устройства коммутации и для получения сигналов о состоянии оборудования и показаний датчиков;

4) преобразователи частоты, предназначенные для управления производительностью вентиляторов приточной и вытяжной систем для регулирования интенсивности воздухообмена;

5) полупроводниковый регулятор мощности нагрева, предназначенный для управления мощностью нагревательного элемента в воздушном канале;

6) другое коммутационное оборудование – электромеханические и твердотельные реле, силовые контакторы, предназначенные для коммутации силовых цепей и цепей управления;

– увлажнитель воздуха с собственным шкафом управления (поставляется комплектно) располагается в воздушном канале и при необходимости увлажняет воздух, предварительно подогретый до 20℃. Электропитание осуществляется с ШУ напряжением 230В 50Гц, управление производится по цифровому интерфейсу RS-485;

– подъемная помпа служит для наполнения резервуара с водой, установленного как промежуточный для работы увлажнителя, имеющего

маломощный насос. Электродвигатель помпы запитывается напряжением 230В 50Гц с ШУ может быть включен только вручную с панели управления оператора;

– резервуар с водой установлен внутри помещения и предназначен для работы увлажнителя;

– электродвигатель вытяжной установки располагается в вытяжном воздушном канале и предназначен для удаления воздуха из обслуживаемого помещения. Интенсивность воздухообмена (производительность вентилятора) задаётся частотным преобразователем, установленным в ШУ.

– частотный преобразовать управляется аналоговым сигналом 4-20мА с ПЛК;

– электромеханический клапан вытяжной установки открывает/закрывает вытяжной воздушный канал. Электродвигатель клапана запитывается и управляется напряжением 230В 50Гц с ШУ. Клапан не имеет обратной связи по своему положению, вся защитная коммутация расположена на клапане;

– регулируемый нагреватель установлен в воздушном канале и предназначен для подогрева воздуха, подаваемого непосредственно в обслуживаемое помещение. Мощность нагревателя задается полупроводниковым регулятором мощности нагрева, установленным в ШУ. Нагреватель имеет обратную связь с системой управления в виде сигнала об аварии. Полупроводниковый регулятор мощности нагрева управляется аналоговым сигналом 4-20мА с ПЛК;

– датчик температуры в потоке установлен на выходе из воздушного канала и предназначен для контроля температуры подаваемого в обслуживаемое помещение воздуха. Датчик представляет собой термометр сопротивления типа Pt1000;

– секционный нагреватель установлен в воздушном канале и предназначен для подогрева воздуха, забираемого с улицы. Используется для предотвращения обмерзания испарителя фреонового охладителя в зимний период. Количество включенных секций (мощность) выбирается по сигналам с ПЛК и определяется в основном интенсивностью воздухообмена. Нагреватель имеет обратную связь с

системой управления в виде сигнала об аварии. Электропитание осуществляется с ШУ напряжением 400В 50Гц;

– фреоновый охладитель с датчиком обмерзания испарителя и компрессорно-конденсатным блоком, установленным вне помещения. Испаритель охладителя установлен в воздушном канале и предназначен для охлаждения и осушения подаваемого с улицы воздуха. Охладитель оснащен датчиком контроля обмерзания, реализованного на принципе измерения дифференциального давления. Охладитель управляется сигналом вкл./выкл. С ШУ и имеет обратную связь с системой управления в виде сигнала об аварии. Электропитание осуществляется с ШУ напряжением 400В 50Гц;

– перемещаемые датчики-преобразователи температуры предназначены для измерения температуры внутри субстрата в контейнерах (индивидуально для каждого контейнера). Показания датчиков определяют этап техпроцесса переработки, также выявить отклонения от нормального его протекания. Датчики представляют собой термометры сопротивления типа Pt1000;

– стационарные датчики температуры и влажности установлены по периметру обслуживаемого помещения и предназначены для контроля за микроклиматом, определенным условиями техпроцесса, на каждом его этапе. Показания датчиков считываются в систему посредством цифрового интерфейса RS-485. Электропитание осуществляется с ШУ напряжением 24В постоянного тока;

– приборы газоаналитики (датчики концентрации углекислого газа и аммиака) установлены внутри обслуживаемого помещения на расстоянии 1.5м от пола и предназначены для измерения концентрации выше указанных газов. Превышение предельны уровней концентрации интерпретируется системой как аварийная ситуация, требующая вмешательства оператора. Показания датчиков считываются в систему посредством цифрового интерфейса RS-485. Электропитание осуществляется с ШУ напряжением 24В постоянного тока;

– электродвигатель приточной установки располагается в приточном воздушном канале предназначен для подачи воздуха с улицы. Интенсивность воздухообмена (производительность вентилятора) задаётся частотным преобразователем, установленным в ШУ. Частотный преобразовать управляется аналоговым сигналом 4-20мА с ПЛК;

– фильтр приточного воздуха с датчиком засорения установлен в воздушном канале и предназначен для удаления из подаваемого воздуха примесей, которые могут повлиять на работоспособность оборудования. Пропускная способность фильтра контролируется датчиком засорения, работающим на принципе измерения дифференциального давления;

– электромеханический клапан приточной установки открывает/закрывает приточный воздушный канал. Электродвигатель клапана запитывается и управляется напряжением 230В 50Гц с ШУ. Клапан не имеет обратной связи по своему положению, вся защитная коммутация расположена на клапане;

– датчик-преобразователь наружной температуры установлен на наружной стене обслуживаемого помещения и предназначен для измерения температуры забираемого с улицы воздуха. Датчик представляет собой термометр сопротивления типа Pt1000.

3.1.3 Разработка функциональной схемы автоматизации

Правила построения функциональной схемы автоматизации дает система проектной документации, которая в свою очередь ссылается на ЕСКД. Для построения использовался ГОСТ 21.208 – 2013 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» и ГОСТ 21.408 – 93 «Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов».

Функциональная схема автоматизации предназначена для отображения основных технических решений, принимаемых при проектировании систем автоматизации технологических процессов.

На функциональной схеме автоматизации изображаются системы автоматического контроля, регулирование, дистанционного управления, сигнализации, защиты и блокировок.

Функциональная схема по сравнению со структурной более подробно раскрывает функции отдельных элементов и устройств.

При разработке функциональной схемы автоматизации технологического процесса необходимо ориентироваться на перечень и назначение оборудования, представленный в пункте 3.1.2.1, а также на взаимодействие оборудования в системе. Функциональная схема отражает:

– получение первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования. Информация о состоянии технологического процесса и состоянии оборудования системы поступает от:

1) датчиков температуры и влажности, предназначенных для контроля микроклимата внутри помещения. Датчики, в количестве 12 шт. установлены по периметру помещения и используют для обмена информации с системой цифровой интерфейс RS-485;

2) перемещаемых датчиков-преобразователей температуры, в количестве 18 шт., предназначенных для контроля температуры внутри паллет с субстратом. Показания датчиков позволяют системе определить этап выполнения технологической схемы, либо отклонения от её определений. Датчики имеют возможность ограниченного перемещения для расположения их внутри субстрата;

3) приборов газоаналитики (датчики концентрации углекислого газа и аммиака), предназначенных для измерения концентраций этих газов в воздухе, в процентах от общего объёма. Показания датчиков позволяют системе определить отклонения от требований технологического процесса, которые в большинстве случаев требуют вмешательства оператора. Датчики для обмена информацией с системой используют цифровой интерфейс RS-485;

4) датчика преобразователя температуры наружного воздуха и датчика преобразователя температуры воздуха на входе в помещение, предназначенных для внесения корректировок в работу оборудования управления микроклиматом;

5) оборудования, установленного в системе, состояние которого контролируется с помощью соответствующих сигналов (работа/останов/авария). Работоспособность оборудования, не имеющего обратной связи с системой (например, электромеханические клапаны), контролируется по косвенным признакам;

– непосредственное воздействие на технологический процесс для управления им и стабилизации технологических параметров. Программное обеспечение, разработанное для ПЛК Овен 210, позволяет опираясь на показания датчиков, управлять установленным оборудованием, таким образом, чтобы соблюсти все параметры технологической схемы. Программное обеспечение ПЛК, допускает вмешательство оператора, для ручного управления оборудованием, на каждом из этапов технологического процесса. Ручное управление реализовано средствами прикладного программного обеспечения сенсорной панели управления;

– контроль и регистрацию технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования. Это в системе управления решается с помощью прикладного программного обеспечения сенсорной панели управления, которое с помощью экранных форм и мнемосхем обеспечивает:

1) отображение информации о ходе технологического процесса на панели оператора в виде графических мнемосхем;

2) оперативное управление технологическим процессом с панели оператора;

3) сбор данных;

4) запись значений технологических величин для отображения их в виде графиков (тренды);

5) отправку команд в систему управления технологическим процессом (в ПЛК, уставки);

6) отображение состояния объектов/устройств текстом;

7) регистрацию аварийных событий (выход параметров за пределы, отказы оборудования);

8) вывод на панель оператора аварийных и технологических сообщений.

Функциональная схема автоматизации представлена в приложении Б.

3.2 Разработка UML-диаграмм

На разработанной диаграмме вариантов использования показано, какой функционал разрабатываемого ППО доступен пользователю (оператору панели). Данная диаграмма представлена на рисунке 1 и в приложении В.

Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

На разработанных диаграммах деятельности более детально визуализированы конкретные случаи использования, описанные на диаграмме использования. Диаграммы деятельности представлены в приложении В.

4 Разработка прикладного программного обеспечения панели оператора

На основание данных, представленных в предыдущих разделах, а именно описание техпроцесса, структурной схеме, возможностям контроля параметров и управления оборудованием, показанных на схеме функциональной, UML-диаграммам, отображающим функционал разрабатываемого ППО, также руководствуясь основными требованиями и пожеланиями заказчика было разработано программное обеспечение панели оператора (прикладное программное обеспечение).

Прикладное программное обеспечение выростного помещения и переработки органических отходов с помощью биомассы насекомых «Черная Львинка», функционирует в режиме диалога с пользователем. Вся необходимая информация, характеризующая состояние автоматизируемого технологического процесса, выводится на панель оператора. Пользователь, в свою очередь, имеет возможность оказывать управляющее воздействие, используя панель оператора. Интерфейс пользователя рабочего места оператора описан в разделе «Список экранных форм интерфейса пользователя».

Экранные формы и компоненты, расположенные на них, создаются и настраиваются в среде EasyBuilderPro довольно похоже друг на друга. Рассмотрим создание и настройку окна «Кондиционер», графическое представление которого представлено на рисунке 10, функционал данного окна описан в пункте 4.1.5.

Для создания окна необходимо воспользоваться деревом окон (рисунок 2). Здесь необходимо создать новое окно, настроив его базовые параметры (название, цвет, размер и др.), представленные на рисунке 3.

После того, как окно было создано, на него следует поместить компоненты, необходимые для управления прибором и отслеживания его состояния. В окно кондиционера необходимо поместить несколько переключателей, а именно «вкл/откл», «блок Ав.откл/разр.», «местный/авто». Эти переключатели представлены как готовый компонент в среде разработки, поэтому необходимо

найти объект переключатель (рисунок 4) и добавить его на окно, а затем настроить его атрибуты.

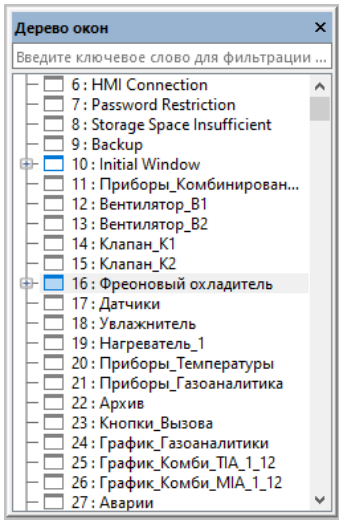


Рисунок 2 – Дерево окон

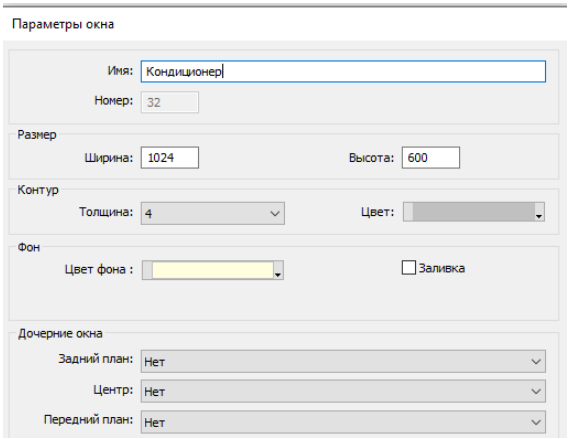


Рисунок 3 – Параметры создаваемого окна

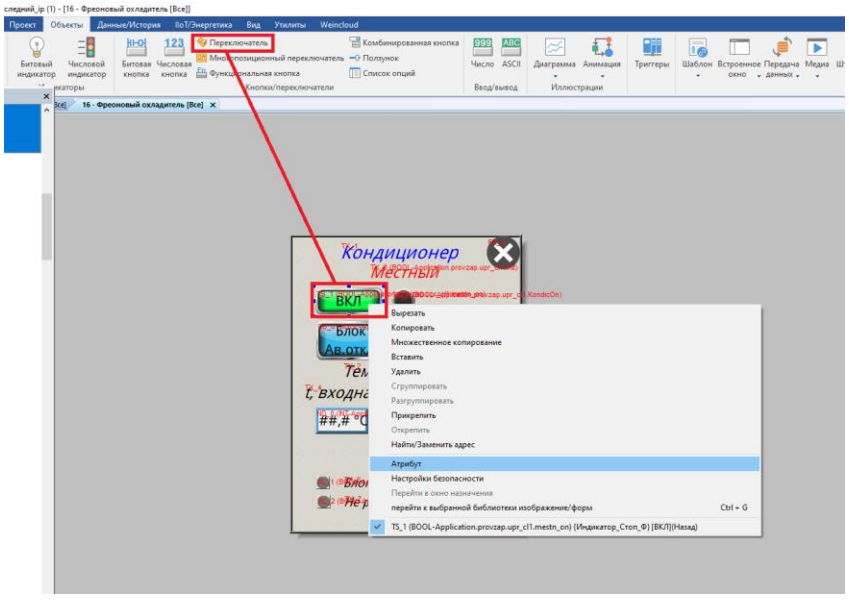


Рисунок 4 – Создание битового переключателя

В атрибутах битового переключателя необходимо:

– выбрать, является ли объект переключателем или же используется как индикатор;

– выбрать, с какого устройства берется информация (информация может браться локально с самой панели или же, как в данном случае, с контроллера, о чем свидетельствует надпись CodeSys V3);

– привязать данные, поступившие с контроллера, к объекту, находящемуся на панели. Дерево данных с контроллера появляется автоматически в панели после привязки панели к контроллеру (рисунок 5);

– выбрать с помощью библиотек объектов, как будет отображаться переключатель в состояниях нажатия и не нажатия (рисунок 6);

– настроить безопасность объекта при необходимости (рисунок 7): настроить класс безопасности (если класс безопасности установлен, то для доступа к объекту будет потребован пароль), привязать к другому объекту, и др.

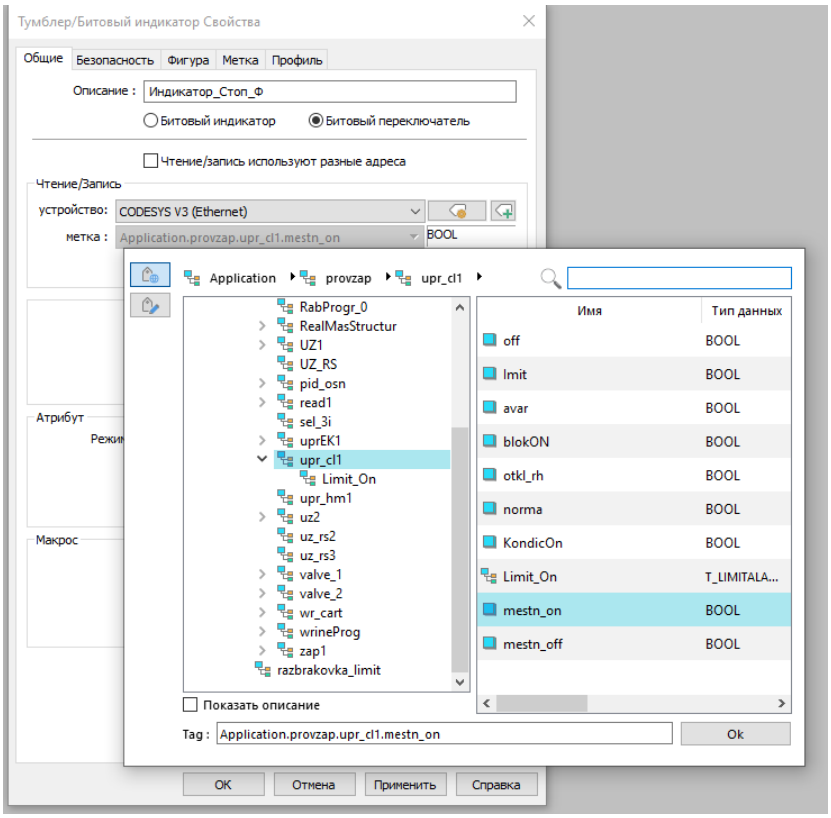


Рисунок 5 – Настройка общих свойств

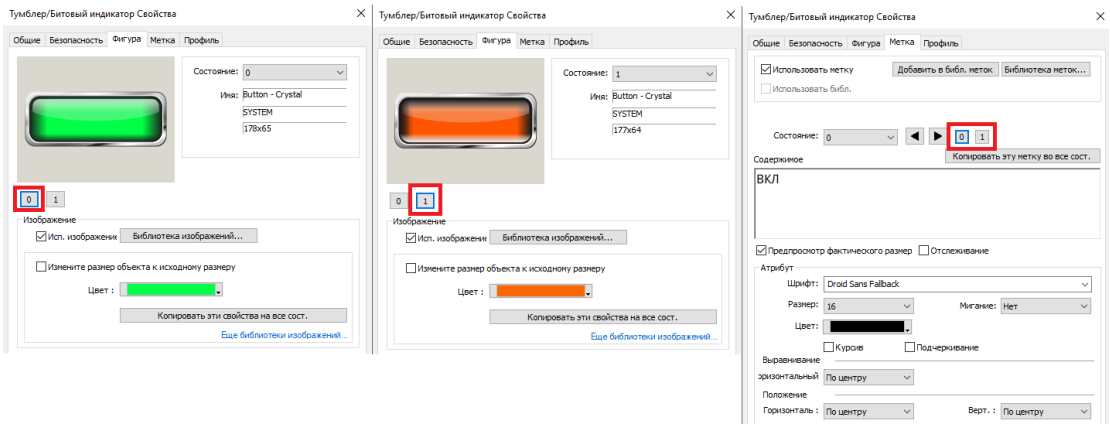


Рисунок 6 – Настройка внешнего вида

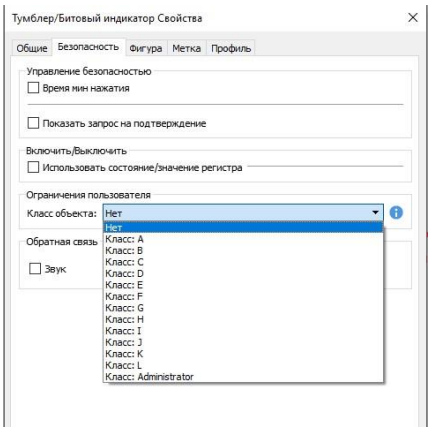


Рисунок 7 – Настройка безопасности

На рисунке 8 приведен переключатель, но в режиме битового индикатора. Он также привязывается к переменной с контроллера и в одном из выбранных режимов сообщает оператору о состоянии чего-либо (в данном случае о состоянии устройства). Настройка внешнего вида происходит аналогично с рисунком 6.

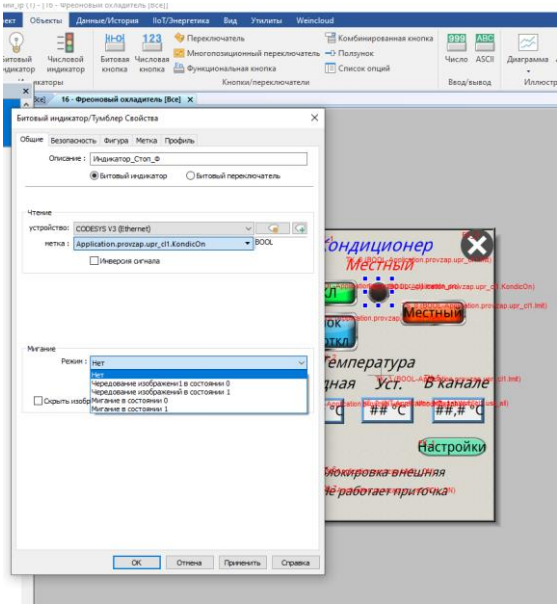


Рисунок 8– Настройка битового индикатора

Также в окно кондиционера необходимо добавить текст. Текст исполняет пояснительную функцию. При необходимости текст можно связать с переменной, например, если нужно, чтобы он появлялся вследствие определенных событий. В окне кондиционера присутствует несколько текстов, одни из которых просто информируют оператора, например надпись «Кондиционер», а другие появляются при переходе в местный режим, то есть при нажатии переключателя «местный/авто». Текст «Местный» привязан к переключателю и, в зависимости от состояния бита этого переключателя, он визуализируется или же наоборот (рисунок 9).

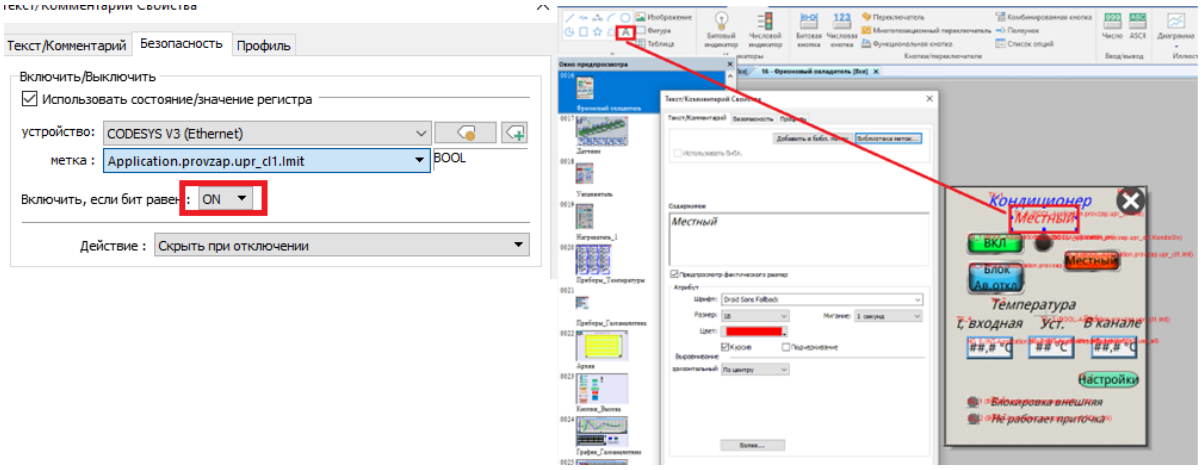


Рисунок 9 – Настройка текста

Для визуализации данных на окно кондиционера необходимо добавить объект «Число» и настроить его, а именно указать формат данных, формат отображения и пределы для этих данных. Также объект необходимо связать с переменной с контроллера для считывания информации (рисунок 10). Дополнительно можно разрешить оператору самостоятельно вводить данные в объект, для этого нужно поставить соответствующую галочку и указать переменную, в которую будет производиться запись. При этом необходимо связать несколько окон, а именно привязать окно клавиатуры к окну кондиционера. Для этого необходимо в свойстве «Ввод данных» найти нужное окно и выбрать его, тем самым привязав (рисунок 11).

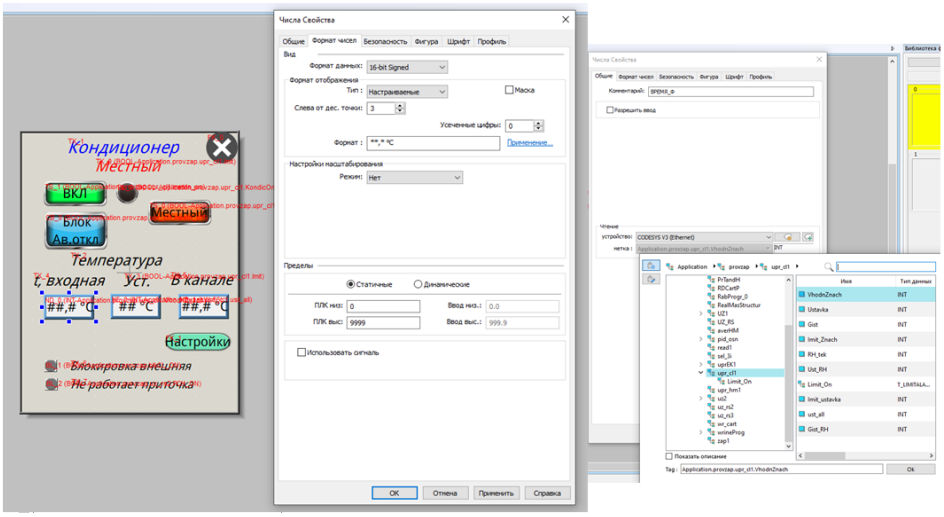


Рисунок 10 – Настройка объекта «Число» без разрешения на запись

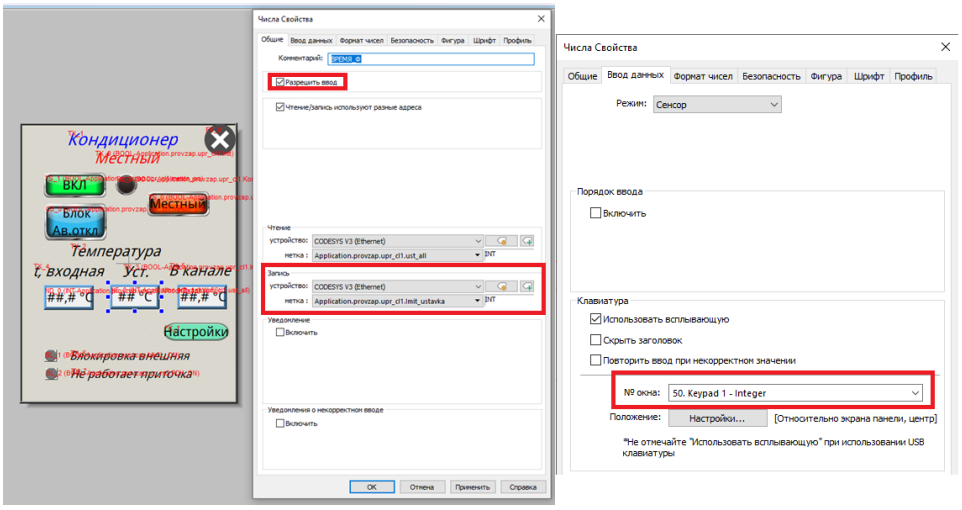


Рисунок 11 – Настройка объекта «Число» с разрешением на запись

На рисунке 12 показано, что объект число аналогично тексту «Местный» привязан к битовому переключателю. Из этого следует, что объект появляется в окне только тогда, когда переключатель «местный/авто» нажат (бит равен ON).

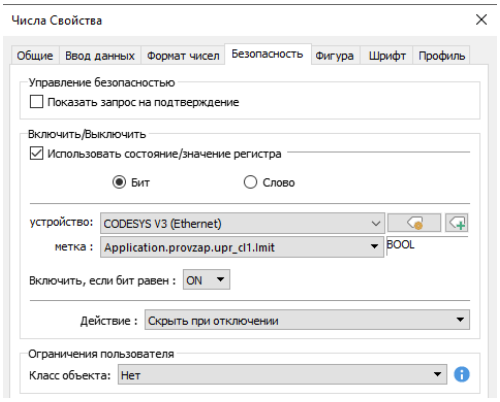


Рисунок 12 – Привязка объекта «Число» к битовому переключателю «Местный»

Помимо этого, из окна кондиционера можно вызвать окно его настроек. Для того, чтобы это сделать, нужно создать окно (рисунки 2–3) настроек, в окно кондиционера добавить объект «Функциональная клавиша». В свойствах этой клавиши выбрать пункт «Показывать всплывающее окно» и выбрать нужное окно. Таким образом при нажатии на клавишу будет происходить вызов другого окна (рисунок 13).

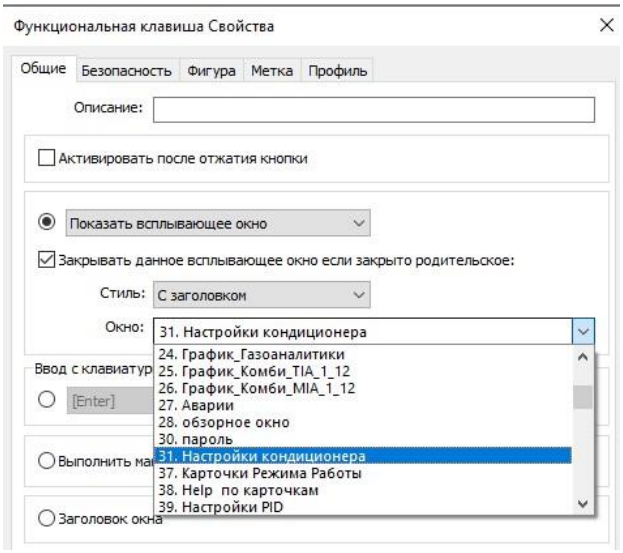


Рисунок 13 – Привязка окна настроек

Другие окна проекта (окна управления приборами, главный экран и т.д.) в основном содержат в себе такие же объекты, что и рассмотренное выше окно «Кондиционер», с похожими настройками и связями друг с другом, по этому их создание и настраивание не описаны так подробно, а функционал представлен в пункте 4.1.

Также в проекте присутствуют окна графиков, содержащие объекты иного типа.

Объект «График выборки» добавляется на форму и настраивается как показано на рисунках 14 – 16. Для того, чтобы настроить график, необходимо подключить к нему ранее созданную выборку данных (рисунок 16), настроить оси (в данном случае на оси X показано время, на оси Y – данные с датчиков, которые с помощью макроса, приведенного в приложении Г, берутся из контроллера и

размещаются в памяти панели, что необходимо для корректной работы графика), настроить внешний вид графика.

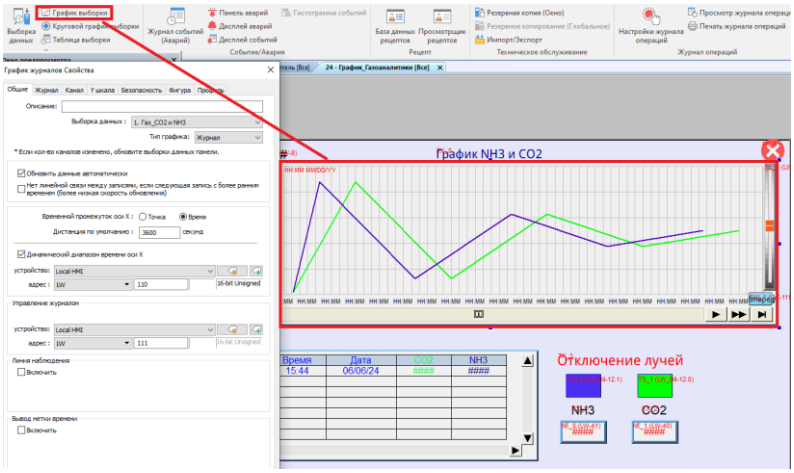


Рисунок 14 – Настройка общих свойств графика

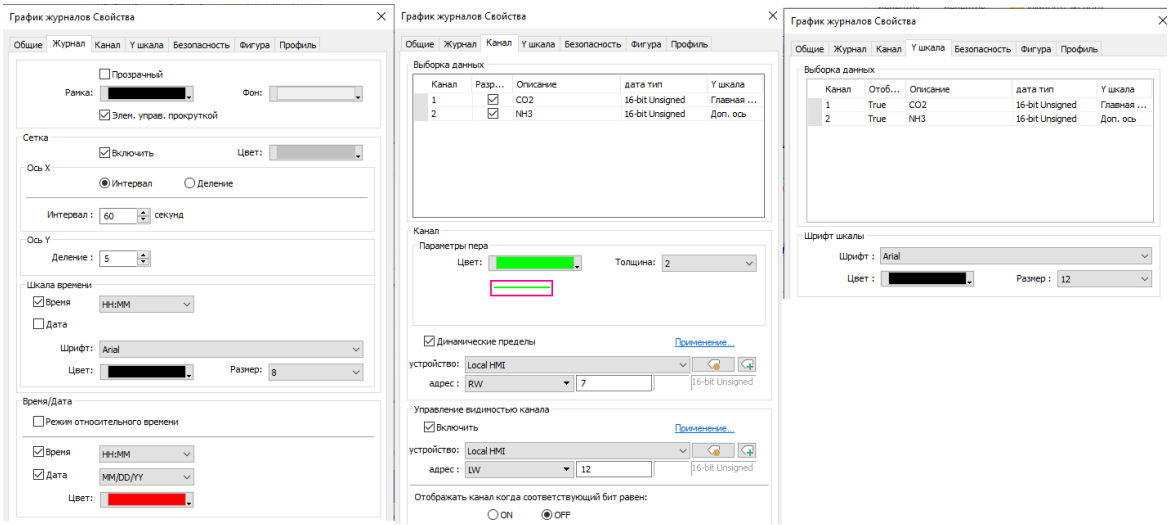


Рисунок 15 – Дополнительная настройка графиков

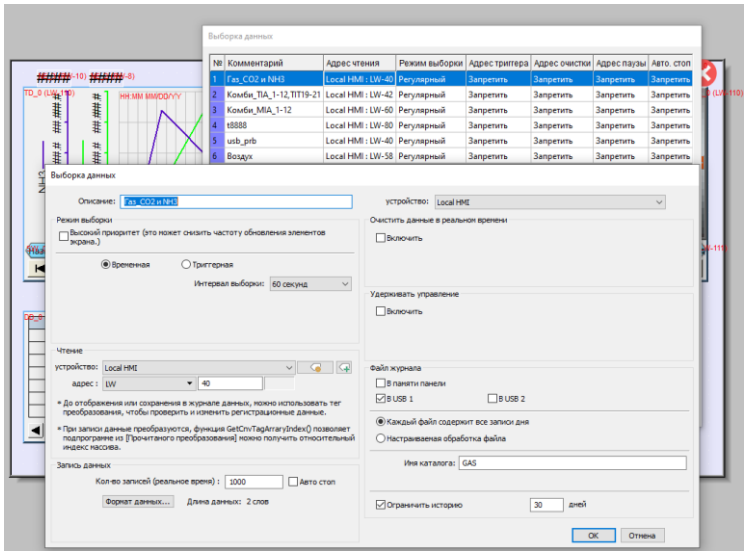


Рисунок 16 – Выборка данных

Помимо самих графического представления информации в окнах графиков присутствуют объекты, которые отображают те же данные в виде таблицы (рисунок 17). Для настройки этих объектов также необходимо указать выборку данных и формат их отображения.

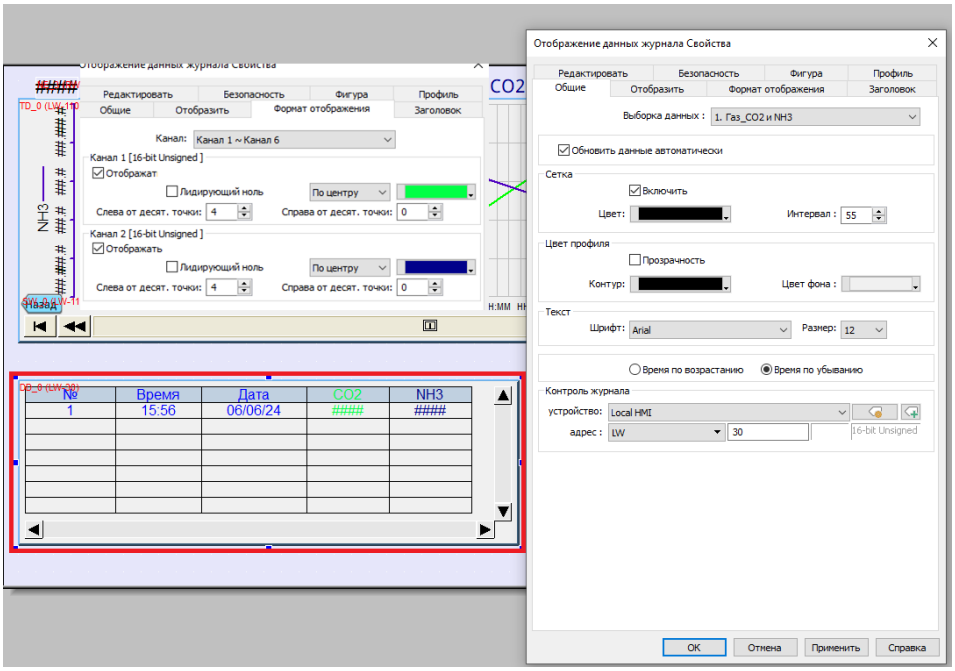


Рисунок 17 – Отображение данных журнала

4.1 Список экранных форм интерфейса пользователя

4.1.1 Дискретные датчики

Дискретные датчики на мнемосхемах служат для предоставления информации о конечном положении оборудования или о состоянии включено/выключено. Датчик Ф1 указывает на то, что забит фильтр вентиляции. Датчик Ф2 – что обмерз испаритель кондиционера. При переходе оборудования в рабочее (активное) состояние датчик подсвечивается зеленым цветом или красным (рисунок 18). Неактивное состояние оборудования отображается серым цветом (рисунок 19).

Рисунок 18 – Активное состояние дискретного датчика

Рисунок 19 – Неактивное состояние дискретного датчика

4.1.2 Вытяжной и приточный вентиляторы

Схематичное изображение приточного вентилятора показано на рисунке 20. Вытяжной вентилятор аналогичен вентилятору приточному.

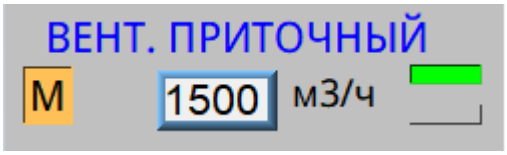


Рисунок 20 – Приточный вентилятор

В поле вентилятора отображается скорость вращения (пересчитанная на объем воздуха), с которой он работает, а также индикация режима работы – местный или автоматический (буква «А» означает автоматический режим работы, «М» – местный), справа от поля отображения объёма воздуха показана индикация состояния устройства: зеленый – в работе, серый – остановлен. Ниже показана индикация об аварии: красный цвет – аварийное состояние, серый – отсутствии ее.

При нажатии на надпись под схематичным обозначением вентилятора (рисунок 20) открывается окно управления им (рисунок 21).

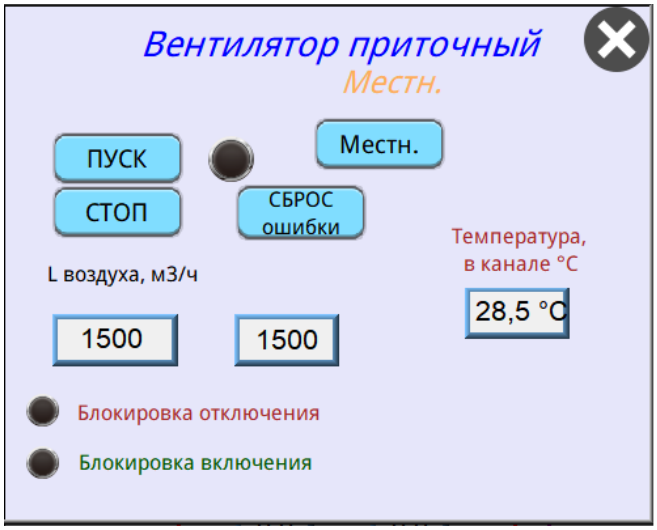


Рисунок 21 – Управление вентилятором

В данном окне отражаются кнопки управления «пуск», «стоп», «местный» (режим работы, при переключении меняется на «автоматический»), «сброс ошибки», а также индикация работы.

Данное устройство оснащено частотным преобразователем, с помощью которого осуществляется регулировка мощности работы вентилятора в зависимости от изменения показаний регулируемой величины (объем подачи воздуха).

Показана текущая температура в данный момент времени. Регулировка производительности вентилятора возможна в местном режиме работы. Кнопки «пуск» и «стоп» запускают и останавливают вентилятор в местном режиме управления, кнопка «сброс ошибки» служит для сброса аварии частотного преобразователя, подключенного к вентилятору.

При возникновении аварии отображается слово «Авария» в поле управления вентилятором. При возникновении блокировки в работе вентилятора появляется уведомление о ней. Блокировки отображаются на основной вкладке управления устройством. Блокировки, подписанные зеленым шрифтом – это блокировки включения, т.е. при их появлении вентилятор запускается в работу, блокировки, подписанные коричневым шрифтом – это блокировки выключения, т.е. при их появлении устройство останавливается.

4.1.3 Клапана системы вентиляции

Схематичное изображение клапана показано на рисунке 22. Клапан – К2 (клапан вытяжной установки), аналогичен описанному ниже клапану К1 (клапану приточной установки).

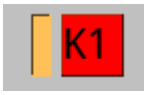


Рисунок 22 – Клапан

Если клапан отмечен красным цветом, то он закрыт, если зеленым – открыт. Слева от «К1» и справа от «К2» соответственно прямоугольник обозначает режим работы устройства: серый – автоматический, оранжевый – местный.

При нажатии на надпись рядом со схематичным обозначением клапана (рисунок 22) открывается окно управления им (рисунок 23).

Рисунок 23 – Управление клапаном

В данном окне отражаются кнопки управления «открыть», «закрыть», «местный» (режим работы, при переключении меняется на «автоматический»). Кнопки «открыть» и «закрыть» запускают процесс открытия или закрытия клапан, работающего в местном режиме. При возникновении блокировки в работе клапан появляется уведомление о ней. Блокировки обозначаются на основной вкладке управления клапаном. Блокировки, подписанные зеленым шрифтом – это блокировки открытия, т.е. при их появлении клапан открывается, блокировки, подписанные коричневым шрифтом – это блокировки закрытия, т.е. при их появлении клапан закрывается.

4.1.4 Аналоговые датчики

Аналоговые датчики, показанные на мнемосхемах, служат для предоставления информации о количественном изменении измеряемой величины (рисунок 24).

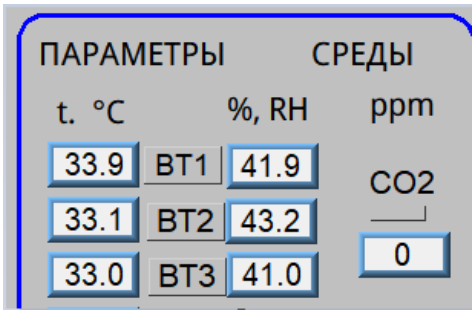


Рисунок 24 – Активное состояние аналоговых датчиков

Цифровое обозначение показывает количественное значение отображаемой величины, на комбинированных датчиках, которые показывают и температуру, и влажность, реализована возможность вывода индикации ошибки прибора «ВТ», если «ВТ» в красном цвете, то прибор неисправен, а в сером – в рабочем состоянии. Формат отображения – «ВТ N», где N - номер позиции прибора.

4.1.5 Фреоновый охладитель (кондиционер)

Схематичное изображение кондиционера показано на рисунке 25.

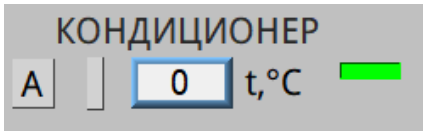


Рисунок 25 – Кондиционер

В поле кондиционера отображается температура, с которой он работает, а также индикация режима работы – местный или автоматический (слева от поля отображения температуры – буква «А» – автоматический режим работы, «М» – местный), справа от поля отображения температуры индикация работы устройства: зеленый – в работе, серый – остановлен. Индикация блокировки (слева от поля отображения температуры): серый цвет – отсутствует, красный – наличие блокировки.

При нажатии на надпись рядом со схематичным обозначением кондиционера (рисунок 25) открывается окно управления им (рисунок 26).

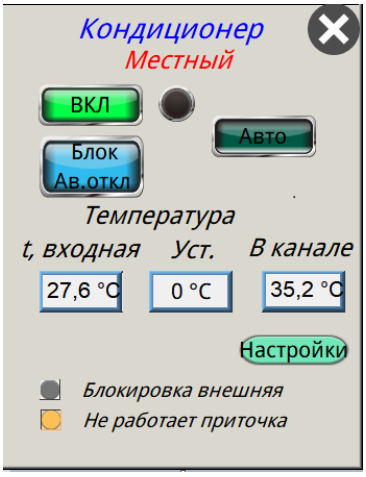


Рисунок 26 – Управление кондиционером

В данном окне отражаются кнопки управления «вкл/откл», «блок Ав.откл/разр.», «местный/авто» (через / указана надпись на кнопке при смене режима, при нажатии на кнопку устанавливается именно тот режим, который на ней индицируется, например, если на кнопке надпись «авто», то при нажатии на нее устройство переходит в автоматический режим и надпись меняется на «мест.»). Кнопка «вкл/откл» служит для запуска/останова компрессора охладителя в местном режиме управления, кнопка «местный/авто» переключает режимы управления с местного на автоматический и наоборот, кнопка «блок Ав.откл/разр.» запрещает/разрешает выключение кондиционера, запущенного в местном (ручном) режиме по достижению заданных параметров.

Задается поддерживаемая температура, а также отображается температура входная и в канале. Отображается состояние устройства: зеленый цвет – в работе, черный – остановлен. Имеется индикация местного режима управления и индикация блокировок: внешняя (блокировка на запрет работы устройства полученная от внешних устройств) и не работает приточка – предупреждение о том, что воздух на вход не поступает (нет притока воздуха). Кнопка «Настройки» служит для вызова окна (рисунок 27) настроек охладителя.

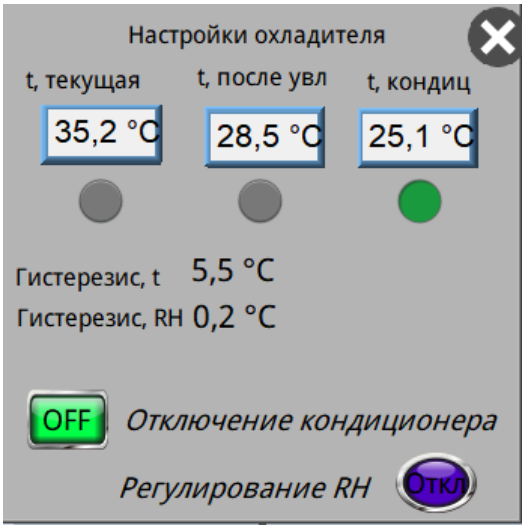


Рисунок 27 – Настройки охладителя

В данном окне можно задавать гистерезис температуры и влажности. Кнопками выбора рабочего параметра выбирается параметр, контролируемый при

работе охладителя, на индикаторах показываются текущие значения параметров. Кнопка «Отключение» (OFF/ON) – выключение охладителя из работы по поддержанию заданной температуры, кнопка «Отключение RH» (OFF/ON) – выключение охладителя из работы по поддержанию влажности.

4.1.6 Увлажнитель

Схематичное изображение увлажнителя показано на рисунке 28.

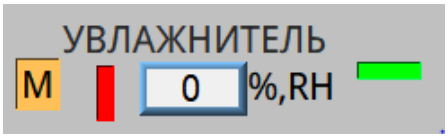


Рисунок 28 – Увлажнитель

В поле увлажнителя отображается влажность, с которой он работает, а также индикация режима работы – местный или автоматический (буква «А» – автоматический режим работы, «М» – местный), справа от поля отображения влажности расположена индикация работы устройства: зеленый – в работе, серый – остановлен. Индикация блокировки (слева от поля отображения влажности): серый цвет – отсутствует, красный – наличие блокировки.

При нажатии на надпись рядом со схематичным обозначением увлажнителя (рисунок 28) открывается окно управления им (рисунок 29).

Рисунок 29 – Управление увлажнителем

В данном окне отражаются кнопки управления «вкл/откл» и «местн./авто» (переключение режимов работы местный/автоматический). Кнопка «вкл/откл» включает и отключает увлажнитель в местном режиме работы.

Задается поддержание влажности, а также отображение текущей влажности. На экран для контроля выводятся так же влагосодержание и температура воды в поддоне увлажнителя, эти параметры являются важными для эффективности его работы (с падением температуры эффективность увлажнения снижается). При возникновении аварии отображается слово «Авария» в поле управления увлажнителем. При отсутствии воды загорается соответствующая индикация.

Кнопка «Отключение» (OFF/ON) - выключение увлажнителя из работы по поддержанию заданной влажности.

4.1.7 Секционный нагреватель

Схематичное изображение нагревателя 1 (секционного) показано на рисунке 30.

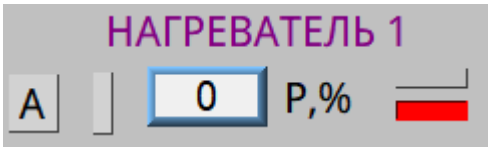


Рисунок 30 – Нагреватель 1 (секционный)

В поле нагревателя 1 отображается мощность, с которой он работает, а также индикация режима работы – местный или автоматический (буква «А» – автоматический режим работы, «М» – местный), справа от поля отображения мощности показана индикация работы устройства: зеленый в работе, красный – остановлен. Ниже показана индикация об аварии: красный цвет – аварийное состояние, серый – ее отсутствие. Индикация блокировки (слева от поля отображения мощности): серый цвет – отсутствует, красный – наличие блокировки. Данный нагреватель позволяет ступенчато устанавливать требуемую мощность в %.

При нажатии на надпись рядом со схематичным обозначением нагревателя 1 (рисунок 30) открывается окно управления им (рисунок 31).

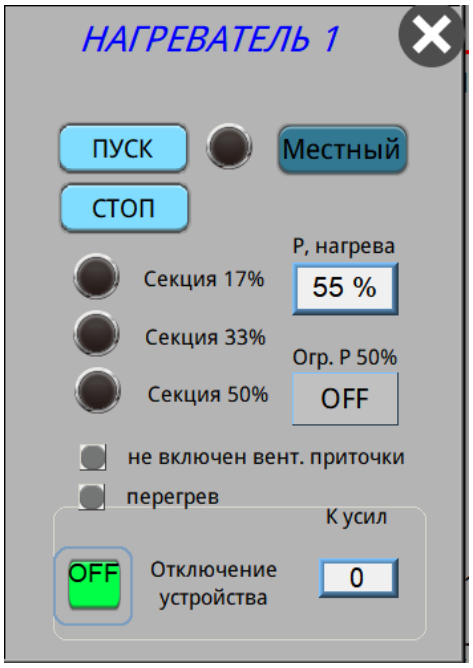


Рисунок 31 – Управление нагревателем 1

В данном окне отражаются кнопки управления «пуск», «стоп», «местный/авто» (переключение режимов работы местный/автоматический) и индикатор работы нагревателя (зеленый цвет – в работе, черный – выключен). Данное устройство оснащено возможностью ступенчатого управления мощностью, с помощью которого регулируется температура воздуха на выходе из нагревателя. С помощью цветовых индикаторов отображаются работающие секции нагрева в данный момент времени (зеленый – в работе, черный – остановлена). Так же есть функция снятия/установки ограничения на включение третьей секции нагрева для автоматического режима работы (Огр. Р 50% ON/OFF). Имеется возможность задать коэффициент усиления (пропорциональный коэффициент ПИД регулятора), который помогает скорректировать работу устройства. При возникновении аварии отображается слово «Авария» в поле управления нагревателем 1. Отдельно представлена индикация перегрева устройства и отсутствия приточного воздуха. Кнопка «Отключение устройства» (OFF/ON) – выключение нагревателя 1 из работы по поддержанию заданной температуры.

4.1.8 Регулируемый нагреватель

Схематичное изображение нагревателя 2 (регулируемого) показано на рисунке 32.

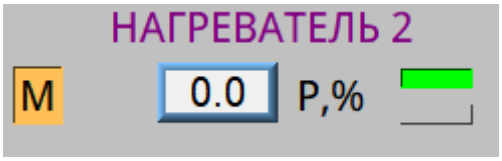


Рисунок 32 – Нагреватель 2 (регулируемый)

В поле нагревателя 2 отображается мощность, с которой он работает, а также индикация режима работы – местный или автоматический (буква «А» – автоматический режим работы, «М» – местный), справа от поля отображения мощности показана индикация работы устройства: зеленый – в работе, красный – остановлен. Ниже показана индикация об аварии: красный цвет – аварийное состояние, серый – ее отсутствие.

При нажатии на надпись рядом со схематичным обозначением нагревателя 2 (рисунок 32) открывается окно управления им (рисунок 33).

Рисунок 33 – Управление нагревателем 2

В данном окне отражаются кнопки управления «пуск», «стоп», «местный» (переключение режимов работы местный/автоматический), а также индикация работы. Кнопки «пуск» и «стоп» позволяют включить и выключить нагреватель в местном режиме.

Представлена индикация текущей мощности работы в данный момент времени, имеется возможность задать мощность для местного режима работы. При возникновении аварии отображается слово «Авария» в поле управления нагревателем 2. Данное устройство оснащено полупроводниковым регулятором мощности нагрева, с помощью которого осуществляется изменение мощности работы нагревателя 2 для поддержания установленной температуры воздуха на его выходе. Кнопка «Настройки» служит для вызова окна (рисунок 34) настроек охладителя.

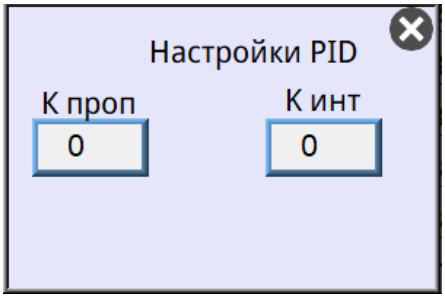


Рисунок 34 – Настройки нагревателя 2

В данном окне предоставляется возможность задать коэффициенты ПИД регулятора (пропорциональный и интегральный), которые помогают скорректировать работу устройства.

4.1.9 Экранная клавиатура

При вводе значений используется экранная клавиатура, представленная на рисунке 35.

Рисунок 35 – Экранная клавиатура

Данный способ ввода числовой информации используется для всех экранных форм проекта.

4.2 Описание экранов интерфейса пользователя

При запуске проекта на экране панели оператора выводится основное (главное) окно. Общий вид основного окна при первоначальном запуске программного обеспечения показан на рисунке 36.

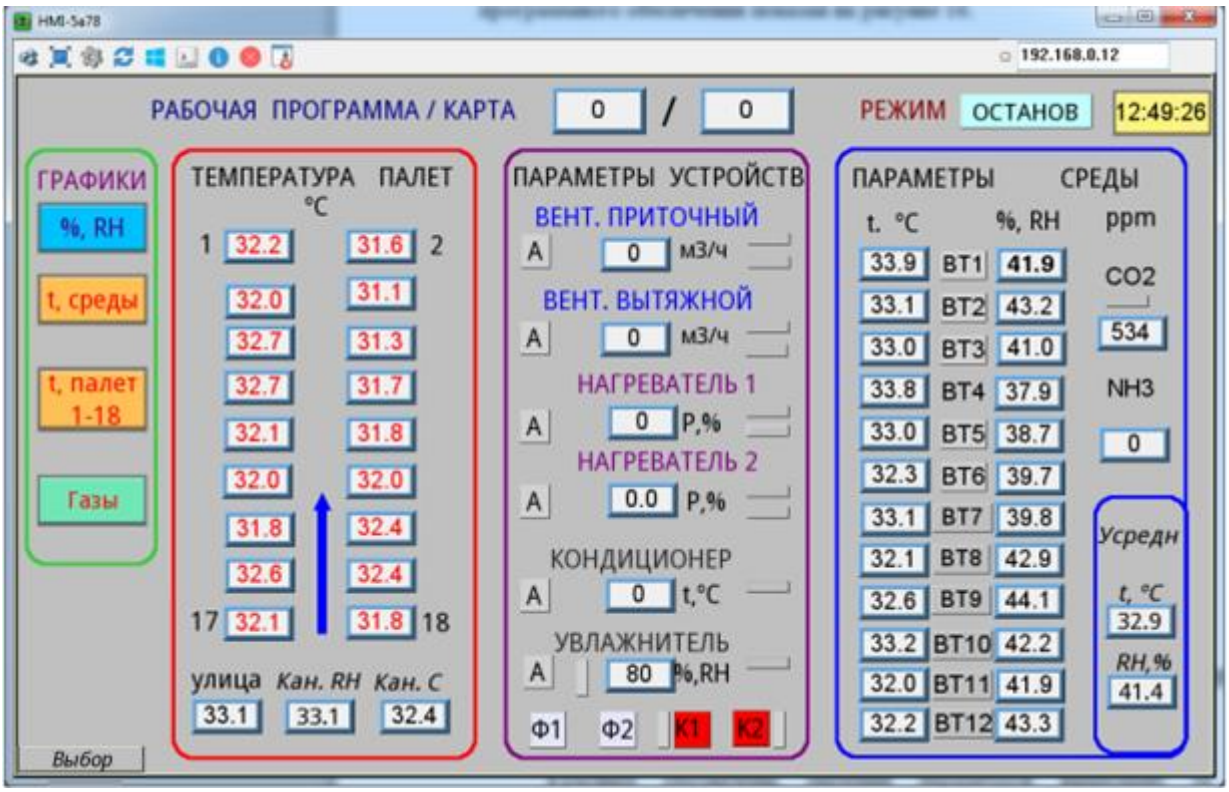


Рисунок 36 – Главный экран

На экране представлены показания всех датчиков системы и визуализировано состояния оборудования. Экран условно разделен на несколько частей, по которым распределена однотипная информация. Красным цветом или миганием обозначаются значения параметров, вышедших за установленные пределы. На рисунке 37 показан главный экран с выведенными предупреждениями и сообщениями об авариях.

Рисунок 37 – Главный экран (ошибки и предупреждения)

Горит индикатор, что сработала светозвуковая сигнализация «АВАРИЯ». Нажав на этот индикатор, можно отключить светозвуковую сигнализацию на 37 минут. В левой части экрана в условной группе «ГРАФИКИ» располагаются кнопки для вызова окон с архивной информацией в графическом и табличном виде. Пример такого окна показан на рисунке 38, окна по другим типам параметров имеют аналогичную структуру.

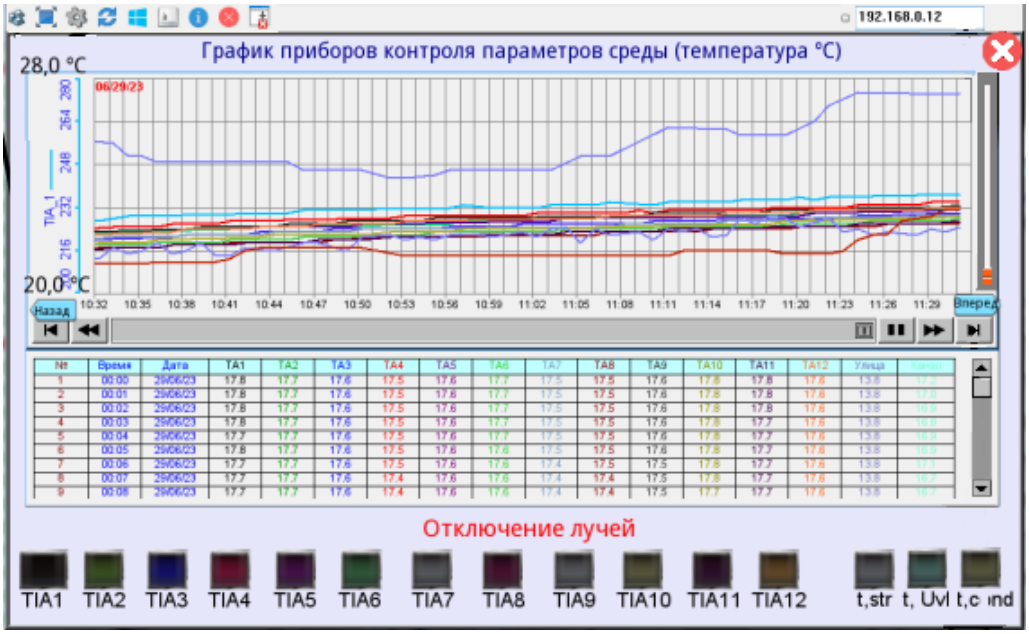


Рисунок 38 – График приборов контроля параметров среды

Экран предоставляет возможность масштабировать область просмотра, перемещаться по оси времени и включать/исключать параметры из области просмотра.

Нажатие на кнопку «Выбор» в левом нижнем углу главного экрана, переключает окно главного экрана к виду, показанному на рисунке 39.

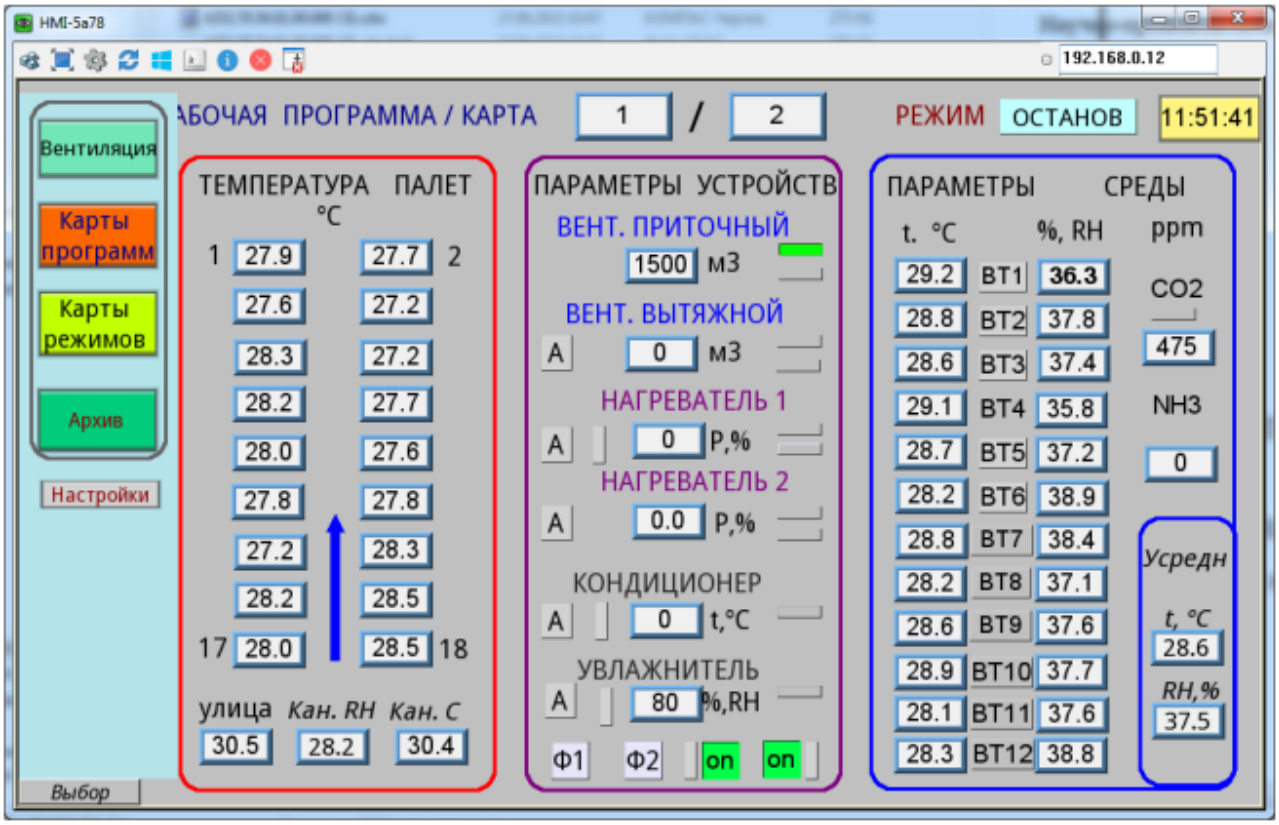


Рисунок 39 – Главный экран после нажатия кнопки «Выбор»

В левой части экрана сгруппированы кнопки вызова дополнительных информационных и настроечных окон программы. Кнопка «Вентиляция» выводит на экран окно, показанное на рисунке 40.

На экране в виде мнемосхемы показана работа системы вентиляции. Отображается состояние клапанов и вентиляторов системы, а также показания датчиков с указанием их примерного места расположения.

На рисунке 41 показано окно, которое активизируется кнопкой «Карты режимов» (рисунок 39).

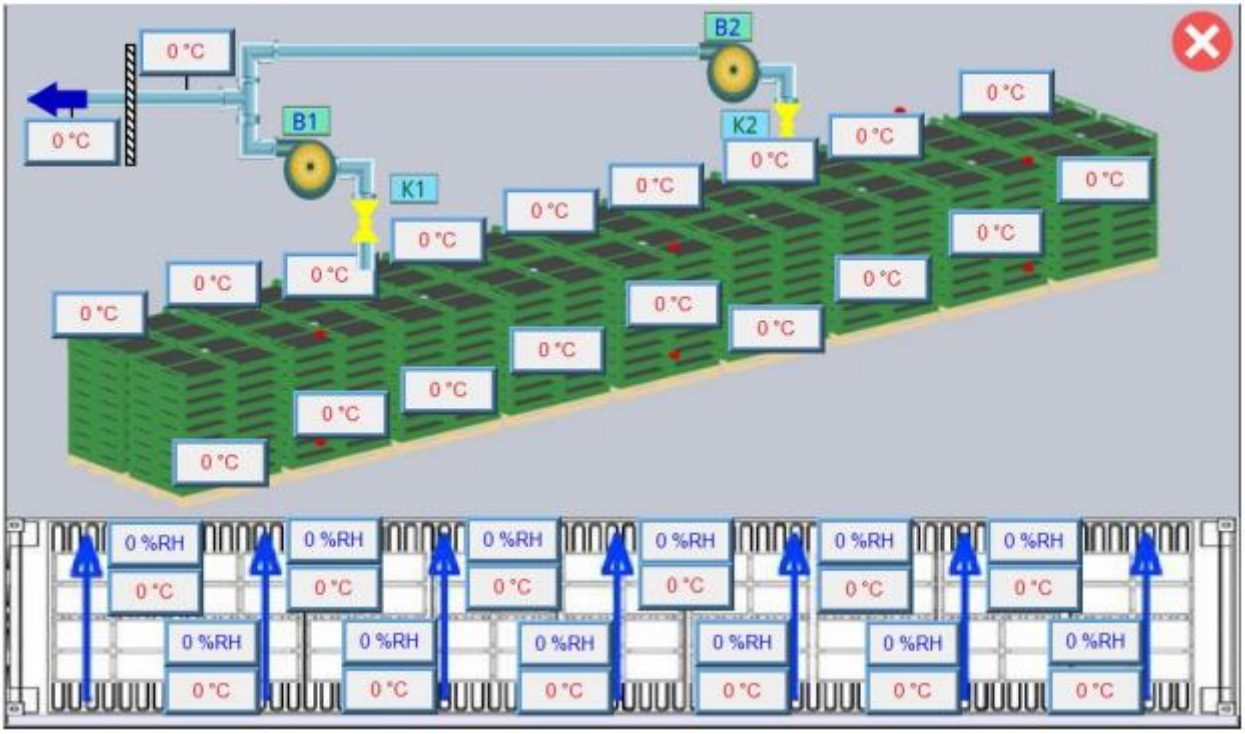


Рисунок 40 – Вентиляция

Рисунок 41 – Экран «Карты режимов работы»

С помощью управляющих элементов окна можно как записывать требуемые параметры технологического процесса в карточку работы, так и считывать карточку из памяти энергонезависимой памяти панели (всего память панели может

разместить до 60-ти карточек), например, для её редактирования. С помощью одноимённых кнопок можно запустить карточку на выполнение или остановить ее.

Кнопка «Карты программ» (рисунок 39) осуществляет переход к экрану, показанному на рисунке 42.

Рисунок 42 – Карты программ

На данном экране можно задавать очередность и длительность выполнения карточек режимов работы. В любой из программ (сценариев) может быть задействовано до 9 карточек с указанием длительности их выполнения. Выбор «off» является флажком окончания программы. Т.е. если следующая карточка начинается с «off» — значит выполнение программы закончено. С помощью управляющих элементов экрана можно считать (кнопка «RD») программу из энергонезависимой памяти панели (панель может хранить информацию о 10-ти программах), так и сохранить новую или отредактированную программу (кнопка «WR»). Кнопки «Старт» и «Стоп» в левом верхнем углу экрана запускают, либо останавливают выполнение выбранной программы.

Кнопка «Архив» (рисунок 39) осуществляет переход к экрану, показанному на рисунке 43.

Рисунок 43 – Экран «Архив»

На экране в табличном виде отображаются все события произошедшие и происходящие в системе, включая аварийные.

Кнопка «Настройки» (рисунок 39) осуществляет переход к экрану, показанному на рисунке 44.

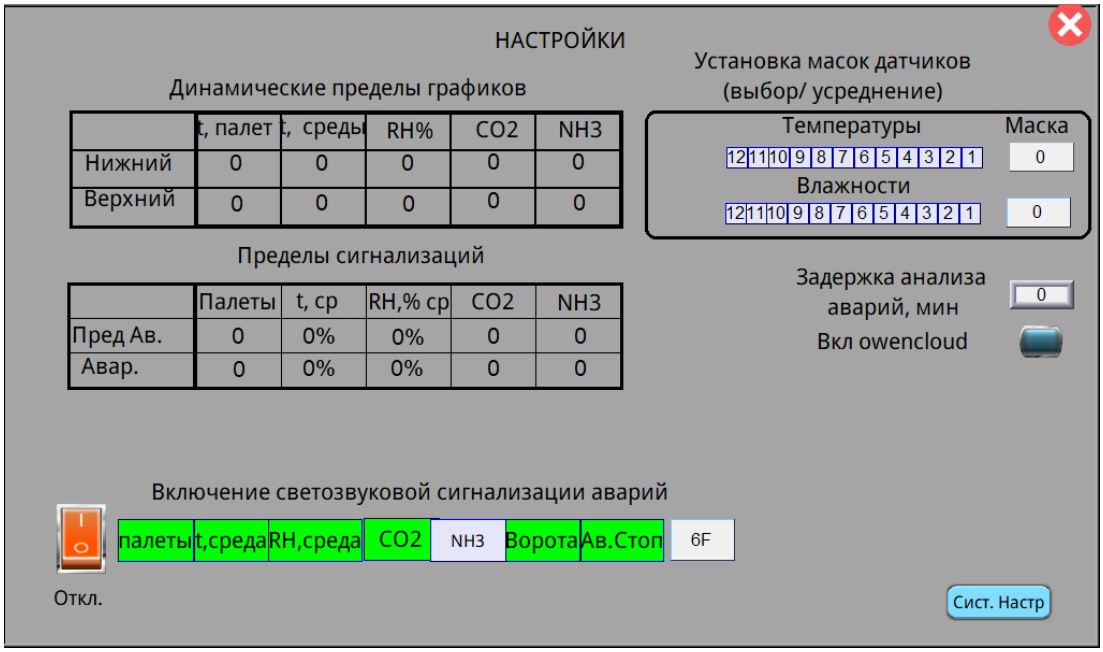


Рисунок 44 – Экран «Настройки»

Вход в экран настроек, а также активизация записи параметров доступна по введению пароля. Поля Ввода «Login» и «Пароль» различают строчные и прописные символы. Окно авторизации представлено на рисунке 45.

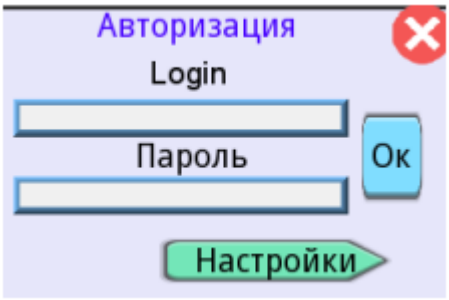


Рисунок 45 – Окно авторизации

Экран «Настройки» обеспечивает доступ к следующим параметрам системы:

– динамические пределы графиков. Они позволяют установить пределы визуализации на графиках. На графиках будут отображаться значения, попадающие в диапазон верхний – нижний;

– пределы сигнализаций. Они позволяют установить значения величин, при которых будет срабатывать светозвуковая сигнализация. При ее срабатывании запись об этом попадет в архив с признаком аварийной ситуации;

– включение/отключение светозвуковой сигнализации для параметра. Активизация (зеленый цвет) позволяет отключить/включить параметр для активизации светозвуковой сигнализации;

– переключатель «Отключение сигнализации». Позволяет выключить/включить светозвуковую сигнализацию, при этом событие все равно будет записано в журнал аварийных ситуаций, если оно активировано и значение вышло за пределы;

– установка масок датчиков. Позволяет выбрать датчик (датчики), по которым будет вестись усреднение величины для расчета параметров техпроцесса. Архив показаний ведется по всем датчикам независимо от этого списка;

– задержка анализа аварий. Параметр позволяет изменить время, на которое отключается аварийная светозвуковая сигнализация (по умолчанию 20 минут).

Светозвуковая сигнализация включается заново по истечении этого времени, если причина аварии не устранена;

– включить OwenCloud. Позволяет управлять системой из облачного сервера диспетчеризации компании Овен. Управление осуществляется через сеть Интернет, минуя панель управления. Шкаф управления должен быть подключен к сети Интернет.

5 Экономическое обоснование разработки ППО

5.1 Расчет затрат на разработку ППО

Общая стоимость разработки ППО оценивается по следующей формуле:

$$С_{РП} = С_{ЗП} + С_{НАК}, \quad (1)$$

где $С_{ЗП}$ – затраты по заработной плате инженера-программиста;

$С_{НАК}$ – накладные расходы.

Заработная плата инженера-программиста рассчитывается по следующей формуле:

$$С_{ЗП} = ОЗП \cdot (1+q_{соц}) \cdot (1+ q_д) \cdot t_m, \quad (2)$$

где ОЗП – базовая зарплата инженера-программиста за месяц (50000 руб.);

t_m – время, затрачиваемое на разработку ППО инженером-программистом (чел.-мес.);

$q_{соц}$ – коэффициент, учитывающий начисления органам социального страхования на заработную плату разработчика ПО, в долях от суммы основной заработной платы разработчика (0,25);

$q_д$ – коэффициент, учитывающий оклад разработчика ППО, в долях к сумме основного оклада (0,25).

Программное обеспечение разрабатывалось 36 дней, учитывая, что в одном месяце в среднем 22 рабочих дня, то:

$$t_m = 36/22 = 1,64 \text{ (чел./мес.)}.$$

Таким образом, расходы на заработную плату инженера-разработчика составят:

$$С_{ЗП} = 50000 \cdot (1+ 0,25) \cdot (1+ 0,25) \cdot 1,64 = 128125 \text{ (руб.)}.$$

Накладные расходы рассчитываются с учетом $q_н$ – коэффициента (1,35), который определяет уровень накладных расходов организации по формуле:

$$С_{НАК} = ОЗП \cdot q_н \cdot t_m, \quad (3)$$

$$С_{НАК} = 50000 \cdot 1,35 \cdot 1,64 = 110700 \text{ (руб.)}$$

Таким образом, суммарные затраты на разработку ППО составляют:

$$С_{РП} = 128125 + 110700 = 238825.$$

5.2 Расчет цены разработанного ППО

Оптовая цена разработанного ППО определяется по следующей формуле:

$$ОЦ = С_{РП} \cdot (1 + R_{Н}), \quad (4)$$

где ОЦ – оптовая цена (цена разработчика) (руб.);

$С_{РП}$ – суммарные затраты на разработку ППО (руб.);

$R_{Н}$ – норматив рентабельности (0,22), учитывающий прибыль организации, разрабатывающей данную программу в долях ко всем затратам данной организации на разработку программы.

$$ОЦ = 238825 \cdot (1 + 0,22) = 291366,5.$$

Розничная цена программы рассчитывается с учетом налога на добавленную стоимость (НДС = 20%) по следующей формуле:

$$РЦ = ОЦ + НДС = ОЦ + ОЦ \cdot 0.2 = ОЦ \cdot 1.2, \quad (5)$$

$$РЦ = 291366,5 \cdot 1,2 = 349639,8 \text{ (руб.)}.$$

Выручка от продаж при условии $m_{П}$ - количество организаций, желающих прибрести программу, составит:

$$В_{пр} = РЦ * m_{П}, \quad (6)$$

$$В_{пр} = 349639,8 * 1 = 349639,8 \text{ (руб.)}.$$

5.3 Расчёт капитальных вложений

Капиталовложения, связанные с работой панели оператора, рассчитываются по следующей формуле:

$$С_{ПА} = С_{нп} + С_{нк} + С_{ср}, \quad (7)$$

где $С_{нп}$ – стоимость панели оператора (25480 руб.);

$С_{нк}$ – стоимость контроллера (72530 руб.)

$С_{ср}$ – стоимость среды разработки, необходимого для создания ППО.

ПО разрабатывается на бесплатной, свободно распространяемой среде разработки для панелей Weintek – EasyBuilerPro, поэтому $С_{ср}=0$.

Капиталовложения составляют:

$$С_{ПА} = 25480 + 0 + 72530 = 98010 \text{ (руб.)}.$$

5.4 Расчет эксплуатационных расходов

Расходы на эксплуатацию ППО и системы, в комплексе с которой оно работает, несет покупатель.

Эксплуатационные расходы на панель оператора и контроллер рассчитываются по следующей формуле:

$$Р_{Э} = (Т_{мв} \cdot Р_{ч} + РЦ) / С_{С}, \quad (8)$$

где $Т_{мв}$ – машинное время для решения задач с помощью разработанного ППО, (маш.час/год);

$Р_{ч}$ – эксплуатационные расходы, приходящиеся на 1 час работы панели оператора и контроллера;

РЦ – цена, по которой продается ППО (руб.);

$С_{С}$ – срок службы ППО/панели/контроллера в средем (г).

Полезный фонд времени работы панели оператора и контроллера рассчитывается по следующей формуле:

$$Ф_{пол} = Ф_{общ} \cdot t_{см} \cdot (1\text{-}а / 100), \quad (9)$$

где $Ф_{общ}$ – общий фонд времени работы панели и контроллера (дни);

$t_{см}$ –время одного рабочего дня (час);

а – простои панели и контроллера (в % от общего фонда времени работы панели и контроллера).

Полезный фонд времени работы панели оператора и контроллер:

$$Ф_{пол} = 314 \cdot 12 \cdot (1 – 5/100) = 3580.$$

Машинное время для решения задач с помощью данной программы рассчитывается по следующей формуле:

$$Т_{мв} = w_I \cdot t_{мв}, \quad (10)$$

где w_I – количество задач, решаемых потребителем в год(шт.);

$t_{мв}$ – время решения задачи разработанным ППО (маш.час).

$$Т_{мв.} = 80 \cdot 1 = 80 \text{ (маш.час / год).}$$

Эксплуатационные расходы, приходящиеся на 1 час работы ЭВМ, оцениваются по следующей формуле:

$$Р_ч = (Р_А + Р_{ЗП} + Р_{ЭЛ} + Р_{РМ}) / Ф_{пол}, \quad (11)$$

где $Р_А$ – амортизационные отчисления (руб.);

$Р_{ЗП}$ – затраты по заработной плате инженера-программиста в год (руб./год);

$Р_{ЭЛ}$ – стоимость потребляемой энергии (руб.);

$Р_{РМ}$ – затраты на ремонт панели оператора (руб.);

$Ф_{пол}$ – полезный годовой фонд работы панели оператора и контроллера, (маш.час/год).

Амортизационные отчисления рассчитываются с учетом нормы амортизации ($а_н$ =12,5 %):

$$Р_А = a_н \cdot С_{ПА} = 0{,}125 \cdot 98010 = 12251{,}25 \text{ (руб.).}$$

Затраты по заработной плате инженера за год рассчитывается по следующей формуле:

$$Р_{ЗП} = (1+q_{соц}) \cdot (1+q_д) \cdot ОЗП \cdot 12, \quad (12)$$

где $q_{соц}$ – коэффициент, учитывающий начисления органам социального страхования на заработную плату разработчика программы, в долях к сумме основной заработной плате разработчика.

$q_д$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату разработчика программы, в долях к сумме основной заработной платы;

ОЗП – основная заработная плата инженера-программиста за месяц (50000 руб.);

Рассчитываем годовые затраты по заработной плате и социальным отчислениям для инженера-программиста:

$$Р_{ЗП} = (1+ 0,25) \cdot (1+ 0,25) \cdot 50000 \cdot 12 = 937500 \text{ (руб./ год)}.$$

Стоимость потребляемой энергии оценивается по следующей формуле:

$$Р_{ЭЛ} = М \cdot Ф_{ПОЛ} \cdot Т_{ЭЛ}, \quad (13)$$

где М – мощность, потребляемая панелью оператора (кВт);

$Ф_{ПОЛ}$ – полезный годовой фонд работы панели оператора (маш. час/год);

$Т_{ЭЛ}$ – тариф за 1 кВт/час (руб. /кВт).

Итак, произведем расчет стоимости потребляемой энергии:

$$Р_{ЭЛ} = 0,6 \cdot 3580 \cdot 3,89 = 8355,72 \text{ (руб.)}.$$

Затраты на ремонт ЭВМ вычисляются по следующей формуле:

$$Р_{РМ} = R_{СР} \cdot С_Д, \quad (14)$$

где $R_{СР}$ – среднее количество ремонтов в год;

$С_Д$ – стоимость деталей, заменяемых при одном ремонте, в среднем.

$$Р_{РМ} = 1 \cdot 6000 = 6000 \text{ (руб.)}.$$

Произведем вычисление эксплуатационных расходов, приходящихся на 1 час работы панели оператора и контроллера:

$$Р_Ч = (12251,25 + 937500 + 8355,72 + 6000) / 3580 = 269,3 \text{ (руб.)}.$$

Далее вычислим эксплуатационные расходы на панель оператора и контроллер:

$$Р_Э = (80 \cdot 269{,}3 + 349639{,}8) / 10 = 37118{,}38 \text{ (руб.)}.$$

5.5 Расчёт денежного годового экономического эффекта

Денежный годовой экономический эффект оценивается по следующей формуле:

$$ГЭ = М_Э + Е_н \cdot К_Э, \quad (15)$$

где $М_Э$ – экономия стоимости машинного времени, руб.;

$Е_н$ – нормативный коэффициент (0,15) эффективности капитальных вложений;

$К_Э$ – экономия капитальных вложений, руб.

Экономия капитальных вложений рассчитывается по следующей формуле:

$$К_Э = (Т_{мв} \cdot С_{ПА}) / Ф_{пол}, \quad (16)$$

где $Т_{мв}$ – время решения задачи разработанным ПО (маш.час/год).

$$Т_{мв.} = 80 \text{ маш.час / год.}$$

$С_{ПА}$ – капиталовложения (руб.);

$Ф_{ПОЛ}$ – полезный годовой фонд работы панели оператора и контроллера (маш. час/год).

Произведем расчет экономии капитальных вложений по следующей формуле:

$$К_Э = (80 \cdot 98010) / 3580 = 2190{,}17.$$

Расчет экономии стоимости машинного времени производится по следующей формуле:

$$М_{Э.} = Р_ч \cdot Т_{М.В}, \quad (17)$$

где $Р_ч$ – эксплуатационные расходы, приходящиеся на 1 час работы панели оператора и контроллера;

$Т_{М.В}$ – машинное время для решения задач с помощью разработанного ППО (маш. час/год);

$$М_Э = 269{,}3 \cdot 80 = 21544,$$

$$ГЭ = 21544 + 0{,}15 \cdot 3580 = 22081.$$

5.6 Итоговые расходы

Обобщенные технико-экономические показатели разработки программы сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Итоговые расходы

Наименование показателя	Значение показателя (руб.)
Капиталовложения	98010
Затраты на разработку ПО	238825
Эксплуатационные затраты	37118,38
Итоговая стоимость	373953,38

6 Безопасность жизнедеятельности

6.1 Потенциально опасные факторы при работе с панелью в выростном помещении

Опасные и вредные производственные факторы по природе возникновения делятся на следующие группы:

- физические;
- химические;
- психофизиологические;
- биологические [7].

При работе с панелью в выростном помещении на оператора могут негативно воздействовать следующие физические факторы:

- повышенная/пониженная температура воздуха;
- повышенная/пониженная влажность воздуха;
- опасность поражения электрическим током;
- блеклость дисплея панели;
- недостаточная освещенность рабочего места.

К химически опасным факторам можно отнести наличие в помещении аммиака и углекислого газа, которые выделяются при переработке отходов. Однако эти газы присутствуют в очень низкой концентрации безопасной для человека и дополнительно контролируются датчиками и системой вентиляции. Благодаря этому они не представляют опасности для оператора панели.

Биологически опасные факторы в данном помещении отсутствуют, так как ЧЛ не являются переносчиками заболеваний и являются абсолютно безопасными для человека.

Психофизические факторы в данном помещении отсутствуют. Оператор не находится в помещении постоянно.

6.2 Классификация помещения и пожарная безопасность

Рабочая деятельность оператора панели происходит в выростном помещении. Оператор не находится в помещении все время, а входит в помещение для регулирования работы системы (которая обычно функционирует в автоматическом режиме). Для того, чтобы работа происходила в комфортных условиях и не наносила вреда здоровью оператора, необходимо позаботиться о пожарной безопасности. Было выявлено, что помещение относится к категории В1-В4 [8], т.к. в нем находятся вещества, способные взаимодействовать с водой, а также много электрического оборудования.

Для того, чтобы избежать различных происшествий в рабочей зоне оператора, в помещении обязательно должны быть обеспечены комфортные и безопасные условия. Температура в выростном помещении должна находится в пределах от 25 до 35 градусов, влажность не должна превышать 75%. Такая температура должна поддерживаться нагревателями/охладителем и увлажнителем в зависимости от внешних условий.

6.3 Санитарно-гигиеническая характеристика

Работу оператора можно отнести к категории IБ. К данной категории относятся работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

Работа оператора панели включает в себя следующие требования и нормы, определенные СанПиН:

- поддерживать температуру воздуха в пределах от 22 до 28 градусов;

- верхний предел относительной влажности воздуха не превышает отметку в 75%;

- скорость движения воздуха не больше 0,1 м/с.

Необходимые параметры поддерживаются нагревателями/охладителем, увлажнителем и вентиляцией.

Также при работе с панелью важно не допускать работу в темном помещении без использования искусственных источников света и регулировать яркость дисплея панели, не допуская блеклости, что позволит избежать усталости и напряжённости глаз.

6.4 Электробезопасность

В выростном помещении находится много электрических приборов, из-за этого возникает вероятность поражения электрическим током. Чтобы этого избежать, необходимо следовать определенным правилам, а именно:

- содержать оборудование в исправном состоянии;
- относительная влажность воздуха не должна превышать отметку в 75%;
- рабочая поверхность не должна содержать большое количество пыли;
- поддерживать температурные характеристики в пределах установленных норм;
- не допускать попадания жидкостей на оборудование;
- не допускать пользование приборами с явными внешними повреждениями;
- не допускать взаимодействие с проводами и кабелями с открытой изоляцией или с проводами, которые имеют внешние повреждения;
- проводить беседы с сотрудниками с целью их информирования о правилах электробезопасности.

6.5 Освещение

Промышленное освещение является неотъемлемым элементом условий труда человека. Правильно организованное освещение рабочего места обеспечивает сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в производственном процессе.

Освещение, отвечающее гигиеническим и экономическим требованиям, называется рациональным.

Существуют следующие виды промышленного освещения: естественное, искусственное и комбинированное. В данном выростном помещении отсутствует естественное освещение, поэтому обеспечено полноценное искусственное освещение.

Искусственное освещение осуществляется светильниками и прожекторами. Оно может быть общим, местным или комбинированным. Общее предназначено для освещения всего производственного помещения. Местное при необходимости дополняет общее и концентрирует дополнительный световой поток на рабочих местах.

В выростном помещении для освещения используются 3 светодиодных светильника:

- 2 светодиодных светильника ДСП-36W (3060 лм);
- 1 светодиодный светильник ДСП-15W (1350 лм).

Заключение

В ходе выполнения дипломного проекта было сформировано техническое задание на разработку прикладного программного обеспечения для панели оператора в составе автоматизированной системы управления оборудованием помещения для переработки органических материалов.

Был произведен выбор инструментов разработки, в частности панели оператора фирмы Weintek и среды разработки EasyBuilderPro, для исполнения проекта. Выполнено проектирование архитектуры прикладного программного обеспечения, в результате чего были разработаны структурная и функциональная схемы автоматизации, основанные на перечне оборудования в составе системы и их взаимодействии, диаграмма вариантов использования и расширяющие ее диаграммы деятельности.

В результате выполнения дипломного проекта в соответствии с техническим заданием было разработано прикладное программное обеспечение рабочего места оператора, созданного в среде разработки EasyBuilderPro, для сенсорной панели управления фирмы Weintek, входящей в состав автоматизированной системы управления оборудованием выростного помещения для переработки органических материалов с помощью ЧЛ.

В экономическом разделе был произведен расчет трудоемкости и затрат на разработку ППО. В разделе БЖД была произведена оценка опасных и вредных производственных факторов, влияющих на оператора панели на его рабочем месте.

Задание на дипломное проектирование выполнено в полном объеме.

Автоматизированная система управления, частью которой является спроектированное прикладное программное обеспечение панели для управления компонентами данной системы, реализовывалась, основываясь на пожеланиях заказчика, заказавшего проект у предприятия ОАО НПП «Химмаш-Старт», в настоящий момент система прошла испытания и передана заказчику, о чем свидетельствует справка о применении результатов дипломной работы, представленная в приложении Е.

Список используемой литературы

1. Как ТБО влияют на окружающую среду. [Электронный ресурс]: URL: https://netmus.ru/press-center/articles/kak-tbo-vliyaet-na-nbsp-okruzhayuschuyu-sredu/.

2. Современные технологии переработки. Компостирование. [Электронный ресурс]: URL: https://spb-neo.ru/o-kompanii/news/sovremennye-tekhnologii-pererabotki-kompostirovanie/.

3. Переработка органических отходов насекомыми. [Электронный ресурс]: URL: https://pt.2035.university/project/pererabotka-organiceskih-othodov-nasekomymi.

4. Недостатки и преимущества современных биогазовых установок, Копытин В.Ю., Пивнов Д.А.

5. Сравнение бюджетных панелей оператора HMI: HAIWELL, KINCO, WEINTEK. [Электронный ресурс]: URL: https://xn----8sbk.xn--p1ai/articles/obzor-hmi.

6. ГОСТ 2.701-76 Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению (вступил в действие 01.07.1997).

7. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. ГОСТ 12.0.003-74» № 2551 от 18.11.1974.

8. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Приложение А

(обязательное)

Автоматизированная система управления оборудованием помещения для переработки органических материалов

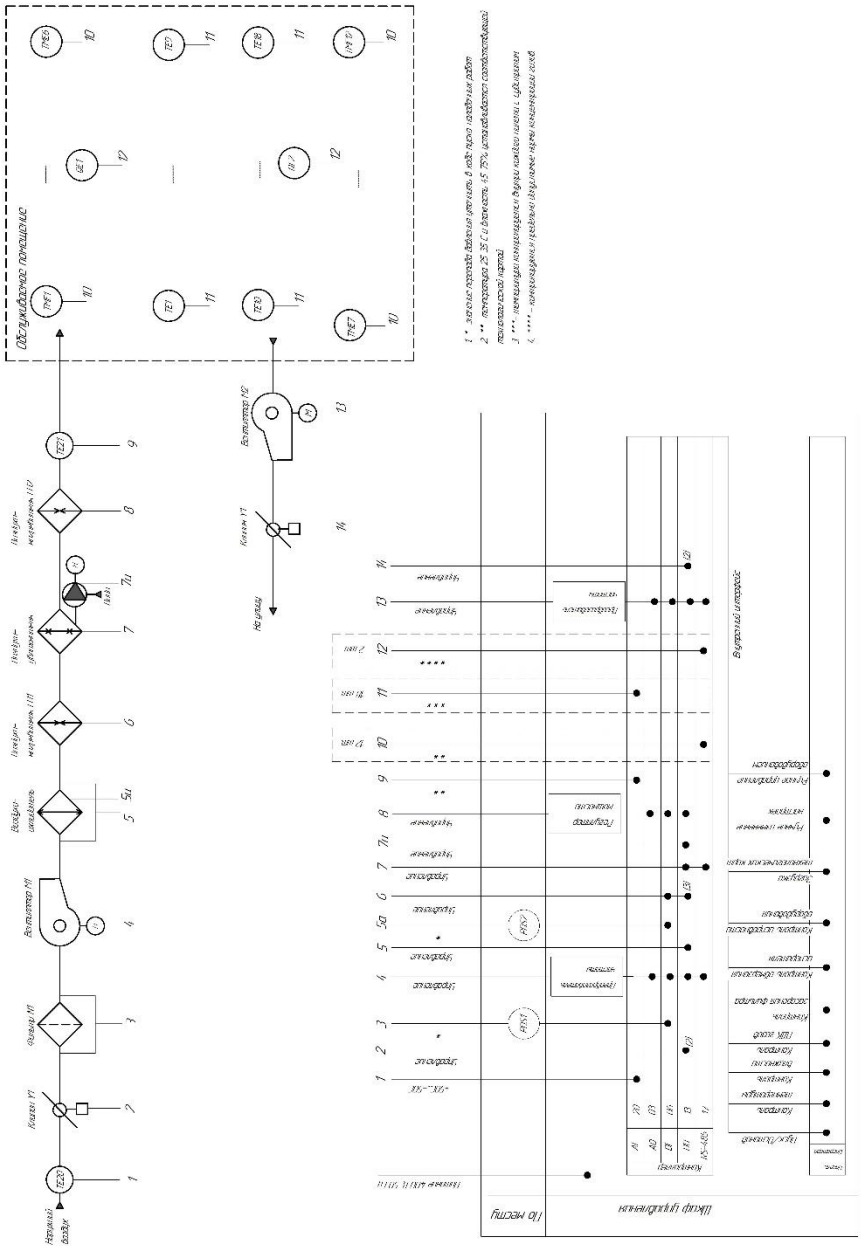
Структурная схема автоматизации

Приложение Б

(обязательное)

Автоматизированная система управления оборудованием помещения для переработки органических материалов

Функциональная схема автоматизации



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПГУ 1.090501.04.001 ПЗ	Лист 70

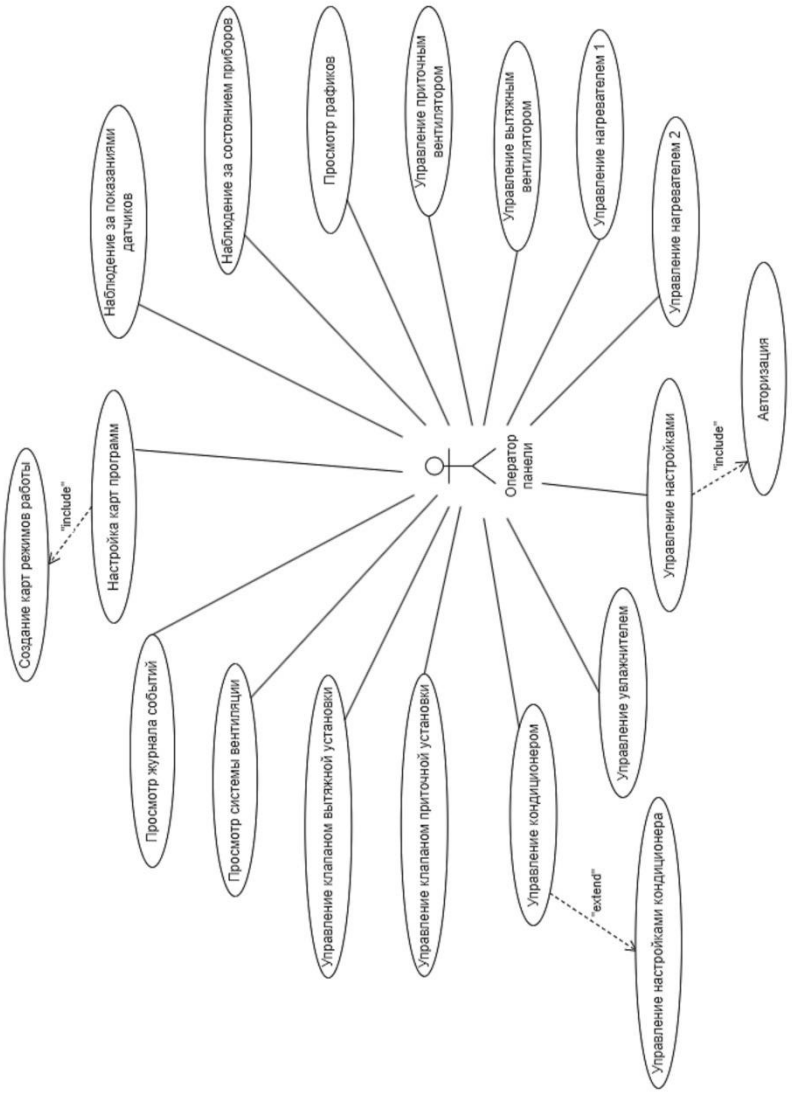
Приложение В

(обязательное)

Автоматизированная система управления оборудованием помещения для переработки органических материалов

UML-диаграммы

Приложение В.1 - Диаграмма вариантов использования



Приложение В.2 - Диаграммы деятельности

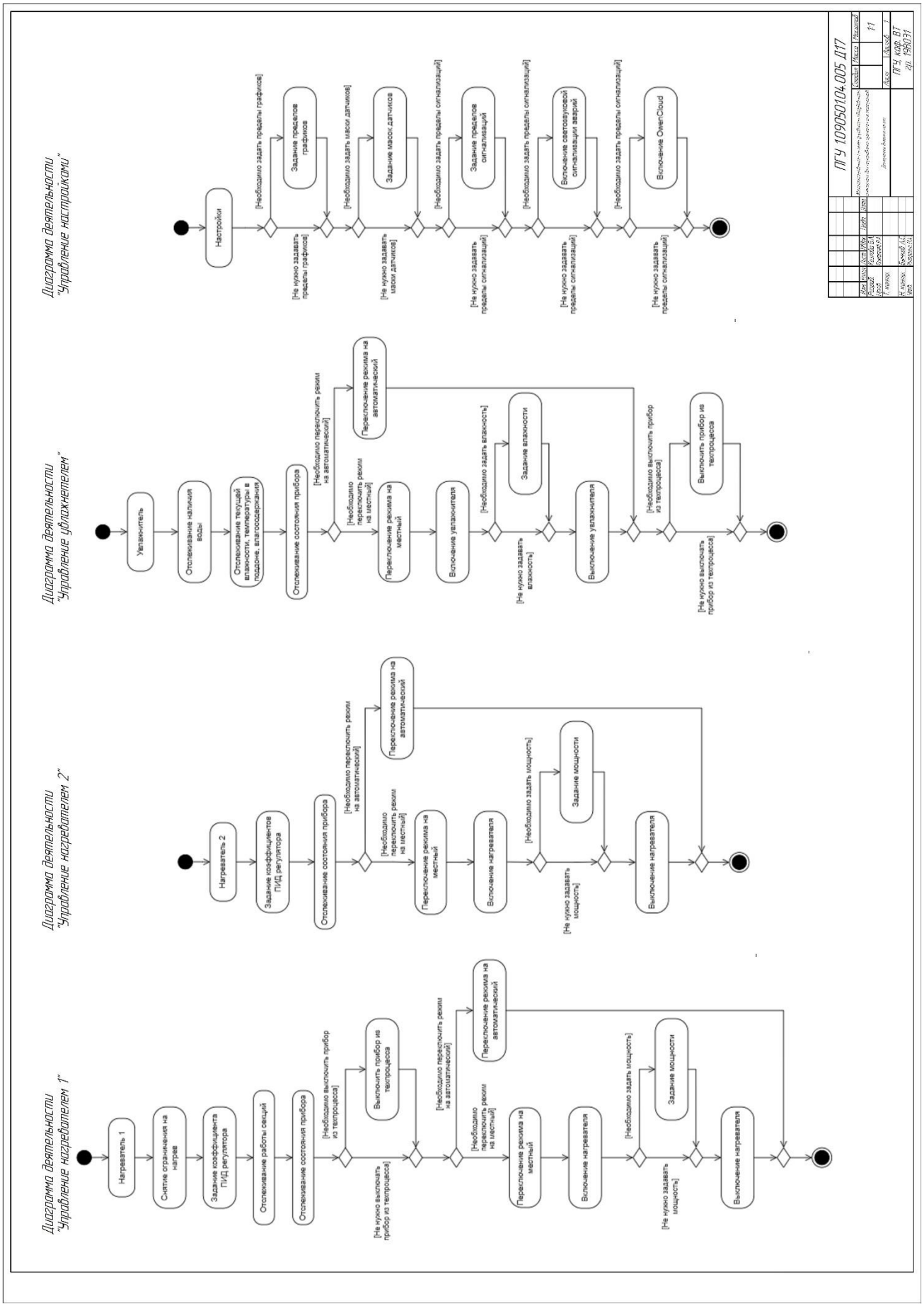


Диаграмма деятельности
"Управление клапаном вытяжной установки"

Диаграмма деятельности
"Управление клапаном приточной установки"

Диаграмма деятельности
"Создание карт режимов работы"

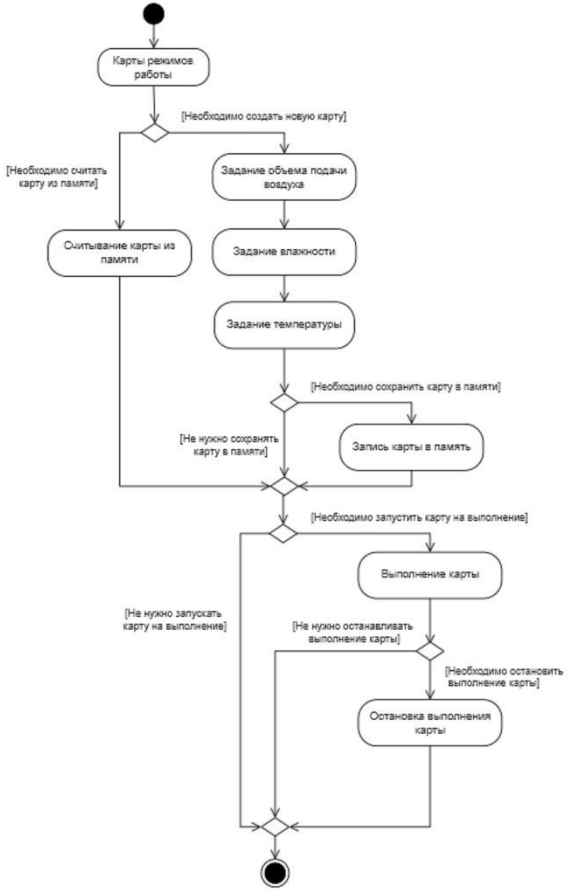


Диаграмма деятельности
"Настройка карт программ"

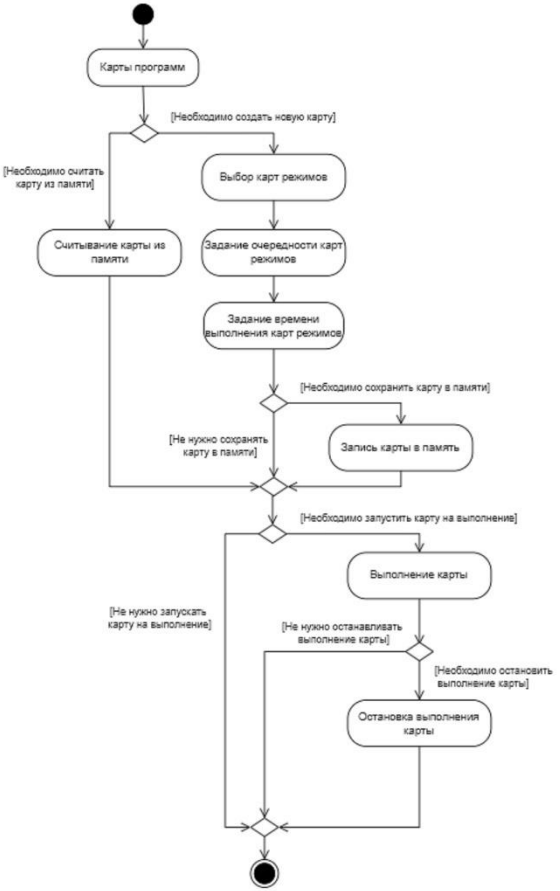


Диаграмма деятельности
"Управление вытяжным вентилятором"

Диаграмма деятельности
"Управление приточным вентилятором"

Диаграмма деятельности
"Управление кондиционером"

Диаграмма деятельности
"Управление настройками кондиционера"

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПГУ 1.090501.04.001 ПЗ

Разраб.	Колесов В.А.				ПГУ 1.090501.04.007 Д17	
Пров.	Баксей Р.А.				Автоматизированная система управления кондиционером	Стадия: Практ. Листов: 1
Т. контр.					Диаграмма деятельности	1:1
Н. контр.	Бычай А.С.					Лист Листов 1
Утв.	Полищук Г.А.					ПГУ, ККФ, ВТ гр. 190031

Лист 75

Приложение Г

(обязательное)

Автоматизированная система управления оборудованием помещения для переработки органических материалов

Листинг программы (макрос)

```
(macro1)

macro_command main()
short  a=0
bool b=0,c=0
bool d=0

unsigned int k1=0,k2=0
GetData(a,"CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wError_rs", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 10, 1

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.CO2", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 40, 1)


GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.NH3", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 41, 1)


GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iTE1", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 42, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iTE2", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 43, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iTE3", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 44, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iTE4", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 45, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iTE5", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 46, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iTE6", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 47, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iTE7", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 48, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iTE8", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 49, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iTE9", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 50, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iTE10", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 51, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iTE11", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 52, 1)
```

```
GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iTE12", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 53, 1)


GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd19", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 54, 1)


GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd20", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 55, 1)


GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd21", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 56, 1)


GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wT_water", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 57, 1)


GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)",
"Application.GVL_vsp.wUZ1_F_rab", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 59, 1)
GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)",
"Application.GVL_vsp.wUZ2_F_RAB", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 131, 1)


 if   a >= 2800 then
k2= 95
else if a < 8700 and a >= 1900  then
k2= 111
else if a < 1900 and a > 1200  then
k2= 124
else if a <= 1200  then
k2= 150
end if
k1=(a*k2)/100
a=k1
SetData(a, "Local HMI", LW, 58, 1)


GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iHM1", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 60, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iHM2", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 61, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iHM3", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 62, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iHM4", 1)
```

```
SetData(a, "Local HMI", LW, 63, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iHM5", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 64, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iHM6", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 65, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iHM7", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 66, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iHM8", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 67, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iHM9", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 68, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iHM10", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 69, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iHM11", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 70, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.iHM12", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 71, 1)


GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wHM_Uvl_RH", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 113, 1)


GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd1", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 80, 1) //начало

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd2", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 81, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd3", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 82, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd4", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 83, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd5", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 84, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd6", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 85, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd7", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 86, 1)
```

```
GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd8", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 87, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd9", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 88, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd10", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 89, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd11", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 90, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd12", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 91, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd13", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 92, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd14", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 93, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd15", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 94, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd16", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 95, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd17", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 96, 1)

GetData(a, "CODESYS V3 (Ethernet)", "Application.GVL.wTEd18", 1)
SetData(a, "Local HMI", LW, 97, 1)


end macro_command
```

Приложение Д

(обязательное)

Автоматизированная система управления оборудованием помещения для переработки органических материалов

Презентация

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЕМ ПОМЕЩЕНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

ВЫПОЛНИЛА СТУДЕНТКА ГРУППЫ 19ВОЭ1 КОЗЛОВА В.А.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ: К.Т.Н., ДОЦЕНТ КАФЕДРЫ ВТ БИКТАШЕВ Р.А.

АКТУАЛЬНОСТЬ

- Проблема экологического характера (загрязнение органикой).
- Проблема дефицита кормового белка – сферы, зависящей напрямую от импорта.

Решение, охватывающее обе проблемы: технология переработки органических веществ с помощью Черной Львинки. Для реализации этой технологии создана и автоматизирована система, которая управляется с помощью прикладного программного обеспечения панели оператора.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка прикладного программного обеспечения для сенсорной панели оператора HMI, входящей в состав автоматизированной системы управления оборудованием помещения для переработки органических материалов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Программное обеспечение должно выполнять следующие функции:

- отображение информации о ходе технологического процесса на панели оператора в виде графических мнемосхем
- оперативное управление технологическим процессом с панели оператора
- отправка команд в систему управления технологическим процессом (ПЛК)
- сбор данных
- запись значений технологических величин для отображения их в виде графиков (тренды)
- отображение состояния объектов/устройств
- регистрация событий, в том числе аварийных
- вывод на панель оператора аварийных и технологических сообщений

СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ

Панель оператора Weintek

Средство разработки EasyBuilderPro

АРХИТЕКТУРА ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ

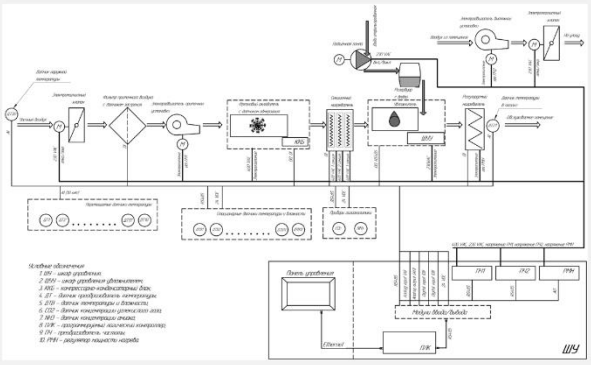
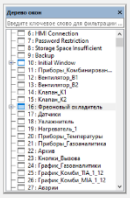
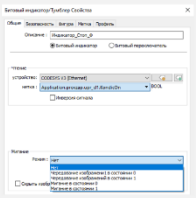
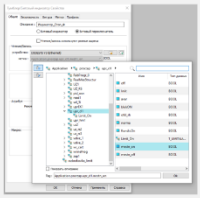
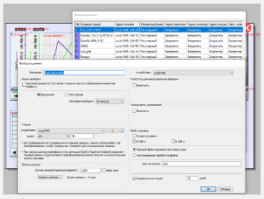
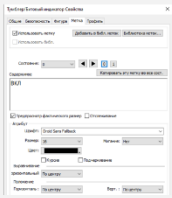
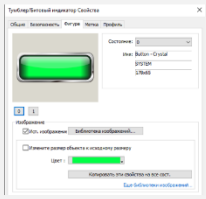
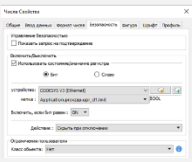
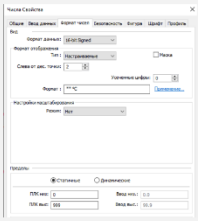


ДИАГРАММА ПРЕЦЕДЕНТОВ

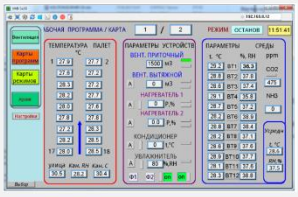
РАЗРАБОТКА ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПАНЕЛИ ОПЕРАТОРА

СОЗДАНИЕ И НАСТРОЙКА ОКОН

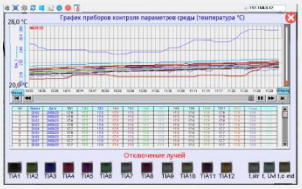









ОСНОВНЫЕ ЭКРАНЫ, ГРАФИКИ И НАСТРОЙКИ

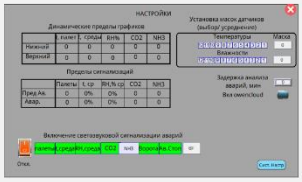
ГЛАВНЫЕ ЭКРАНЫ



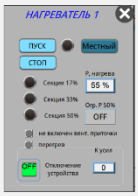
ГРАФИК



ОКНО НАСТРОЕК



ОКНА УПРАВЛЕНИЯ ПРИБОРАМИ

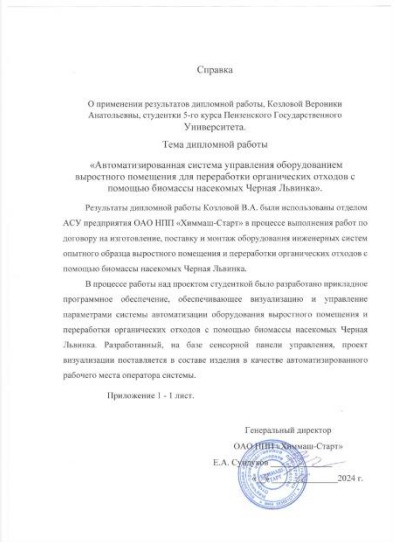


КАРТЫ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И ПРОГРАММ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Разработанное прикладное программное обеспечение позволяет управлять оборудованием автоматизированной системы и техпроцессом в целом
- Разработанное прикладное программное обеспечение полностью соответствует поставленной задаче

Автоматизированная система управления, частью которой является спроектированное прикладное программное обеспечение панели оператора, реализовывалась, основываясь на пожеланиях заказчика, заказавшего проект у предприятия ОАО НПП «Химмаш-Старт», в настоящий момент система прошла испытания и передана заказчику, о чем свидетельствует справка о применении результатов дипломной работы



Справка

О применении результатов дипломной работы, Козловой Вероники Анатольевны, студентки 5-го курса Пензенского Государственного Университета.

Тема дипломной работы

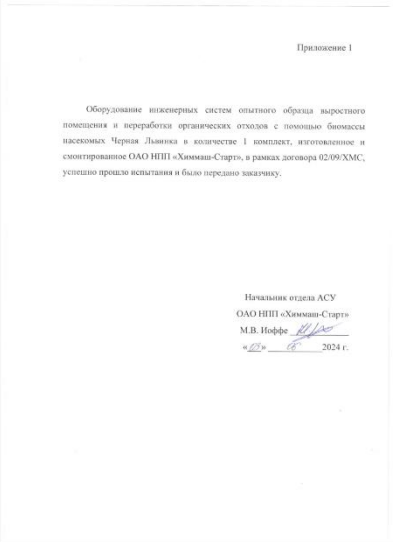
«Автоматизированная система управления оборудованием выростного помещения для переработки органических отходов с помощью биомассы насекомых Черная Львинка».

Результаты дипломной работы Козловой В.А. были использованы отделом АСУ предприятия ОАО НПП «Химмаш-Старт» в процессе выполнения работ по договору на изготовление, поставку и монтаж оборудования инженерных систем опытного образца выростного помещения и переработки органических отходов с помощью биомассы насекомых Черная Львинка.

В процессе работы над проектом студенткой было разработано прикладное программное обеспечение, обеспечивающее визуализацию и управление параметрами системы автоматизации оборудования выростного помещения и переработки органических отходов с помощью биомассы насекомых Черная Львинка. Разработанный, на базе сенсорной панели управления, проект визуализации поставляется в составе изделия в качестве автоматизированного рабочего места оператора системы.

Приложение 1 - 1 лист.

Генеральный директор
ОАО НПП «Химмаш-Старт»
Е.А. Сундуков
«___» _____ 2024 г.



Приложение 1

Оборудование инженерных систем опытного образца выростного помещения и переработки органических отходов с помощью биомассы насекомых Черная Львинка в количестве 1 комплект, изготовленное и смонтированное ОАО НПП «Химмаш-Старт», в рамках договора 02/09/ХМС, успешно прошло испытания и было передано заказчику.

Начальник отдела АСУ
ОАО НПП «Химмаш-Старт»
М.В. Иоффе
«05» 06 2024 г.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!

Приложение Е

(обязательное)

Автоматизированная система управления оборудованием помещения для переработки органических материалов

Справка о применении результатов дипломной работы