



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»
(ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»)

**Институт цифровых
интеллектуальных систем**

**Кафедра
компьютерных систем управления**

Савилов Игорь Олегович

Выпускная квалификационная работа по направлению подготовки
15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»,
профиль «Автоматизация технологических процессов и производств (в машиностроении)»
на тему:

**«Разработка системы управления теплицей на базе
программируемого логического контроллера»**

Регистрационный номер № _____

Зав. кафедрой,
д.т.н., профессор

(подпись)

Мartiнов Георги Мартинов

Руководитель,
к.н.т., доцент

(подпись)

Никишечкин Анатолий Петрович

Обучающийся:
студент гр. АДБ-21-08

(подпись)

Савилов Игорь Олегович

Москва 2024



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»
(ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»)

**Институт цифровых
интеллектуальных систем**

**Кафедра
компьютерных систем управления**

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой

_____ Мартинов Г. М.

« ____ » _____ 2024 г.

ЗАДАНИЕ

На выпускную квалификационную работу
по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и
производств»,
профиль: «Автоматизация технологических процессов и производств (в
машиностроении)»

Савилов Игорь Олегович

группа АДБ-21-08

Тема: «Разработка системы управления теплицей на базе
программируемого логического контроллера»

Тема утверждена приказом от « ____ » _____ 202_ г. № _____

Срок сдачи законченной ВКР на кафедру « ____ » _____ 202_ г.

Целями данной выпускной квалификационной работы является обеспечить возможность выращивания сложных агрокультур в условиях московской области за счёт управления параметрами микроклимата и автоматизации системы подачи удобрений и полива.

Актуальность: Данная система ввиду использования ПЛК и большинства датчиков российских производителей, что заменит ушедших западных производителей и будет актуально для больших и средних сельских хозяйств, заинтересованных в выращивании сложных агрокультур, изначально не приспособленных для климата Московской области.

Задачи:

1. Изучить доступную литературу по теме исследования.
2. Определить составляющие автоматизированной теплицы.
3. Изучить технологию для создания системы управления
4. Разработать схему управления теплицей
5. Разработать программу управления теплицей

Руководитель,
старший преподаватель _____ Никишечкин Анатолий Петрович

Студент гр. АДБ-21-08 _____ Савилов Игорь Олегович

ГРАФИК
выполнения выпускной квалификационной работы

Мероприятия	Сроки выполнения	Отметка руководителя о выполнении

График составлен « » октября 2023 г.

С графиком ознакомлен

Савилов И.О.

Руководитель

к.н.т., доцент

Никишечкин А.П.

Содержание

Введение	6
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ДОСТУПНЫХ НА ДАННЫЙ МОМЕНТ СИСТЕМ СОЗДАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ТЕПЛИЦЫ. ВЫБОР ОВОЩЕЙ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ.....	7
1.1. Выбор агрокультур для выращивания в теплице	7
1.2. Обоснование выбора ПЛК теплицы, перед другими решениями	8
1.3. Анализ существующих на рынке решений. Обоснование уникальности и значимости проекта.	9
1.4. Анализ доступных моделей теплицы.....	10
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ТЕПЛИЦЫ. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ, ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПЛК И ВЫРАЩЕВАЕМЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ ТЕПЛИЦЫ.....	12
2.1. Анализ контролируемых параметров	12
2.2. Выбор программно-логического контроллера	13
2.3. Выбор различных датчиков для реализации системы	16
2.3.1. Датчик температуры и влажности воздуха	16
2.3.2. Датчик температуры почвы.....	18
2.3.3. Устройства контроля освещения теплицы	19
2.3.4. Датчик уровня углекислого газа	20
2.3.5. Датчик уровня кислотности почвы	21
2.4. Выбор языка программирования ПЛК	22
2.5. Оптимальные условия роста выбранных овощей	24
ГЛАВА 3. СОЗДАНИЕ СХЕМ ОБМЕНА ДАННЫМИ И УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕПЛИЦЫ	26
3.1. Схема управления теплицей	26
3.2. Блок -схема управления теплицей	28
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	31

Введение

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ДОСТУПНЫХ НА ДАННЫЙ МОМЕНТ СИСТЕМ СОЗДАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ТЕПЛИЦЫ. ВЫБОР ОВОЩЕЙ ДЛЯ ВЫЩАИВАНИЯ.

1.1. Выбор агрокультур для выращивания в теплице

В современных реалиях сельского хозяйства использование систем автоматизации выращивания агрокультур уже давно стало не новинкой, а производственной необходимостью. Человек не всегда может обеспечить своевременный и достаточный полив, уровень освещённости, оптимальное значение CO_2 в воздухе и комфортную температуру для быстрого и качественного роста растений, а также своевременная подача удобрений. В результате сложившейся ситуации, агрокультуры не дают столько урожая, сколько могли бы при идеальных для них условиях. Особенно это актуально для овощей, которые были завезены в Россию из-за рубежа, именно для них очень сложно создать хотя бы оптимальные условия роста, так как они плохо подходят для выращивания в холодном климате центральной России и зачастую являются очень прихотливыми в разведении. А так как ввиду текущей политической ситуации всё больше стран отказывается сотрудничать с Россией, в следствии этого многие овощи, которые традиционно растут в тёплом, например средиземноморском, климате пропадают с прилавков магазинов или продаются, по неоправданно высокой цене.

Данный фактор напрямую влияет на количество потребляемых овощей россиянами, а также на цены блюд в заведениях питания, таких как рестораны и кафе. Поэтому для выращивания были выбраны следующие овощи: артишоки, римскую капусту, баклажаны. Данные культуры являются довольно сложными и очень востребованы в заведениях общественного питания.

Для повышения эффективности сельскохозяйственного производства следует полностью автоматизировать регулирование температуры и влажности, а также контроль за подачей удобрений и управление системой полива. Это позволит повысить урожайность и качество самого урожая,

снизив при этом затраты на производство, что положительно скажется на цене продукции, а также поможет в решении проблемы импортозамещения культур, которые традиционно доставлялись из-за границы.

1.2. Обоснование выбора ПЛК теплицы, перед другими решениями

На данный момент существуют два основных подхода к автоматизации сельского хозяйства.

1. Система управления теплицей на базе программно-логического контроллера.
2. Система управления теплицей с помощью платы с микроконтроллером Arduino

Система управления на Arduino имеет несколько плюсов. Она выделяется своей низкой стоимостью, что делает весьма оптимальным выбором для небольших хозяйств и единоличных фермеров, так как минимизирует первоначальные затраты на автоматизацию производства.

Arduino пользуется популярностью благодаря простоте программирования, что особенно важно для пользователей без глубоких знаний в области электроники и программирования. Платформа имеет развитую экосистему, включающую открытый исходный код, многочисленные обучающие материалы, видеоуроки и документацию.

Также платформа поддерживает подключение разнообразных сенсоров, модулей связи (Wi-Fi, Bluetooth, GSM) и исполнительных устройств, что делает её универсальным инструментом для реализации различных задач, что особенно важно при разработке прототипов или небольших систем, где требуется гибкость конфигурации.

ПЛК же обладает всеми присущими для Arduino плюсами за исключением цены, однако решает основные минусы Arduino, которые становятся критичными, когда дело касается работы в условиях производства, где наблюдается повышенная влажность, большое количество пыли и грязи.

Система управления с помощью Arduino имеет два существенных минуса. Один из которых — это её ненадёжность, а именно отсутствие защиты от внешних воздействий. Устройства на базе Arduino могут быть уязвимы к внешним воздействиям, таким как скачки напряжения или электромагнитные помехи, что зачастую приводит к сбоям в работе системы автоматизации. Программно-логические контроллеры наоборот были разработаны для работы в “полевых” условиях. Второй её минус – это плохая масштабируемость, если автоматизировать работу более одной теплицы, что будет связано с усложнением системы, например подключение большого числа датчиков, то могут возникнуть проблемы.

Также для создания системы управления теплицей важно, что бы пользователь мог отслеживать её состояния в режиме реального времени, удалённого управления и анализа данных. Всё перечисленное поможет эффективность автоматизации и поспособствует созданию более контролируемых и стабильных условий для выращивания растений, что также снизит затраты на их содержание. Например, фермер сможет проверить состояние теплицы, не выходя из дома и при необходимости изменить настройки системы.

1.3. Анализ существующих на рынке решений. Обоснование уникальности и значимости проекта.

Проанализировав различные компании, которые предоставляют средства для автоматизации теплиц на ПЛК, можно прийти к неутешительным выводам, что предоставляемые продукты предназначены для мелких фермеров, в других случаях компании подходят, не комплексно продавая только сам товар. То есть продают только датчики или элементы автоматики, без предоставления услуг по установке и настройке, что усложняет работу фермерских хозяйств.

Рассмотрим три наиболее популярные компании по автоматизации фермерских хозяйств.

- 1) Комплект автоматизации теплиц “Умница” – прекрасно подходит для частных фермеров, однако их решения не подходят для управления большими фермерскими хозяйствами. Также у данного комплекта отсутствует датчик кислотности, что говорит об отсутствии решений для подачи удобрений растениям.
- 2) Комплект от компании “GreenHouseShop” – предоставляет услуги по настройке и установке системы, однако кроме контроля температуры воздуха и влажности почвы больше ничего предложить не может, что делает невозможным выращивание прихотливых культур.
- 3) Автоматизированная теплица от компании “ВАСХНИЛ” – позволяет контролировать влажность воздуха, почвы, температуру воздуха, уровень света в теплице, однако данных приспособлений контроля также недостаточно для выращивания сложных агрокультур.

Исходя из вышесказанного можно сказать, что наше решение для управления микроклиматом с возможностью контроля таких параметров как уровень освещённости, влажность воздуха и почвы, температура воздуха, и функцией подачи жидких удобрений растениям, компоненты которой будут доступны на территории РФ будет уникальным и полезным для Российской промышленности.

1.4. Анализ доступных моделей теплицы.

Так как, для выращивания различных агрокультур будут требоваться особые условия, не любой тип теплиц может их обеспечить. Рассмотрим каждый вариант теплиц.

Поликарбонатная теплица. Представляет собой металлическую конструкцию, покрытую сверху поликарбонатными пластинами. Поликарбонат является достаточно устойчивым материалом к механическим повреждениям, в следствии чего срок службы такой теплицы составляет от десяти до двадцати лет. Теплица из поликарбоната имеет структуру состоящую из ячеек, что позволяет ей хорошо сохранять тепло и быть достаточно простой и быстрой в сборке. Однако при всех её плюсах,

поликарбонатная теплица имеет плохую светопропускаемость, которая ухудшается если не проводить очистительные работы регулярно.

Плёночная теплица. Представляет собой металлическую конструкцию, обтянутую специальной полиэтиленовой плёнкой. Данный тип теплиц является наиболее простым и дешёвым вариантом, однако плёнка легко рвётся, и в случае разрыва потребует замены всего покрытия целиком. Также плёночные теплицы обладают слабой теплоизоляцией, что делает их неэффективными в холодное время года, при использовании выбранных агрокультур.

Стеклянная теплица. Представляет собой каркас, состоящий из стеклянных ячеек, такие теплицы могут быть как прямые, так и арочные. Стекло является достаточно популярным материалом для покрытия теплицы по нескольким причинам. Например, стекло долго остаётся чистым, пропускает много света, что положительно влияет на фотосинтез растений и не даёт образовываться росе. Также стеклянная теплица обладает высокой долговечностью и заменимостью ячеек. Однако такие теплицы стоят довольно дорого, а хрупкость стекла делает его доставку и установку непростым процессом.

Таблица 1.1 – Сравнение типов теплиц

Тип теплицы	Прозрачность	Прочность	Простота установки	Срок службы	Цена
Поликарбонатная	Средняя	Высокая	Средняя	10-20 лет	Средняя
Стеклянная	Высокая	Высокая	Сложно	20-30 лет	Высокая
Плёночная	Высокая	Низкая	Лёгкая	1-2 года	Низкая

Итак, принимая во внимание, что для реализации проекта потребуется долговечная теплица с высоким светопропусканием и высокой прочностью, была выбрана стеклянная теплица не смотря на её высокую стоимость.

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ТЕПЛИЦЫ. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ, ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПЛК И ВЫРАЩЕВАЕМЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ ТЕПЛИЦЫ

2.1. Анализ контролируемых параметров

Для разработки системы управления теплицей при помощи программно-логического контроллера нужно определить объекты контроля. Система должна осуществлять контроль за следующими параметрами:

- Температура воздуха в теплице: требуется для обеспечения комфортной температуры для роста и развития растений. Слишком низкая или наоборот слишком высокая температура для той или иной агрокультуры приводит к увяданию растений, замедлению роста соответственно.
- Влажность воздуха: данный фактор контроля требуется для того, чтобы предотвратить возможное обезвоживание растений и поддерживать их в состоянии нормального водного баланса.
- Влажность почвы: при недостатке влаги или напротив её избытке происходит увяданию, вплоть до гибели растений либо же гниение корней и появление заболеваний.
- Освещённость: так агрокультуры не могут выжить без фотосинтеза, то освещённость напрямую влияет на рост растений, а избыток света даже может привести к солнечным ожогам на листьях культур.
- Уровень углекислого газа: так как CO_2 является основным газом для проведения фотосинтеза, то он также как и освещённость непосредственно влияет на рост и развитие растений. Например: поддержание уровня CO_2 в диапазоне 800-1200 ppm ускорят рост растений на 30-40%.
- Уровень кислотности воды: кислотность воды напрямую влияет на доступность питательных соединений в ней для агрокультур,

если же уровень кислотности будет неправильным для того или иного вида овощей, то растения могут недополучать важные для них микроэлементы, что негативно скажется на их урожайности.

Управление данными параметрами является необходимым для качественного выращивания агрокультур, также стоит заметить, что для наилучшего функционирования системы управления всеми параметрами необходимо управлять одновременно. На основе этих параметров и будет поддерживаться оптимальный микроклимат теплицы, то есть будут подобраны идеальные условия для получения наилучшего урожая.

2.2. Выбор программно-логического контроллера

Сейчас одним из самых надёжных способов управления теплицей является управление при помощи программно-логических контроллеров.

ПЛК или программируемый логический контроллер — это электронное устройство для автоматизации технологических процессов. Такова расшифровка аббревиатуры. Система выполняет функции сбора информации, логической обработки данных и управления объектами в соответствии с загруженной пользовательской программой. PLC широко применяют в промышленности, на транспорте, в инженерных системах зданий.

Основа контроллера — центральный процессор (ЦП). Он выполняет все вычислительные операции. Модули ввода отвечают за поступление внешней информации, а модули вывода нужны для трансляции управляющих сигналов. Источник питания обеспечивает электропитание всех компонентов системы.

Промышленный ПЛК служит прежде всего для замены релейно-контактных схем и жесткой логической связи между датчиками, исполнительными механизмами, автоматикой.

Программируемый (логический) контроллер или ПЛК (programmable (logic) controller; PLC): Цифровая электронная система, предназначенная для

применения в производственной среде, которая использует программируемую память для внутреннего хранения ориентированных на потребителя инструкций по реализации таких специальных функций, как логика, установление последовательности, согласование по времени, счет и арифметические действия для контроля посредством цифрового или аналогового ввода/вывода данных различных видов машин или процессов. Как ПЛК, так и связанные с ними периферийные устройства разрабатываются таким образом, чтобы они могли легко интегрироваться в любую промышленную систему управления с применением всех встроенных в них функций.

Проанализируем наиболее популярные ПЛК, с целью выбора, наиболее подходящего для наших задач.

Таблица 2.1 – Сравнение наиболее популярных ПЛК

Модель ПЛК	Доступность ПЛК в РФ	Поддержка ПЛК в РФ	Примерная стоимость ПЛК	Уровень знания ПЛК	Поддерживаемые протоколы
Siemens SIMATIC S7-200	Ограниченно доступен	Не поддерживается	19 702 руб.	Нет опыта работы	TCP/IP, DHCP, SNMP, DCP, LLDP, OPC UA, MODBUS
Овен ПЛК110[M02]	Доступен	Поддерживается	43 200 руб.	Нет опыта работы	ModBus-TCP, CODESYS, Gateway, TCP-IP, UDP-IP, CODESYS Network Variables, PPP
Mitsubishi FX5U-32MR/ES	Не доступен	Не поддерживается	2.105,02 PLN = 50244,29 руб. (по курсу на 23.10.2024)	Нет опыта работы	Modbus, MELSEC, NN, Inverter communication, MELSOFT connection, SLMP

					(3E frame), AnyWireASLINK
--	--	--	--	--	------------------------------

Проанализировав наиболее популярные ПЛК для автоматизации теплиц, можно прийти к выводу, что для нашей задачи наиболее удобен и доступен будет Овен ПЛК110[M02] и так как программировать его лучше всего в CODESYS, ввиду наилучшего знания этой среды и бесплатного распространения, то соответственно выберем CODESYS как среду разработки.

Таблица 2.2 - Технические характеристики Овен ПЛК110[M02]

Количество входов	18
Количество выходов	12
Напряжение питания	от 12 до 30 В постоянного тока при $T > \text{минус } 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, от 12 до 26 В постоянного тока при $\text{минус } 40\text{ }^{\circ}\text{C} > T > \text{минус } 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (номинальное 24 В)
Потребляемая мощность, не более	28 Вт
Время переключения контактов реле из состояния «лог. 0» в «лог. 1» и обратно, не более	10 мс (выходы DO1...DO12)
Поддерживаемые промышленные протоколы	ModBus-TCP CODESYS Gateway TCP-IP

	UDP-IP CODESYS Network Variables PPP
Центральный процессор	RISC-процессор Texas Instruments Sitara AM1808
Габаритные размеры	$(140 \times 114 \times 83) \pm 1$ мм
Масса, не более	1,2 кг

2.3. Выбор различных датчиков для реализации системы

2.3.1. Датчик температуры и влажности воздуха

Для обеспечения урожайности растений, необходимо контролировать температуру окружающей среды. Так как мы выбрали ПЛК от компании “Овен” целесообразно обратиться к их продуктовому ряду. Так как датчик и контроллер точно будут совместимы, написание и редактирование программы будет проще, также стоит заметить, что “Овен” российская компания и соответственно является хорошей отечественной альтернативой западным аналогам. Также целесообразно использовать датчик температуры и датчик влажности воздуха в одном изделии. Данный ход поможет упростить монтаж и обслуживание системы управления промышленной теплицей непосредственно на объекте.

Исходя из требований был выбран датчик “ПВТ110 промышленный датчик (преобразователь) влажности и температуры воздуха” от компании “Овен”. Данный датчик незначительно уступает таким импортным датчикам по техническим характеристикам таким как: Siemens QAE2120.010, WIKA TR10-C и другим. Добавив в список плюсов этого датчика ещё и его доступность, получим наилучший вариант для мониторинга влажности и температуры воздуха.

Рассмотрим его принцип действия, разбив данный прибор на 2 отдельных.

В температурной части принцип действия основан на зависимости сопротивления чувствительного элемента от измеренной температуры окружающей среды. Если рассматривать принцип измерения влажности, то можно сказать он основан на зависимости диэлектрической проницаемости полярного полимерного сорбента, используемого в качестве влагочувствительного слоя, от количества сорбированной влаги.

Таблица 2.3 - Характеристики датчика температуры и влажности ПВТ110-RS

Функция преобразования	линейная
Диапазон измерения и преобразования (показаний)	5...95 (0...100) %
Предел допускаемой основной абсолютной погрешности в диапазоне измерения, не более	$\pm 3,0$ %
Диапазон измерения	$-40 \dots +80$ °C
Предел допускаемой основной абсолютной погрешности в диапазоне измерения, не более	$\pm 0,5$ °C
Протокол обмена данными	Modbus RTU
Габаритные размеры:	$109,4 \times 184 \times 55$ мм
Масса, не более	0,45 кг

2.3.2. Датчик температуры почвы

Также для обеспечения комфортного роста растений потребуется контролировать температуру почвы, для этого понадобится датчик температуры почвы, однако так как влажность почвы также надо контролировать поступим, как и с датчиком ПВТ110, используем совместный датчик температуры и влажности почвы. Для этой цели подойдёт датчик температуры и влажности почвы модели ТН-12-1-А. Он также не попадает в список санкционных и доступен в свободной продаже, а также что немаловажно поддерживает интересующий нас протокол связи Modbus.

Таблица 2.4 - Технические характеристики ТН-12-1-А:

Диапазон измерения температуры:	-40...+80°C
Диапазон измерения влажности:	0...100%
Точность измерения температуры:	±0.5
Точность измерения влажности:	± 3% (0-53%) ± 5% (53-100%)
Длина сенсора:	70мм
Длина кабеля:	1.5м
Степень защиты:	IP68
Габариты:	135*45мм

Данный датчик позволит обеспечить точное измерение температуры и влажности почвы двумя способами:

- 1) В грунт погружаются только штыри датчика, т.е. он будет погружён лишь частично, однако для обеспечения наилучшей точности измерений датчика штыри должны быть погружены полностью в грунт. Также они не должны соприкасаться с камнями и другими твёрдыми предметами.

- 2) Установка датчика подземным методом, когда и штыри, и сам корпус датчика полностью погружены в почву. Данный метод является наиболее популярным и предпочтительным так как измерения производятся при тесном контакте с почвой.

2.3.3. Устройства контроля освещения теплицы

Так как растениям для проведения биохимических реакций, на определённом этапе синтеза питания им нужен квант света. Для того чтобы обеспечить достаточный свет для синтеза этих органических веществ так необходимых растениям мы будем использовать однофазное твердотельное реле. Используем однофазное твердотельное реле “ОВЕН HD-4022.10U”, выбрана она была по причинам доступности и совместимости с ПЛК. Данный прибор идеально подходит для управления напряжением ламп накаливания, ввиду её доступности для российского потребителя, для соответственно управлением уровнем освещённости. Это реле позволяет регулировать значение напряжения резистивной нагрузки от 0 до 10 В.

Таблица 2.5 - Технические характеристики ОВЕН HD-4022.10U

Номинальный ток	40 А
Напряжение нагрузки	10...220 В AC
Сигнал управление	0...10 В DC
Количество фаз	Однофазная
Индикатор	светодиодный
Размеры	60x45x27.5 мм
Температура эксплуатации	-30...+70°C

Рекомендуемый ток резистивной нагрузки	30 А
Рекомендуемый ток индуктивной нагрузки	4 А

2.3.4. Датчик уровня углекислого газа

Далее стоит заметить, что при хорошем освещении и увеличенном содержании углекислого газа в климате теплице растения начинают расти быстрее, а качество их урожая повышается за счёт более пышных соцветий и сочных плодов. По итогу аграрий будет в выигрыше сразу по двум позициям: скорость роста и качество урожая. С целью контроля за уровнем CO_2 в теплице применяют соответствующий датчик. Для это был выбран ПКГ100- CO_2 промышленный датчик (преобразователь) концентрации углекислого газа в воздухе от компании “Овен”. Был выбран он по причине, данный датчик является отечественный, что важно при текущих санкциях на импортные продукты, также ввиду того, что датчик и ПЛК являются разработкой одной компании, то их совместимость будет наилучшей.

Таблица 2.6 - Технические характеристики ПКГ100- CO_2

Регистрируемый газ	Диоксид углерода (CO_2)
Диапазон измерения	400...5000 ppm
Основная приведённая погрешность измерения, не более	15 %
Время обновления	1 с
Время реакции, не более	120 с
Выходной сигнал	4...20 мА

Ток сигнала аварии	3,8 или 21,5 мА *
Сопротивление нагрузки	0...1100 Ом
Время установления выходного сигнала**, не более	10 мин
Протокол обмена данными	Modbus RTU
Скорость обмена данными	1 200...57 600 бит/с
Длина линии связи, не более	1200 м
Степень защиты корпуса	IP65

2.3.5. Датчик уровня кислотности почвы

Так как наша система управления также будет контролировать и подачу жидких удобрений. Для контроля количества данных удобрений в почве потребуется датчик кислотности. Работа данного прибора основана на принципе разности потенциалов, которая образуется между электронами в растворе жидкого удобрения и так как эта разность потенциалов пропорциональна уровню кислотности среды, то и измерения производятся в рН. Так как компания “Овен” не производит датчики кислотности, но наиболее доступным аналогом, если не сказать, что единственным, на данный момент на российском рынке это датчик рН РН-306. Он является наиболее выгодным для установки в теплице так как диапазон измерений и условия работы являются подходящими для данной среды, так как его цена в несколько раз ниже по сравнению с другими аналогами, такими как ОВП LPP-132-4 или ВН-485-рН.

Таблица 2.7 - Технические характеристики датчика РН-306

Диапазон измерений рН:	0 - 14
------------------------	--------

Разрешающая способность, рН:	0.01
Погрешность рН	±0.01
Максимальное давление, МПа:	ABS
Условия работы:	0.2
Условия хранения:	от 0 до 65°C
Длина кабеля датчика:	от 0 до 45°C, влажность до 85% (без конденсата)
Коммуникационный выход:	RS485, протокол Modbus
Установка:	погружная или в трубопровод
Класс защиты	IP68
Питание:	12-24В, ±10%, постоянное напряжение
Потребляемая мощность, Вт:	менее 0.2Вт при 12В
Размеры, мм:	170 (длина), 2.5 (диаметр)

2.4. Выбор языка программирования ПЛК

Выбрав основные компоненты для системы управления, мы сталкиваемся с проблемой выбора языка программирования для программно-логического контроллера. Программирование ПЛК происходит по стандарту МЭК 61131-3, который определяет 5 существующих на данный момент языков программирования. МЭК 61131-3 — это международный стандарт для языков программирования ПЛК, определяющий синтаксис, семантику и отображение для стандартного набора языков ПЛК, таких как:

- Ladder Diagram (LD) — язык релейно-контактных схем
- Function Block Diagram (FBD) — язык функциональных блоков
- Structured Text (ST) — структурированный текст
- Instruction List (IL) — список инструкций
- Sequential Function Chart (SFC) — язык последовательных функциональных диаграмм

Что бы выбрать наиболее подходящий для наших задач управления язык программирования, проанализируем все пять по следующим параметрам: поддержка стандартных блоков, возможность графического представления программы, возможность совместного использования с другими языками программирования, простота масштабирования системы.

Таблица 2.8 – Сравнение языков программирования ПЛК

Название	Поддержка стандартных блоков	Возможность графического представления программы	Возможность совместного использования с другими языками программирования	Простота масштабирования
PKC	есть	да	нет	Сложно
FBD	есть	да	Да с ST	Легко
ST	нет	нет	да с FBD, реже с SFC	Легко
IL	нет	нет	да с SFC	Сложно
SFC	нет	да	Да с ST или IL(предпочтительнее)	Легко

Исходя из анализа языков программирования лучше всего будет использовать FBD и в связке с ним язык ST. Так как FBD обеспечит

графическое представление работы программы из-за чего будет легче создать программу и масштабировать её, а я язык ST понадобится для создания блоков, которых нет в стандартных библиотеках.

2.5. Оптимальные условия роста выбранных овощей

Выше для выращивания были выбраны следующие овощи: артишоки, римская капуста, баклажаны. Для удобства представим условия их выращивания в виде таблицы.

Таблица 2.9 – Климатические параметры для выращивания растений

Название	Уровень освещённости	Оптимальная температура	Уровень кислотности почвы	Средний уровень полива*
Артишок	6-8 часов в день	15–20°C	pH 6.5–7.5	4-5 литров 2-3 раза в неделю
Римская капуста	12-16 часов в день	16–18°C	pH 7.0–8.0	5 литров 2 раза в неделю
Баклажан	12-14 часов в день	25 – 28 °C,	pH 6.5–7.0	12-14 литров 2 раза в неделю

*Уровень полива рассчитан на один квадратный метр почвы.

Исходя из параметров оптимального роста данных растений разработана уставка, позволяющая сравнивать полученные значения датчиков с требуемыми. Параметры роста растений в уставке были найдены путём поиска среднего значения каждого контролируемого параметра.

Таблица 2.9 – Уставка

Название	Значения
Уровень освещённости	12 часов в сутки
Оптимальная температура воздуха	18-22°C
Уровень кислотности почвы	от 6.5 pH
Средний уровень полива	1 литр в сутки*
Оптимальная температура почвы	От 15 °C
Количество CO ₂	Не менее 1200 ppm
Влажность воздуха	Не менее 50%

ГЛАВА 3. СОЗДАНИЕ СХЕМ ОБМЕНА ДАННЫМИ И УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕПЛИЦЫ

3.1. Схема управления теплицей

На основании выбранного ПЛК, датчиков и устройств управления создадим схему управления теплицей.

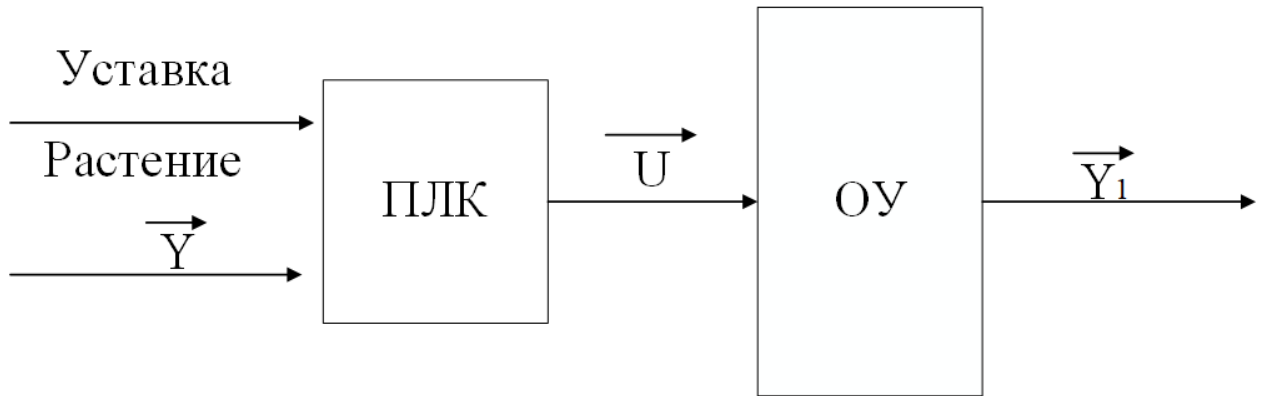


Рис.1. Упрощённая схема с уставкой

На схеме представлены векторы: \vec{Y} , \vec{Y}_1 , \vec{U}

\vec{Y} – реальное значение параметра получаемое ПЛК от различных датчиков.

\vec{Y}_1 – выходной вектор объекта управления. Состоит из: влажности воздуха, температуры воздуха, температуры почвы, кислотности почвы, освещения, уровня углекислого газа и влажности почвы.

\vec{U} – управляющее воздействие на объект управления. Состоит из: увлажнителя кондиционера, клапана бака с водой, клапана бака с жидким удобрением, клапана баллона с углекислотой, тёплого пола и однофазного реле.

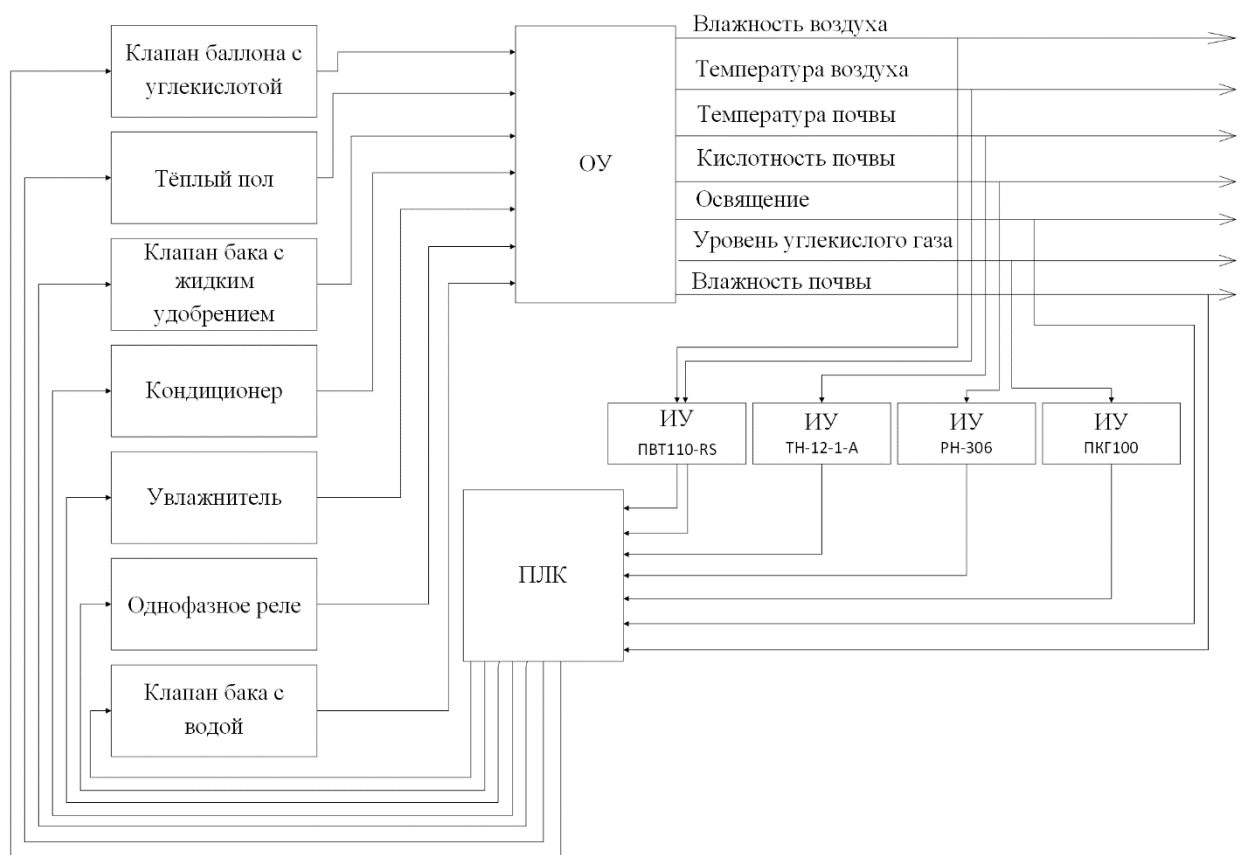
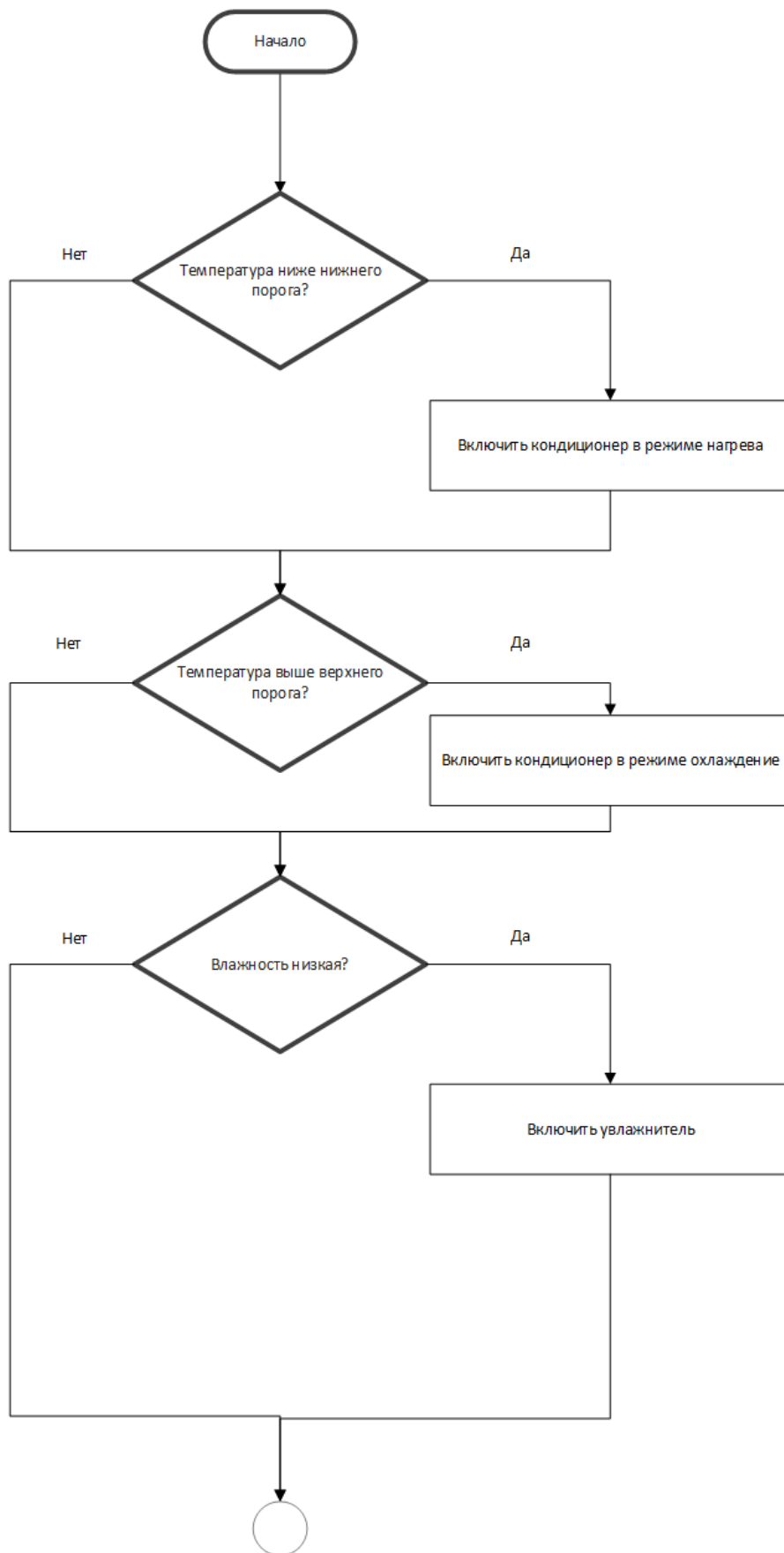
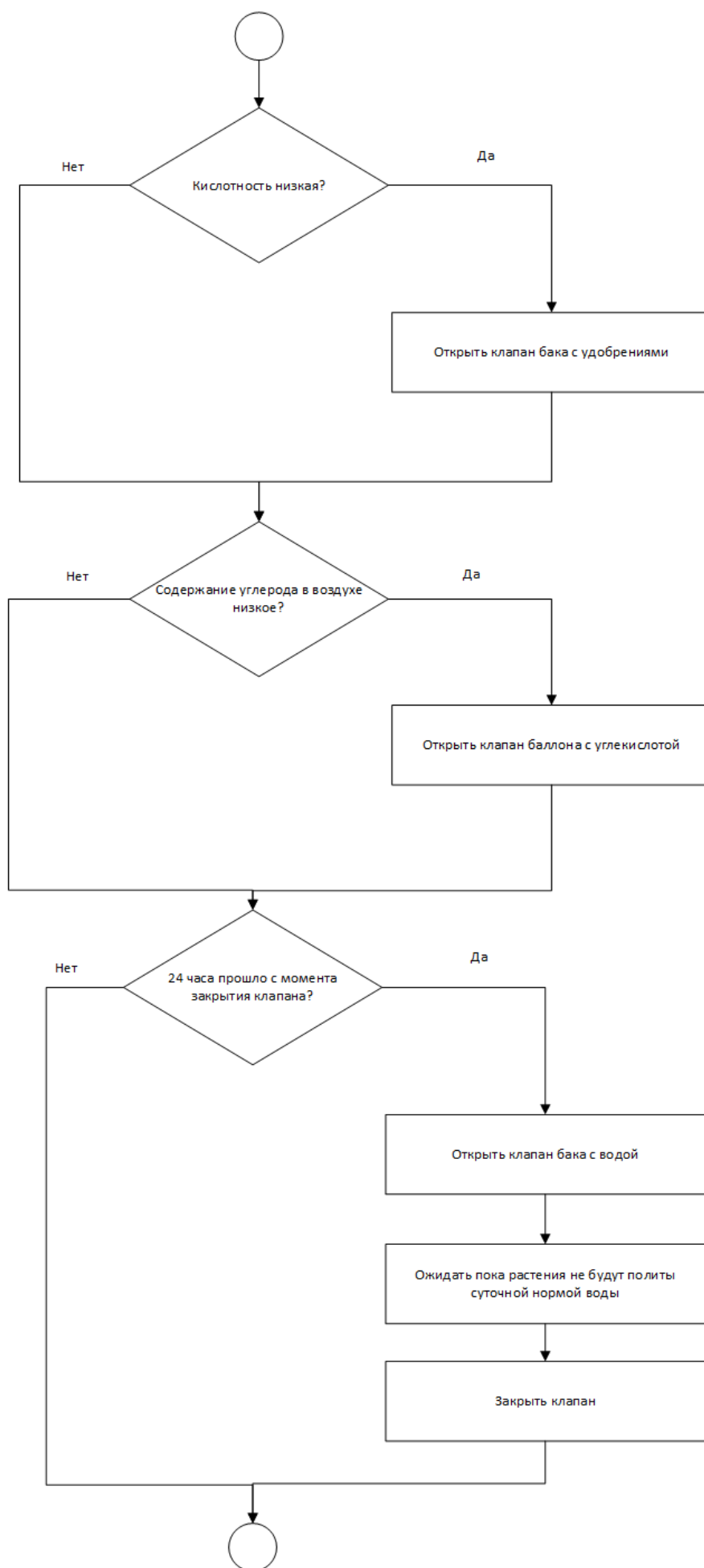


Рис.2. Полная схема управления теплицей

3.2. Блок -схема управления теплицей





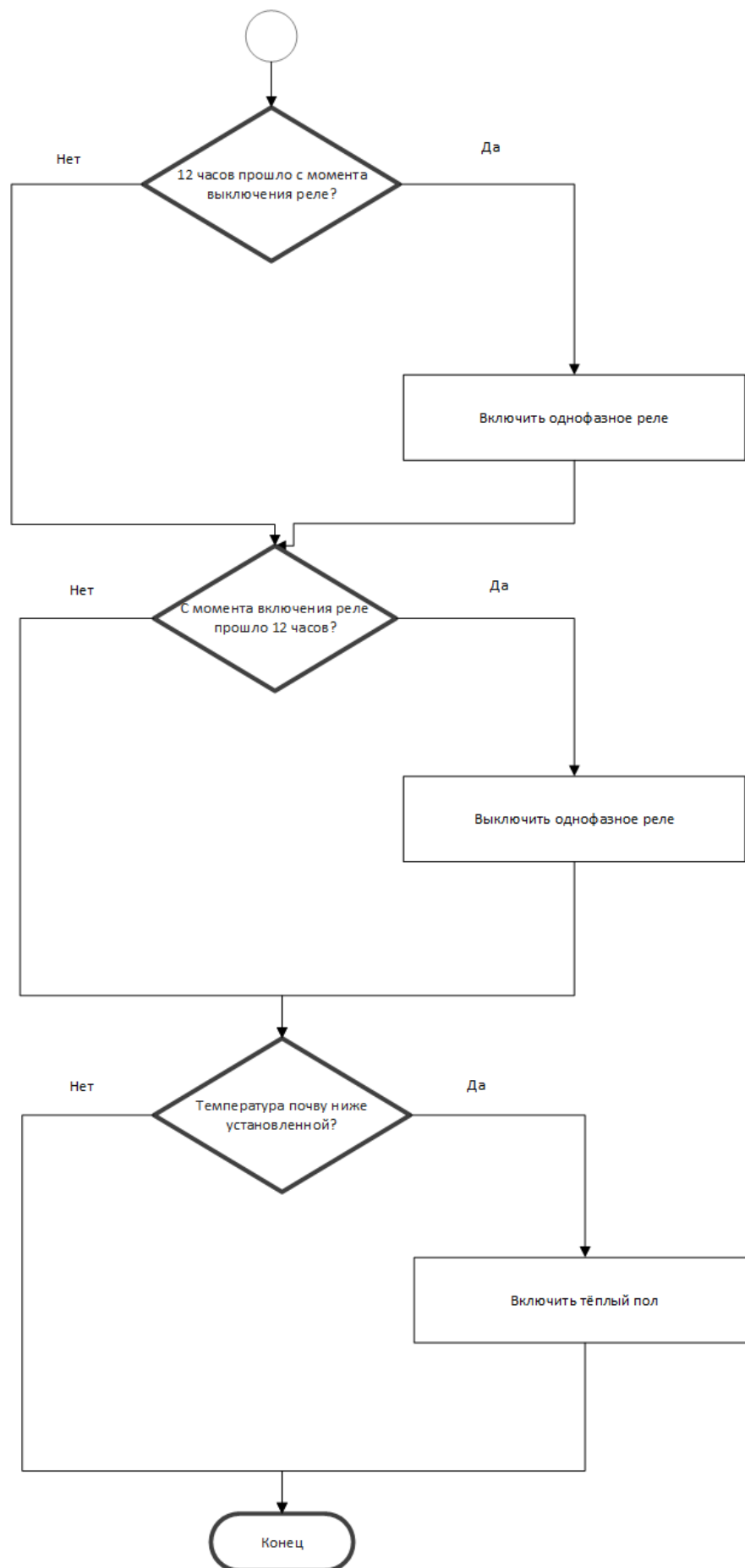


Рис.3 – 5. Блок-схема управления теплицей

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) Грачев, А.В. "Программируемые логические контроллеры в сельском хозяйстве." НИИ автоматизации сельского хозяйства. 2016.
- 2) ПЛК в автоматике: что это и как выбрать контроллер [Электронный ресурс]
Режим доступа: https://www.equipnet.ru/articles/tech/tech_54826.html ,
свободный. - Загл. с экрана
- 3) ГОСТ Р МЭК 61131-1. 2016 [Электронный ресурс] Режим доступа:
<https://meganorm.ru/Data2/1/4293755/4293755017.pdf> , свободный. (Дата
обращения 23.10.2024)
- 4) Технические характеристики Siemens Ni1000 Temperatursensor
[Электронный ресурс] Режим доступа:
https://de.rsonline.com/web/p/widerstands-temperatursensoren/2825186?srsId=AfmBOoqniiPFhfdqeV6X-6QOcMhymwl1YvQOFEuB5V7IwX_AjVWrFc6_IUs , свободный. - Загл. с
экрана
- 5) Технические характеристики ПВТ110 промышленный датчик
(преобразователь) влажности и температуры воздуха [Электронный ресурс]
Режим доступа: <https://owen.ru/product/pvt110> , свободный. - Загл. с экрана
- 6) Технические характеристики датчика ТН-12-1-А [Электронный ресурс]
Режим доступа: <https://xn---8sbk.xn--p1ai/kip/datchiki/th-12-1-a> , свободный. -
Загл. с экрана
- 7) Системы программирования на языках МЭК 61131-3 [Электронный
ресурс] Режим доступа: <https://www.reallab.ru/bookasutp/9-programmnoe-obespechenie/9-3-sistemi-programmirovaniya-mek-61131-3/> , свободный. - Загл.
с экрана
- 8) Технические характеристики контроллера Siemens Simantic S7-200
[Электронный ресурс] Режим доступа:
https://simecs.ru/catalog/siemens/avtomatizatsia_Siemens/kontrolery-simatic/kontrollery-siemens_simatic-s7-1200/6es72151ag400xb0/ , свободный. -
Загл. с экрана
- 9) Технические характеристики контроллера FX5U [Электронный ресурс]
Режим доступа: <https://gidra.by/promyshlennoe-oborudovanie/plk-programmiruemyj-kontroller-mitsubishi/kontrollery-mitsubishi-electric-serii-fx5-iq-f/protssornye-bloki-serii-fx5-iq-f/standartnoe-ispolnenie-serii-fx5-iq-f/fx5u-32mres/> , свободный. - Загл. с экрана

10) Характеристики жидкого азотного удобрения FX5U [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.agrogelios.ru/products/6/38/> , свободный. - Загл. с экрана