Введение

Современный уровень производства пищевых продуктов характеризуется с одной стороны увеличением урожайности полей за счет введения новых урожайных сортов растений, селекцией высокопроизводительных сортов, химизацией сельского хозяйства; с другой стороны – сокращение посевных площадей из-за строительства городов, расширение сети дорог, аэродромов, промышленных комплексов, под которые зачастую отводятся лучшие земли. Это всё происходит на фоне постоянного и быстрого увеличения населения планеты. Вопрос продовольствия становится одним из наиболее важных и острота решения этого вопроса будет возрастать.

По данным ООН, до 2000 года население планеты увеличится вдвое по сравнению с 1980 годом, следовательно потребление пищевых продуктов и материальных ресурсов идущих на их производство тоже увеличится.

Сейчас проблема заключается не в том, что пищевые ресурсы исчерпаны, а в том, что потери продовольствия и сельскохозяйственной продукции на пути от поля к столу потребителя достигают значительных величин. Сейчас в мире производится около 4 млрд. тонн пищевых продуктов, половина из которых требует холодильной обработки, и лишь четверть проходит такую обработку. Около 30% продукции не доходит к потребителю.

Поэтому необходимо создание непрерывной холодильной цепочки, которая состоит из отдельных звеньев, которые обеспечивают условия для непрерывной холодильной обработки и хранения скоропортящихся продуктов на пути от мест производства или выращивания к местам потребления.

Начальным звеном холодильной цепи являются производственно – заготовительные холодильники, которые являются составной частью пищевого предприятия или представляют собой самостоятельные организационные структуры. Работа этих холодильников имеет исключительно сезонный характер и не рассчитана на длительное хранение продукции, поэтому объём камер не очень большой. Это камеры охлаждения и заморозки. Базовые холодильники предназначены для накопления продукции заготовленной в первом звене холодильной цепи.

В местах, где происходит перегрузка продуктов с одного вида транспорта на другой создают перевалочные холодильники, которые предназначены для кратковременного хранения продукции.

Для длительного хранения продуктов питания, а также для равномерного снабжения ими населения больших городов и индустриальных центров через торговую сеть, именно распределительные холодильники становятся основным звеном холодильной цепи.

Торговые холодильники предназначены для кратковременного хранения пищевых продуктов в розничной торговле и на предприятиях общественного питания.

Домашние холодильники – это последнее звено холодильной цепи.

Соединительным звеном холодильной цепи является холодильный транспорт (автомобильный, железнодорожный, речной, морской и воздушный). Однако холодильная цепь не обеспечивает сохранение всех продуктов, которые производятся сельским хозяйством. Основное внимание уделялось продуктам животного происхождения. Они обеспечены холодильной цепью с момента их производства до момента их потребления.

С растительным сырьем, а именно, сочным растительным сырьем (овощами, плодами, ягодами, бахчевыми, зеленью) в районах ее выращивания количество холодильников незначительно и их емкость очень мала.

Искусственный холод в плодоовощной промышленности используют при предварительном охлаждении, транспортировки, замораживании и хранение плодов и овощей, а также во производства и хранения соков и плодоовощных консервов.

Современные технологические процессы предварительного охлаждения, а именно, быстрое снижение температуры перед транспортировкой или закладкой на хранение, позволяет продолжить срок холодильного хранения яблок, груш, винограда на 1.. 1,5 месяца; косточковых плодов – на 0,5 месяца; ягод – на неделя и более; овощей, в зависимости от вида и сорта – на несколько недель и даже месяцев.

**1. Задачи автоматизации**

Во время усовершенствования холодильников должны решаться следующие задачи:

* обеспечение высоких теплозащищающих свойств ограждающих конструкций путем использования современных эффективных теплоизоляционных материалов, герметизацией стыков панелей, дверей, вводов труб и кабелей;
* разработка и внедрение прогрессивных технологий холодильной обработки, хранения, и транспортирования фруктов при строгом нормировании и поддержании температуры и влажности на основе рационального выбора энергосберегающих систем, инженерного оборудования, в том числе на базе микропроцессорной техники;
* достижение минимального удельного объема камер (3,5…4,5 м3 /т) путем усовершенствования объемно – планировочных и конструктивных решений холодильников;
* во время проектирования и строительства должен быть внедрен принцип формирования холодильников и холодильных комплексов обработки и хранения фруктов на основе блочных автономных строительно-технологических секций (модулей) комплектной поставки.

Универсальный холодильный модуль состоит из камеры хранения плодоовощной продукции, машинного отделения и навеса для производства погрузочно-разгрузочных работ.

В холодильном модуле в зависимости от места его расположения могут охлаждается разные виды растительной продукции (виноград, ягоды, фрукты, овощи и др.). При условной вместительности 100 тонн в холодильную камеру помещается:

– виноград в лотках – 85,5 т;

– яблоки в контейнерах – 128 т;

– яблоки в деревянных ящиках на поддонах – 97 т.

Холодильная камера принята размером в три строительных квадрата (18,3 х 6,4 м); строительная высота – 5,85 м. В камере расположены два воздухоохладителя навесного типа. Во время максимальной нагрузки (период загрузки камеры) работают 2 аппарата, во время длительного хранения – один. При отрицательных температурах внешней Среды холодильная установка не работает, в работу включается электронагреватели одного или двух воздухоохладителей вместе с вентиляторами.

**2. Функциональная схема автоматизации холодильного модуля**

Холодильная автоматизированная установка состоит из двух компрессоров (КМ), оснащенных устройствами автоматической защиты, двух маслоотделителей (МО), сборника масла (МС), форконденсатора(ФКД), конденсатора(КД) c вентиляторами, линейного ресивера (РЛ) с двумя датчиками уровня, двух воздухоохладителей (ВО), установленных в камере и оснащенных вентиляторами, регуляторами заполнения и соленоидными вентилями (СВ), отделитель жидкости (ОЖ) с двумя датчиками уровня, дренажного ресивера (РД) с датчиком нижнего уровня и СВ, двух водяных насосов.

**2.1 Работа схемы автоматизации холодильной установки**

После загрузки яблоками холодильной камеры предварительно в работу в ручном режиме включают два КМ (мощность привода КМ 5,5 кВт), то есть КМ №1 и КМ №2. Этим обеспечивается большая скорость охлаждения яблок. Выход на нормальный режим работы осуществляется примерно за 10 суток

В пусковом режиме схема работает таким образом. Перед включением КМ СВ ΨА3 и ΨА7 на линиях подачи жидкости ВО и ΨА2, ΨА1 на линиях подачи пара дистанционно открываются. Также открываются СВ ΨА10 и ΨА11, которые соединяют ОЖ с РД и СВ ΨА13 на общей линии подачи жидкого аммиака в ВО №1 и №2. Остальные СВ (ΨА1,ΨА4,ΨА5,ΨА8,ΨА9,ΨА12) закрыты. Потом происходит включение вентиляторов ВО и КД и насосов КМ №1 и №2.

КМ откачивают пар из ОЖ. При этом ОЖ через СВ ΨА10 (уравнительная паровая линия) и вентиль ΨА11 (уравнительная жидкостная линия) соединен с РД. В данном случае РД выполняет роль ОЖ, то есть жидкость в ОЖ не накопляется.

Пар КМ сжимается и через ОМ №1 и №2 подается в ФКД и далее в КД. Сконденсированный аммиак поступает в РЛ. Далее жидкость из РЛ через СВ ΨА13 параллельно подается в ВО №1 и №2 через соответственно СВ ΨА3 и ΨА7. Последовательно с этими СВ смонтированы регулирующие вентили (РВ) №1 и №2, в которых происходит дросселирование агента до определенного давления, при котором аммиак начинает кипеть. Пар из ВО №1 и №2 через СВ ΨА2 и ΨА6 поступает в ОЖ, а из него выкачивается КМ №1 и №2 (цикл замкнулся).

Благодаря кипению агента при отрицательной температуре в ВО №1 и №2 осуществляется поглощение тепла камеры и температура в ней постепенно уменьшается.

После выхода установки на нормальный режим работы один КМ отключают и далее в работе находится только один КМ и один ВО. Их задача поддерживать температуру в камере в диапазоне 0…1°C, то есть компенсировать проникновение тепла через теплоизоляционную конструкцию камеры.

Оттаивание ВО должно проводится приблизительно один раз в сутки. При этом один ВО должен оттаивать а другой находится в работе, в пусковой период оттаивание осуществляется вручную, а в режиме хранения – автоматически. Оттаивание проводится горячими парами аммиака с линии нагнетания КМ, который подается в ВО находящееся в оттайке. В процессе оттайки, который продолжается приблизительно от 20 до 30 минут, работает только один КМ. КМ №1 работает с ВО №1, а КМ №2 с ВО №2.

В процессе оттайки любого ВО ОЖ отключается от РД СВ ΨА10 и ΨА11. При этом СВ ΨА10,ΨА11,ΨА13 должны быть закрытыми. Жидкий аммиак в данном случае накопляется в РЛ. Если при отрицательных температурах окружающей среды и отключенных компрессорах температура в камере понижается ниже допустимой, то в данном случае включаются электронагреватели, которые встроены в ВО. Включением и выключением поддерживают заданную температуру в камере.

**2.2 Работа узлов функциональной схемы автоматизации холодильного модуля**

Основной регулируемой величиной в данной схеме есть температура воздуха в холодильной камере. Ее регулируют включением и выключением КМ , а зимой возможно ее поддержание включением и выключением электронагревателей ВО №1 и ВО №2.

Для управления каждым КМ спроектирован малогабаритный пульт автоматического управления типа ПАК (выпускается «Пищепромавтоматика «, г. Одесса). КМ оснащены стандартными приборами автоматической защиты от аварийных режимов работы.

Заполнение ВО регулируется автоматически по перегреву пара. Оттаивание ВО проводится горячим паром аммиака по времени.

Предусмотрено следующее блокирование: Включение КМ возможно только после включения водяного насоса и вентилятора КД; После выключения КМ №1 (№2) СВ на линии подачи жидкости в ВО №1 (№2) должен быть закрыт .

По уровню жидкого аммиака в ОЖ проводится аварийное выключение КМ. В РД контролируют и сигнализируют нижний уровень жидкости , а в РЛ нижний и верхний уровни.

Спроектировано автоматическое включение резервного водяного насоса .Узлы контура функциональной схемы автоматизации действуют таким образом.

**2.2.1 Контуры регулирования температуры в камере**

Контроль температуры воздуха в холодильной камере осуществляется двумя электронными термореле 19б и 23б типа Т419 с датчиками 19а и 23а (медные электрические термометры сопротивления).

Так как датчики контролируют температуру воздуха практически в одной точке камеры , то следует комплектовать этот контур одним двойным электрическим термометром сопротивления (в одном корпусе размещено 2 чувствительных элемента).

Предусмотрена замена термореле Т419 ,которое серийно выпускается в России , на электронное реле температуры (ЭРТ) , которое разрабатывается в институте «Агрохолод»ЭРТ имеет цифровую шкалу, на которой отмечается температура воздуха в камере. Благодаря этому отпадает необходимость в дистанционном контроле температуры воздуха в камере, например, логометром. Термореле 19б управляет КМ №1, а реле 23б КМ №2. Как уже отмечалось, в режиме хранения фруктов находится в работе один КМ Допустим, что РТ 19б настроено на диапазон поддержания температуры в камере 0…-1°С. Если температура в камере повысится до 1°С, то ЭРТ включит электродвигатель водяного насоса вентилятора КД, КМ №1 и открывает СВ ΨА3 В результате температура воздуха в инерционной камере постепенно снижается.

При 0 °С ЭРТ выключает водяной насос, вентилятор КМ №1 и закрывает СВ ΨА3 Этим экономится электроэнергия, которую потребляют электродвигатели вентилятора КД и водяного насоса А закрытый СВ ΨА3 не позволяет жидкому аммиаку поступать в ВО №1 и переполнять его и ОЖ при не работающем КМ.

Тепло в камеру поступает извне через ограждение и температура воздуха в камере постепенно повышается.

Когда она станет равна 1°С, тогда работа схемы повторяется, то есть данный контур осуществляет двухпозиционное регулирование температуры камере путем пуска и остановки КМ

Коэффициент рабочего времени КМ составляет 09

Зимой есть возможность поддерживать температуру воздуха в камере при помощи того же термореле 19б, которое будет включать и выключать (при 1°С) электронагреватель №1 ВО №1

Если в работе находится КМ №1 вместе с ВО №1, то вентилятор ВО №1 работает непрерывно, несмотря на остановки КМ обеспечивая равномерное распределение температуры по объему камеры

Абсолютно аналогично работает ЭРТ 23б. Это термореле управляет КМ №2, водяным насосом, вентилятором КД и СВ ΨА7 Термореле 23б зимой управляет электронагревателем №2 ВО №2. В этом случае непрерывно работает вентилятор №2 ВО №2

Зимой одновременно могут управлять своими электронагревателями термореле 19б и 23б, если один электронагреватель не будет способен поддерживать заданную температуру. При этом вентиляторы ВО №1 и ВО №2 работают непрерывно

Для удобства наладки и эксплуатации в схеме предусмотрено два термореле

В данном контуре можно перейти на ручной режим управления КМ, вентиляторами, электронагревателями и СВ

**2.2.2 Контуры автоматического заполнения жидким агентом ВО**

Для этого (для каждого ВО) спроектирована автоматическая система регулирования (АСР), которая состоит из реле разницы температур (РРТ) 21а (24а) в комплекте с двумя малоинерционными медными электрическими термометрами сопротивления 40а (42а), 41а (43а) и СВ ΨА3 (ΨА7)

В данное время в институте «Агрохолод» разрабатывается РРТ с цифровой шкалой, которая позволяет измерять кипящего агента и пара на выходе из ВО, а также разницу отмеченных (перегрев)

С помощью РРТ задают перегрев, который далее будет автоматически выдерживаться таким образом Например РРТ 21а на строен на диапазон 2…3 °С Это означает следующее: если перегрев равняется 3°С (ВО не заполненный), то РРТ 21а открывает СВ ΨА3 и жидкость начнет поступать в ВО №1 Это приведет к постепенному снижению перегрева, степень заполнения ВО увеличится, и когда оно будет равняться 2°С, РРТ даст команду закрыть СВ ΨА3 Далее работа схемы повторяется. Как видим, и тут осуществляется двухпозиционное регулирование перегрева пара в заданном диапазоне. Абсолютно аналогично работает АСР заполнения ВО №2

Видно, что перегрев – это средний параметр заполнения ВО Поддержание его в заданном диапазоне будет заполнение ВО жидким агентом. Таким образом, их теплопередающие поверхности будут эффективно использоваться.

Заметим, что АСР заполнения ВО нормально функционирует только тогда, когда работает КМ. В пусковом режиме они отключены

При выключенном КМ СВ ΨА3 и ΨА7 закрывается и описанная АСР не работает

**2.2.3 Узел автоматической защиты компрессоров**

Как уже отмечалось, для каждого КМ спроектирован стандартный пульт управления типа ПАК. Этот пульт обеспечивает автоматическое управление и защиту КМ от аварийных режимов работы. На фасаде пульта расположены ключ выбора режима КМ, кнопки, лампа (многоцифровая) сигнализации К пульту управления присоединяются контакты камерного термореле а также контакты приборов защиты: реле контроля системы смазки (РКСС) 4а (13а); двухблочное реле давления(ДРД) 5а (14а); реле контроля температуры нагнетания (РТ) 3а (12а) – планируется использовать разработанное в институте «Агрохолод» ЭРТ; реле протока воды (РП) 6а (15а); реле уровня (РУ) 25б, 26б у ОЖ – разработка «Агрохолод»

Срабатывание какого-либо из перечисленных приборов автоматической защиты отключает КМ и при этом включается сигнальная лампа, в которой высвечивается соответствующая цифра, которая показывает по какой причине выключается КМ. Так как ХМ работает в автоматическом режиме, то при аварийной остановке КМ на щитке вахтера включается сигнальная лампа. По этому сигналу вахтер вызывает машиниста, который устраняет причину аварии и включает КМ

Приборы автоматической защиты работают таким образом. РКСС срабатывает в случае уменьшения перепада давления масла на линии нагнетания масленого насоса и в картере КМ ниже заданного значения

При уменьшении расхода воды через рубашку КМ, или при полном ее исчезновении срабатывает реле протока воды.

Если температура нагнетания превосходит заданную, то срабатывает РТ нагнетания

ДРД контролирует давления всасывания агента и давление нагнетания. Это реле имеет два измерительных блока (два сильфона) которые через рычажную систему влияют на одну и ту же пару контактов. Если давление всасывания становится ниже допустимого, из-за чего может произойти всасывание воздуха в систему, что приведет к вспениванию масла, или давление нагнетания становится выше допустимого (это может произвести к разрушению КМ), то это реле отключает электродвигатель КМ

В ОЖ контролируются верхний и нижний аварийные уровни аммиака. Контакты обоих датчиков присоединены к обоим пультам ПАК потому, что ОЖ это общий сосуд для обеих КМ Дублирование контроля уровня в ОЖ необходимо для того, чтобы избежать гидравлического удара и тем самым не допустить выхода из строя КМ Если в процессе работы уровень в ОЖ достигнет верхнего значения, то сработает датчик 25б и выключит КМ. Заметим, что подключение РД к ОЖ значительно снижает возможность повышения уровня в ОЖ до верхнего значения

**2.2.4 Узел сигнализации**

На пультах типа ПАК, в отличии от пультов типа УУСК предусмотрена всего одна газоразрядная лампа в которой высвечивается несколько цифр Например срабатывает РП – КМ остановился, включается эта лампа и в ней высвечивается цифра 1 если высвечивается цифра 2 это например означает то, что сработало РКСС и т.д.

В схеме автоматизации ХМ предусмотрена сигнализация нижнего уровня в РД (датчик 45б), а также сигнализация нижнего (64б) и верхнего (27б) уровней в РЛ Эта сигнализация позволяет обслуживающему персоналу наблюдать за уровнем жидкости в основных аппаратах холодильной установки а также видеть, какое устройство автоматической защиты выключило КМ

На пультах ПАК имеется также сигнализация про введения узла автоматической защиты КМ в работу

**2.2.5 Узел автоматического включения резервного водяного насоса**

В технологической схеме предусмотрено два насоса (один рабочий другой резервный) Схема автоматизации обеспечивает автоматическое включение резервного водяного насоса таким образом На общей линии нагнетания водяных насосов установлен электроконтактный манометр 29 а Если в этой точке давление нагнетания води воды падает ниже допустимого при работающем основном насосе, то электроконтактный манометр реагирует на это и дает команду на автоматическое включение резервного водяного насоса

**2.2.6 Узел оттаивания воздухоохладителей**

Оттаивание ВО проводится по времени Для этого в схеме автоматизации спроектированы два моторных реле времени МКП с максимальной выдержкой – 24 часа

Оттаивание ВО проводится по очереди с частотой один раз в сутки Оттаивание продолжается от 20 до 30 минут

В пусковой период оттаивание ВО проводят вручную, а в режиме хранения – автоматически Оттаивание проводят горячим паром аммиака, который подается в ВО с линии нагнетания КМ

В процессе оттаивания ВО №1 работает КМ №2, а при оттаивании ВО №2 работает КМ №1 При этом с помощью 13 – ти СВ составляют соответствующие пути движения агента. Соответствующие положения СВ в процессе ручного и автоматического оттаивания ВО одинаковы Рассмотри м оттаивание ВО №1 и №2 вручную в пусковом режиме Например, оттаивание ВО №1 осуществляют таким образом Выключают КМ 31 и вентилятор №1. КМ №2, вентилятор №2 работают в пусковом режиме, также работают водяной насос и вентилятор №3 КД. С помощью универсального переключателя, который относится к ВО №1, закрывают СВ ΨА3 (на жидкостной линии) и ΨА2 (на паровой линии), ΨА9… ΨА12, а открывают ΨА1 и ΨА4.СВ ВО №2 ΨА7 и ΨА6 – открыты, а ΨА5 и Ψа8 – закрыты. Открытый СВ ΨА13.

В данном случае горячий пар с линии нагнетания КМ №2 через СВ ΨА1 подается в ВО №1. Жидкость, которая осталась в ВО №1, вытесняется этим паром через СВ ΨА4 в РД. Кроме этого, горячий пар, конденсируясь также попадает в РД в виде жидкости.

В результате ВО №1 нагревается горячим паром аммиака и его снеговая шуба таит. Талая вода поступает в поддон, а из него отправляется в дренаж талой воды.

После окончания оттаивания ВО №1 включают КМ №1 и вентилятор №1, СВ ΨА1, ΨА4,ΨА13 закрывают, а ΨА3 и ΨА2 открывают. Далее вытесняют жидкость из РД в ВО №1 и №2. Для этого открывают СВ ΨА9 и ΨА12. Через них подается пар в РД и происходит вытеснение жидкости, которое продолжается не больше одного часа. По сигналу датчика нижнего уровня 45б РД СВ ΨА9 и ΨА12 закрываются, а ΨА13,ΨА10,ΨА11 открываются. С этого момента начинается нормальная работа ВО №2.

Автоматическое оттаивание ВО №1 и №2 проводят по времени. Особенность оттаивания в автоматическом режиме заключается в том, что после оттаивания (длится 20 – 30 минут), например, ВО №1 этот ВО на протяжении суток в работу не включают, а работает ВО №2. Через сутки проводят оттаивание ВО №2, который потом сутки не работает. На протяжении этих суток работает ВО №1 и т.д. Итак, в режиме хранения в работе всегда находится только один ВО и один КМ. Время работы обеих КМ на протяжении всего периода хранения будет приблизительно одинаковым. Набор путей движения хладагента с помощью СВ в режиме хранения такой же как и пусковом режиме. Однако в режиме хранения имеется некоторая особенность режима работы РРД, в момент подачи агента в ВО, а также в момент окончания вытеснения хладагента с РД. эти особенности отражены ниже при описании при описании работы электрической схемы оттаивания ВО.

**2.3 Схема автоматизации оттаивания двух воздухоохладителей**

Пусковой период.

В пусковой период (10 суток, постоянная времени камеры Т=100 часов) работают два КМ и два ВО.

При оттаивании ВО №1, его вентилятор и КМ №1 выключают (КМ №2 и ВО №2 находятся в работе)

При оттаивании ВО №2 выключают его вентилятор и КМ №2 (КМ №1 и ВО №1 находятся в работе)

Вытеснение жидкости из РД проводят в ВО №1 и №2, КМ №1 и №2 и ВО №1 и №2 работают (вентиляторы ВО включены)

В начале оттайки ВО №1 одновременно закрываются СВ ΨА2 и ΨА3, а ΨА1 и ΨА4 открываются.

После завершения оттайки ВО №1 одновременно открываются СВ ΨА2 и ΨА3, а ΨА1 и ΨА4 закрываются

В начале оттайки ВО №2 одновременно закрываются СВ ΨА6 и ΨА7, а ΨА5 и ΨА8 открываются.

После завершения оттайки ВО №2 одновременно открываются СВ ΨА6 и ΨА7, а ΨА5 и ΨА8 закрываются.

В процессе оттаивания ВО №1 или ВО №2 ΨА10 и ΨА11, которые соединяют ОЖ с РД, одновременно закрываются.

После завершения оттаивания ВО №1 или ВО №2 и ввода их в работу СВ ΨА10 и ΨА11 одновременно открываются.

При опорожнении РД СВ ΨА13 должен быть закрытым, а СВ ΨА9, ΨА12, ΨА6, ΨА7, ΨА2, ΨА3 – открытыми.

Регуляторы заполнения ВО №1 и №2 отключены.

Управления КМ осуществляется с пультов типа ПАК, а вентиляторами с центрального щита. На центральном щите смонтированы переключатели SА1‑SА3 и сигнальные лампы.

**2.3.2 Режим хранения фруктов**

Этот режим продолжается до 7 месяцев. В этом режиме оттаивание ВО происходит автоматически.

Оттаивание ВО производится по времени.

В работе всегда находится один КМ (№1 или №2).

Один ВО находится в работе а другой оттаивается на протяжении 20… 30 минут, а потом сутки стоит и наоборот.

При оттаивании ВО №1 КМ №1 и вентилятор этого ВО выключены. Работают КМ №2, ВО №2 и его вентилятор.

При оттаивании ВО №2 КМ №2 и вентилятор этого ВО выключены. Работают КМ №1, ВО №1 и его вентилятор.

Регулятор заполнения ВО отключен.

Предусмотрено такое блокирование: при отключенном КМ №1 (№2) СВ на входе хладагента в ВО №1 (№2) должен быть закрытым.

Открытие и закрытие соответствующих СВ на ВО и РД проводится одновременно.

КМ №1 и №2 находятся в работе при хранении растительной продукции одинаковое время.

После окончания оттаивания ВО №1 или №2 жидкость из РД необходимо вытеснить, если даже она не достигла верхнего значения в РД.

Во время оттаивания ВО №1 должен находится в работе КМ №2, а во время оттаивания ВО №2 должен находится в работе КМ №1.

Во время опорожнения РД соответствующий КМ должен находится в работе.

Во время опорожнения РД соответствующий СВ на линии жидкого аммиака ВО должен быть открытым.

Во время вытеснения жидкости из РД регулятор заполнения ВО выключается.

**2.4 Электрическая схема автоматического управления**

**2.4.1 Пусковой период работы холодильного модуля**

Этот период длится приблизительно 10 суток. При этом оттаивание ВО производится вручную, то есть набор необходимых путей движения хладагента проводится дистанционным (со щита) открытием и закрытием соответствующих СВ.

Вариант 1. Работают два КМ и два ВО. Вентиляторы ВО включены (рис). Переключатели SA1, SA2, и SA3 установлены в положение ПР (пусковой режим работы ХМ). При этом замкнуты контакты 1–2,5–6 и 15–16 переключателей SA1, SA2 и 1–2,9–10 переключателя SA3. Через эти контакты питаются СВ ΨА2, ΨА3, ΨА6, ΨА7, ΨА10, ΨА11, ΨА13 и открываются. В данном случае происходит нормальная работа холодильной установки. Регуляторы заполнения ВО выключены в этом и других вариантах. ОЖ через СВ ΨА10, ΨА11 соединяется с РД, то есть жидкий аммиак, который не выпарился собирается в РД.

Вариант 2 Проводим оттаивание ВО №1, но можно оттаивать первым и ВО №2. Для этого КМ №1 и вентилятор №1 выключают, а переключатель SA1 переводят в положение РО (ручная оттайка). Это приводит к тому что СВ ΨА2, ΨА3 закрываются, а ΨА1 и ΨА4 открываются. Кроме того, с помощью контактов 15–16 переключателя SA1 снимается питание с СВ ΨА10 и ΨА11 и они закрываются (см. рис. 3.2).

С этого момента ОЖ отключается от РД. КМ №2 работает и часть горячего пара через СВ ΨА1 попадает в ВО №1, где конденсируется. Жидкость через СВ ΨА4 из ВО №1 вытесняется в РД. Пар, конденсируясь, отдает тепло ВО, а его «снеговая шуба «начинает таять. Талая вода собирается в поддоне №1 и из него отводится в дренаж. Оттаивание длится около 20… 30 минут. После завершения оттаивания ВО №1 переключатель SA1 переводится в положение ПР, включаем КМ №1 и вентилятор №1 Вентили занимают положение соответственно варианта 1 (см. рис. 3.1).

Вариант 3 В соответствии с этим вариантом вытесняем жидкость из РД в ВО. Это всегда необходимо проводить перед оттаиванием очередного ВО, в данном случае перед оттаиванием ВО №2, если он частично заполненный. Итак перед оттаиванием ВО №2 проводим вытеснение жидкости из РД в ВО (опорожненние РД). При этом СВ ΨА10, ΨА11, ΨА13 закрываются, а ΨА9 и ΨА12 открываются (см. рис. 3.1). По сигналу датчика 45б нижнего уровня в РД (см. рис. 3.1) процесс опорожнения завершают. Переключатель SA3 возвращают в положение ПР и СВ переводятся в положение 1 диаграммы включения СВ.

Вариант 4 Производим оттаивание ВО №2. Для этого КМ №2 и вентилятор №2 выключаем, а переключатель SA2 переводим в положение РО. В результате этого закрывается СВ ΨА6, ΨА7, ΨА10, ΨА11, а о открывается ΨА5, ΨА8 (см. рис. 3.2). После завершения оттаивания ВО №2 переключатель SA2 переводим в положение ПР, включаем КМ №2 и вентилятор №2, СВ возвращаем в положение варианта №1.

После этого проводим вытеснение жидкости из РД в ВО.

**2.4.2 Оттаивание воздухоохладителей в автоматическом режиме**

Автоматическое оттаивание ВО проводят по времени. Для этого в схеме предусмотрено два моторных реле времени типа МКП, которые обеспечивают максимальную выдержку времени 24 часа (см. рис. 3.3 и 3.4).

Работа и оттаивание ВО №1.

После окончания пускового режима ВО №1 и №2 размороженные, ОЖ и РД пустые, КМ №1 и №2 выключены, холодильная установка подготовлена к работе в автоматическом режиме.

Работа ХМ в автоматическом режиме происходит таким образом. Универсальные переключатели на пультах ПАК №1 (управляет КМ №1) и ПАК №2 (управляет КМ №2) переводятся в положение А – «автоматический режим». Универсальные переключатели SA1, SA2, и SA3 с целью оттайки ВО переводятся в положение АВ – «автоматическое оттаивание». Тумблеры (находятся в корпусах МКП) переводят в положение «Выключено». Оба реле времени МКП выключены и находятся в таком положении.

Реле времени в исходном положении.

Реле МКП 2 выключено, когда оно отработало полный цикл (то есть 24 часа), и при этом замкнуты его контакты МКП 2–5. Через них получает питание СВ ΨА6 и открывается, то есть отсасывание пара может проводится из ВО №2.

Реле МКП 1 выключено вручную в момент, когда оно отработало 0,5 часа от начала цикла. Это его исходное положение.

**2.4.3 Процесс вытеснения жидкости из РД**

Дренажный ресивер пуст.

Работа схемы начинается с включения реле МКП 1 кнопкой или непосредственно нажимом на сердечник электромагнита, который замыкает контакты МКП 1–12, через которые получает питание синхронный двигатель реле, то есть привод распределительного вала, в пазах которого крепятся кулачки, которые по времени, определенном программой включают или выключают контакты. Реле МКП1 управляет двенадцатью парами своих контактов в соответствии с циклограммой (рис. 3.3). После включение МКП1 сначала происходит замыкание четырех пар его контактов, а именно, МКП1–1, МКП1–2, МКП1–7, МКП1–9. Контактами МКП1–1 включается промежуточное реле 20к, которое своими контактами 20к‑1 подготавливает цепь для включения КМ №1, а контактами 20к‑2 подготавливает цепь для включения водяного насоса и вентилятора КД.

Контактами МКП1–2 включается вентилятор №1 ВО №1, который работает на протяжении суток.

Контактами МКП1–7 подготавливается цепь для включения СВ ΨА10 и ΨА11. Поскольку сначала включается реле МКП1 должно произойти вытеснение жидкости из РД (такой режим работы схемы), то СВ ΨА10 и ΨА11 при этом в соответствии с заданием должны быть закрытыми.

И, наконец, контактами МКП1–9 подготовляется цепь для включения промежуточного реле 22к. Это реле срабатывает, когда имеется жидкость в РД и контакты 45б датчика нижнего уровня РД замкнуты. Как было сказано выше, поскольку рассматривается работа схемы в момент ее перехода в режим хранения, то РД в этот момент пуст. То есть контакты 45б разомкнуты, а реле 22к будет обесточено. Контакти 22к‑1 этого реле в цепи СВ ΨА9 и ΨА12 разомкнути и СВ закрыты. Контакти 22к‑2 и 22к‑3 разомкнути в цепях КМ №1, водяного насоса и вентилятора КД. Контактами МКП1–9 включается промежуточное реле 23к, которое размыкает контакты 23к‑1 и 23к‑2, которые находятся в цепях управления КМ №1, водяным насосом и вентилятором КД. Они разомкнути на протяжении времени вытеснения жидкости из РД (приблизительно около 1 часа).

Итак, при пустом РД контакты 45б разомкнути и на протяжении времени необходимого на вытеснения жидкости из РД, КМ №1, водяной насос и вентилятор не работают, СВ ΨА9, ΨА12 и ΨА13 закрыты. После опорожнения РД контакты МКП1–9 разомкнути, реле 23к, 23к‑1 и 23к‑2 будет обесточено и замкнет свои контакты, которые размыкаются в цепях управления КМ №1, водяным насосом и вентилятором КД. С этого момента завершается процесс вытеснения жидкости из РД и начинается новый цикл работы схемы. Но прежде чем описывать работу схемы в следующем цикле, рассмотрим ее работу в режиме вытеснения жидкости из РД в случае, когда в РД есть жидкость.

Дренажный ресивер заполнен аммиаком.

В данном случае начнем рассматривать работу схему в этом режиме с момента включения МКП1 и замыканием указанных выше четырех пар его контактов. Замыкание контактов МКП1–1, МКП1–2, и МКП1–7 приводит к тому, что было описано в п. 4.3.1.

Замыкание контактов МКП1–9 вносит в схему такие изменения в сравнении с п. 3.4.3.1: поскольку при заполненном ДР контакты 45б его датчика нижнего уровня замкнуты, то через контакты МКП1–9 получает питание не только промежуточное реле 23к, а и 22к. При этом контактами 22к -1 включаются СВ ΨА9 и ΨА12; контактами 22к‑2 включается КМ №1; контактами 22к‑3 включается водяной насос и вентилятор КД. Только после включения водяного насоса включается КМ №1. Блокконтактами 1к-КМ пускается электродвигатель КМ №1 и контактами 22к‑4 включается реле времени КТ‑1 и СВ ΨА3, установленный на жидкостной линии ВО №1. При этом ΨА3 получает также питание через контакты, которые размыкаются, КТ1–1 (не исключено, что в момент замыкания контактов 1к-КМ будут также замкнуты контакты 21а реле разницы температур – РРТ).Через некоторое время контакты КТ1–1 разомкнутся, но ΨА3 останется в открытом положении, благодаря контактам 22к‑4 и 1к-КМ, которые разомкнуты. Заметим, что на время вытеснения жидкости из РД параллельные цепи включения КМ №1, водяного насоса и вентилятора КД разомкнути соответственно контактами 23к‑1 и 23к‑2.

Итак в процессе вытеснения жидкости из РД работают КМ №1, вентилятор №1, ВО №1, водяной насос и вентилятор КД. При этом СВ ΨА2, ΨА3, ΨА6, ΨА12 открыты, а остальные закрыты. Через СВ ΨА9, ΨА12, ΨА3 жидкость из РД вытесняется горячим паром в ВО №2. При этом РРТ из работы выключено.

По истечении времени, необходимого для опорожнения РД (не более 1 часа), контакты МКП1–9 размыкаются, а контакты МКП1–10 и МКП1–11 замыкаются (см. рис. 3.3). В результате контактами МКП1–9 реле 22к и 23к обесточиваются; контактами 22к‑1 СВ ΨА9 и ΨА12 обесточиваются (подача горячего пара под давлением конденсации в РД прекращается); контактами 22к‑2 выключается КМ №1; контактами 22к‑3 выключаются водяной насос и вентилятор КД; контактами 22к‑4 и 1к-КМ обесточивается СВ ΨА3 и закрывается. При размыкании контактов 23к‑1 и 23к‑2 подготавливаются цепи КМ №1, водяного насоса и вентилятора КД для выключения.

Контактами МКП1–10 включается СВ ΨА13. Контактами МКП1–11 (контакты МКП1–7 замкнуты) включают СВ ΨА10,ΨА11, то есть ОЖ по газовой и жидкостной линии соединяется с РД.

С этого момента схема переходит к следующему этапу работы.

Но, в процессе вытеснения жидкости из РД можно наблюдать следующее. РД опорожнится раньше, чем закончится время выдержки, настроенный на МКП1. При этом контакты МКП1–9 еще остаются замкнутыми, контакты 45б уже разомкнуты (РД опорожнился). В результате реле 22к остается без тока, а реле 23к остается включенным. Реле 22к своими контактами обесточит СВ ΨА9, ΨА12, выключит КМ №1, водяной насос и вентилятор КД, а также оборвет цепь ΨА3 практически одновременно с размыканием контактов 1к-КМ. Реле 23к удерживает свои контакты, которые размыкаются в разомкнутом состоянии и не позволяют включить КМ №1, водяной насос и вентилятор КД цепи параллельного соответственно контактам 22к‑2 и 22к‑3.

После выдержки времени, настроенном на МКП1, вытеснение жидкости из РД контакты МКП1–9 разомкнуты и реле 23к обесточено, его контакты 23к‑1, которые размыкаются, замкнутся в цепях управления КМ №1, водяного насоса и вентилятора КД и подготовят их к включению. Одновременно с размыканием МКП1–9 замкнутся МКП1–10 и МКП1–11, это приведет к тому что было уже описано выше.

Итак если раньше времени выдержки, настроенном на МКП1, произойдет опорожненние РД, то выключается КМ №1, водяной насос и вентилятор КД, закрываются СВ ΨА3, ΨА9, ΨА12 и при этом будет закрытый СВ ΨА13. И только после окончания времени выдержки открывается ΨА13 и далее начинается переход схемы к работе в следующем режиме.

**2.4.4 Нормальная работа КМ №1**

В этом режиме включение и выключение КМ №1 осуществляется автоматически при помощи реле 19б. Допусти, что термореле настроено на поддержание температуры в камере в диапазоне 0,5…1°С. При повышении температуры воздуха в камере до 1 °С термореле замыкает свои контакты 19б в цепи управления водяным насосом и вентилятором КД и включает их (контакты 20к‑2 и 23к‑2 замкнуты, а 21к‑2 и 22к‑3 разомкнуты). Блокконтакты пускателя электродвигателя водяного насоса находятся в цепи управления КМ №1 (в пульте ПАК №1). После их замыкания может включится КМ №1, то есть предусмотрено блокирование, согласно с которым КМ №1 может быть включен только после включения водяного насоса и вентилятора КД.

Другой парой контактов 19б термореле включается КМ №1 (контакты 20к‑1 и 23к‑1 замкнуты, контакты 22к‑2 и МКП2–8 разомкнуты). Блокконтактами 1к-КМ магнитного пускателя электродвигателя КМ №1 включается СВ ΨА3 и реле времени КТ1, которое настроено на время переходного процесса в ВО №1. После окончании этого времени контакты КТ1–1 размыкаются (контакты 22к‑4 разомкнуты) и с этого момента управляет ΨА3 РРТ, то есть оно в зависимости от перегрева замыкает и размыкает ΨА3 свои контакты 21а.

Как уже отмечалось, после завершения оттаивания контакты МКП1–9 размыкаются. Это приводит к включению СВ ΨА13, ΨА10, ΨА11. Итак, когда работает КМ №1, водяной насос и вентилятор КД СВ ΨА2, ΨА6, ΨА10, ΨА11, ΨА13 открыты. СВ ΨА3 Управляет РРТ, которое поддерживает ВО №1 заполненным жидким аммиаком. Остальные СВ закрыты.

С понижением температуры воздуха в камере до 0,5 °С контакты 19б термореле размыкаются – включается КМ №1. водяной насос и вентилятор КД. Контактами 1к-КМ обесточивается реле времени КТ1 и СВ ΨА3. За счет теплообмена температура воздуха в камере постепенно повышается. Достигнув 1 °С термореле срабатывает и работа схемы повторяется. Таким образом в камере осуществляется двухпозиционное регулирование температуры путем включения и выключения КМ. в таком режиме КМ №1 работает приблизительно сутки. После этого необходимо произвести оттаивание ВО №1. Оно осуществляется автоматически следующим образом.

**2.4.5 Оттаивание ВО №1**

Через 23,5 часа после включения реле времени МКП1 размыкаются его контакты МКП1–1, МКП1–2, МКП1–5, МКП1–7, МКП1–11, и замыкаются МКП1–3, МКП1–4, МКП1–6, МКП1–8 (см. рис. 3.3). Это приводит к тому, что контакты МКП1–1 обесточивают реле 20к, которое своими контактами 20к‑1 выключает КМ №1, а контактами 20к‑2 выключает водяной насос и вентилятор КД, если они находятся в работе. КМ №1 выключаясь, контактами 1к-КМ обесточивает реле времени КТ1 и СВ ΨА3, который закрывается. Итак, при не работающем КМ №1 СВ ΨА3 на жидкостной линии закрыт и доступ жидкого аммиака в ВО №1 перекрыт, то есть переполнение исключается.

Контактами МКП1–2 включается вентилятор №1 ВО №1.

Контактами МКП1–3, во время оттаивания ВО №1, включается по параллельной цепи водяной насос и вентилятор КД.

Контактами МКП1–4 включается второе моторное реле времени МКП2 (рис. 3.4).Через насколько секунд контакты МКП1–4 размыкаются, но реле МКП2 остается включенным своими контактами МКП2–12 (они замкнулись электромагнитным реле в момент замыкания МКП1–4). Контактами МКП1–5 питается СВ ΨА2 и закрывается. Итак, СВ на жидкостной ΨА3 и паровой ΨА2 закрыты, то есть ВО №1 подготовлен к оттаиванию.

Контактами МКП1–6 подается питание к СВ ΨА1, ΨА4, которые открываются, то есть путь для подачи горячего пара в ВО №1 подготовлен.

Контактами МКП1–7 и МКП1–11 обесточиваются и закрывается СВ ΨА10, ΨА11. то есть на время оттайки ВО №1 ОЖ этими СВ отключается от РД.

Контактами МКП1–8 включается КМ №2. Контакты МКП1–8 включаются через несколько секунд после замыкания МКП1–4, которые включают реле МКП2. К этому времени Контакты МКП2–1 успевают замкнутся, реле 21к срабатывает и замыкает свои контакты 21к‑1 в цепи управления КМ №2. Контакты МКП1–10 в конце оттаивания ВО №1 размыкаются и СВ ΨА13 закрывается. С этого момента начинается вытеснение жидкости из РД и в этом режиме ΨА13 должен быть закрыт, что и обеспечивается данной схемой.

Итак, оттаивание ВО №1 длится полчаса (от 23,5 до 24 часа). После окончания 24 часа от начала включения МКП1 – это реле своими контактами МКП1–12 себя выключает. В момент выключения МКП1 (конец оттаивания ВО №1) остается замкнутой всего одна пара его контактов, а именно МКП1–5. Этими контактами Включено СВ ΨА2, установленный на паровой линии ВО №1. При работе КМ №2 с ВО №1 пар откачивается (давление должно быть В ВО №1 и №2 в этом режиме одинаковым).

При оттаивании ВО №1 должен работать КМ №2 (КМ №1 выключен), водяной насос и вентилятор КД. Поэтому в данном разделе рассмотрим также работу КМ №2 на протяжении времени оттаивания ВО №1. Как уже говорилось, в момент начала оттаивания ВО №1 на непродолжительное время замыкаются контакты МКП2, то есть на протяжении получаса одновременно работают реле МКП1 и МКП2, потом МКП1 выключается, а МКП2 продолжает работать на протяжении суток.

Рассмотрим работу МКП2 на протяжении первого получаса. В момент включения МКП2 замкнуты только его контакты МКП2–5. Через них питается СВ ΨА6, установленный на выходе пара из ВО №2. Через несколько секунд после включения МКП2 его контакты замыкаются в соответствии с циклограммой, которая приведена на рис. 3.4.

Контактами МКП2–1 включается реле 21к, которое своими контактами 21к‑1 включает КМ №2 (контакты МКП 1–8 на время оттаивания ВО №1 замкнуты).

Контактами МКП2–2 включается вентилятор №2 ВО №2 (водяной насос и вентилятор КД включены контактами МКП1–3).

Контактами МКП2–5 включенный СВ ΨА6.

Контакты МКП2–7 замкнуты, а МКП2–11 разомкнуты, поэтому СВ ΨА10 и ΨА11 закрыты (оттаивается ВО №1).

После окончания оттаивания ВО №1 контакты МКП1–3 в цепи водяного насоса размыкаются, но насос не выключается, потому, что сразу после этого начинается опорожненние РД (при этом КМ №2 и водяной насос должны находится в работе).

Контакты МКП1–5 замыкаются и включается СВ ΨА2.

Контакты МКП1–6 обеспечивают СВ ΨА1 т ΨА4.

Контакты МКП1–8 в цепи КМ №2 размыкаются, но КМ №2 должен продолжать работать, потому что сразу после оттаивания ВО №1 начинается опорожненние РД.

Итак, на этом оттаивание ВО №1 закончено. Реле МКП1 выключено при этом замкнута всего одна пара его контактов МКП1–5, через которые питается СВ ΨА2.

**2.4.6 Опорожненние РД и нормальная работа КМ №2**

Итак, МКП1 и МКП2 работали одновременно полчаса. Через полчаса реле МКП1 выключилось, реле МКП2 через полчаса замкнуло свои контакты МКП2–9. Итак в процессе оттайки ВО №1 находились в работе реле МКП1 и МКП2. Опорожненние РД осуществляется при помощи реле МКП2. так, контактами МКП2–9 включается промежуточное реле 24к (жидкость в РД после оттаивания ВО №1 имеется и контакты 45б замкнуты) и 25к. Контактами 24к‑1 включается СВ ΨА9 и ΨА12, то есть создается путь для вытеснения жидкости из РД горячим паром аммиака. Контактами 24к‑2 (контакты 21к‑1 замкнуты) включается КМ №2. Контактами 24к‑3 включается водяной насос и вентилятор КД. Контактами 25к‑1 и 25к‑2 обрывается параллельные участки цепей управления КМ №2, водяного насоса, вентилятора КД. Контакты МКП2–10 и МКП2–11 разомкнуты и СВ ΨА10, ΨА11 и ΨА13 обесточены. Итак, в процессе опорожненния РД КМ №2, водяной насос и вентилятор КД работают и в схему включен только ВО №2. При этом СВ ΨА10, ΨА11, ΨА13, ΨА3, ΨА4, ΨА1, ΨА5, ΨА8 закрыты, а ΨА2, ΨА7, ΨА6, ΨА9 и ΨА12 открыты. Горячим паром, который подается с линии нагнетания КМ №2 через ΨА9 в РД, осуществляется вытеснения жидкости из РД через ΨА12 и ΨА7 в ВО №2. Откачивание пара осуществляется КМ №2 из ВО №1 и №2 через ΨА2 и ΨА6.

В процессе опорожнения РД можно наблюдать следующие случаи:

* время выдержки на опорожнения РД не закончилось, то есть контакты МКП2–9 еще не разомкнуты, а РД опорожнился и контакты 45б разомкнуты. При этом реле 24к обесточено, а 25к продолжает быть включенным. Контактами 24к‑1 обесточивается ΨА9, ΨА12 и таким образом горячий пар в РД не попадает и из него не может попасть в ВО №2. Контактами 24к‑2 выключается КМ №2, контактами 24к‑3 водяной насос и вентилятор КД. Они не будут включатся до тех пор, пока не разомкнутся контакты МКП2–9. СВ ΨА13 остается закрытым.

Контакты 25к‑1 и 25к‑2 не позволяют включатся КМ №2, водяному насосу и вентилятору КД по параллельным цепям.

По окончании выдержки на опорожненние РД контакты МКП2–9 разомкнутся, обесточится реле 25к и замкнет свои контакты 25к‑1 и 25к‑2 в цепях управления КМ №2, водяным насосом и вентилятором КД. Сейчас их включение зависит от температуры воздуха в камере, то есть если контакты 23б замкнутся, то они включатся и будут работать до размыкания контактов 23б, то есть до снижения температуры воздуха в камере до нижнего предела заданного диапазона. Заметим, что одновременно с размыканием контактов МКПБ2–9 замкнутся контакты МКП2–10 и МКП2–11. Это приведет к открытию СВ ΨА10, ΨА11 и ΨА13.

Далее происходит нормальная работа установки в автоматическом режиме, то есть камерное реле температуры своими контактами 23б включает и выключает КМ №2, водяной насос и вентилятор КД. При выключении КМ №2 контактами 2к-КМ выключается СВ ΨА7 на подаче жидкости в ВО №2. Тем самым исключается заполнение жидким аммиаком ВО №2 (СВ ΨА13 открытый) при не работающем КМ №2. При включении КМ №2 контактами 2к-КМ включается ΨА7 через КТ2–1 и реле времени КТ. которое через некоторое время размыкает свои контакты КТ2–1 и с этого момента при работающем КМ №2 СВ ΨА7 управляет РРТ своими контактами 24а. Реле времени в этой цепи использовано для того, чтобы исключить следующее. При не работающем КМ №2 температура в камере может быть равной нулю и РРТ будет удерживать СВ ΨА7 некоторое время закрытым при включении КМ №2. Особенно это недопустимо при включении в работу оттаяного ВО №2, поскольку РРТ может не сработать (перегрев отсутствует) и работа установки будет ненормальной. При пуске КМ и присутствие в ВО жидкости этот узел является лишним.

* контакты МКП2–9 разомкнуты, а 45б остался замкнутым, то есть время опорожнения прошло, и РД не опорожнился. Этого нельзя допускать потому, что РД будет постепенно заполнятся. На это следует обратить внимание при наладке автоматики.
* контакты МКП2–9 и 45б разомкнулись одновременно – это оптимальный вариант, но при наладке автоматики рекомендуется реализовать пункт первый.

**2.4.7 Оттаивание ВО №2**

Через 23,5 часа после включения МКП2 начинается оттаивания ВО №2. При этом, во-первых, должен выключится КМ №2 и вентилятор №2, а КМ №1 и вентилятор №1 должен включится потому, что горячий пар с линии нагнетания КМ №1 должен оттаивать ВО №2. Для этого соответствующие СВ переключают таким образом. Через 23,5 часа роботы реле времени МКП2 происходит переключение его контактов (см. рис. 3.4).

Контактами МКП2–1 обесточено промежуточное реле 21к и своими контактами 21к‑1 выключает КМ №2, контактами 21к‑2 обрывает одну из цепей управления водяным насосом и вентилятором КД. Контактами 2к-КМ магнитного пускателя КМ 32 обесточено СВ ΨА7, и также реле времени КТ2.

Контактами МКП2–3 приблизительно на полчаса включают водяной насос и вентилятор КД. Они должны работать эти полчаса, а также КМ №1 и вентилятор №1 потому, что в это время происходит оттаивание ВО №2.

Контактами МКП2–4 включается моторное реле времени МКП1. Итак за полчаса до выключения реле МКП2 включается реле МКП1. После включения МКП1 происходит замыкание его контактов МКП1–12, которые шунтируют контакты МКП2–4, которые через несколько минут размыкаются.

Контактами МКП2–4 обесточивается газовый СВ ВО №2 и закрывается потому, что этот ВО должен оттаивать.

Контактами МКП2–6 включается СВ ΨА5 иΨА8, так как через них и ВО №2 циркулирует горячий пар.

Контактами МКП2–7 обесточивается СВ ΨА10 иΨА11, и этим самым РД рассоединяется с ОЖ на время оттайки ВО №2.

Контактами МКП2–8 включается КМ №2 (и тут действует блокирование, то есть сначала включается водяной насос с вентилятором КД, а только потом КМ №1) при замкнутых контактах 20к‑1.

Реле МКП1, которое включилось за полчаса до включения реле МКП2, переключает свои контакты (рис 3.3).

Контактами МКП1–1 включается промежуточное реле 20к, которое своими контактами 20к‑1 включает КМ №1 при замкнутых контактах МКП2–8, а контактами 20к‑2 подготавливает одну из цепей водяным насосом и вентилятором КД.

Контактами МКП1–2 включается вентилятор №1 и ВО №1.

Контактами МКП1–5 включается СА ΨА2 на газовой линии ВО №1.

Контактами МКП1–7 Подготовляется цепь для включения СВ ΨА10 и ΨА11 (контакты МКП1–11 пока что разомкнуты). которые на время оттайки ВО №2 остаются закрытыми. После завершения оттаивания ВО №2 реле времени МКП2 обесточивается контактами МКП1–12, а МКП1 уже находится полчаса в работе.

В реле МКП2 размыкаются контакты МКП2–3 в цепи управления водяным насосом и вентилятором КД.

Контакты МКП2–5 перед выключением МКП2 замыкаются и включают СВ ΨА6 и этим самым газовая линия ВО №2 соединяется с всасывальной линией КМ №1.

Контакты МКП2–6 размыкаются и обесточивают СВ ΨА5, ΨА8 и тем самым проток горячего пара ВО №2 прекращается, то есть оттаивание завершается.

Контактами МКП2–8 выключается КМ №1.

Контактами МКП2–10 обесточивает и закрывает СВ ΨА13, то есть с этого момента начинается опорожненние РД.

Этим цикл работы схемы заканчивается, то есть начало ее работы было рассмотрено с момента включения МКП1.

Итак, в установленном режиме работы схемы моторное реле времени МКП осуществляет:

* опорожненние РД;
* нормальную работу КМ №1 (ВО №1) при работе термореле 19б;
* оттаивание ВО №1.

Реле времени МКП2 осуществляет:

* опорожненние РД;
* нормальную работу КМ №2 (ВО №2) при работе термореле 23б;
* оттаивание ВО №2.

**3. Устройство и принцип работы пульта автоматизации компрессора ПАК‑11**

Конструктивно пульт выполнен в виде двух узлов: электронно-релейного блока (ЭРБ) и соединительного устройства СУ, электрически соединяемых штепсельными разъемами.

ЭРБ представляет собой панель, на задней стороне которой установлена электронно-релейная аппаратура и винт заземления. На передней стороне панели расположены органы управления (кнопки, тумблера) и световая сигнализация (цифровой индикатор и нанесенные рядом с ним условные символы).

Расшифровка сигналов цифрового индикатора приведена в табл. 4.1

Таблица 4.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Цифра  индикатора | Условный  символ | Расшифровка сигнала |
| 0 |  | Подготовка схемы |
| 1 |  | Отсутствие протока охлаждающей воды |
| 2 |  | Высокое давление нагнетания |
| 3 |  | Высокая температура нагнетания |
| 4 |  | Высокий уровень жидкого хладагента в отделителе жидкости |
| 5 |  | Низкая разность давлений масла в системе смазки |
| 6 | РЕЗЕРВ | Резервный вход |

СУ представляет собой корпус пульта, внутри которого размещены выходные блоки зажимов и узел заземления.

ЭРБ крепится к СУ четырьмя винтами, один из которых пломбируется.

Пульт может быть установлен на приборном щитке компрессора (агрегата), на стене помещения, на опорной колонне, либо на центральном щите автоматики и крепится четырьмя опорными винтами №8.

Габаритный чертеж пульта ПАК‑11 приведен в приложении

Требуемый режим устанавливается тумблером SB2 («1»).

В автоматическом режиме управления компрессором осуществляется по команде, поступающей от соответствующего командоаппарата КА (регулятора температуры, давления и пр.), а в ручном – от кнопок SB1 («0») и SB2 («1»), расположенных на фасаде пульта.

Независимо от режима управления включение компрессора в работу происходит после нажатия пусковой кнопки SB2 («1»).

Работа схемы в режиме ручного управления.

При нажатии кнопки SB2 включается реле К8 и К9. При этом: включаются и становятся на самопитание реле К1 и К7; подготавливается к включению пускатель К2 и реле времени КТ1; на цифровом индикаторе Н зажигается цифра «0», сигнализирующая готовность схемы; подготавливаются цепи подачи обобщенного сигнала «Авария» и подачи команды на включение маслонасоса (при управлении винтовым компрессором).

Реле К1 контактом 61–63 посылает команду на включение электропривода маслонасоса М2 (приложение). При появлении разности давлений масла в системе смазки компрессора замыкаются контакты датчика – реле разности давлений РРД (5–31) и включается реле К4, которое замыкает контакты 17–19, 43–45 и размыкает контакт 43–51.

Нажатием местной кнопки SB3 (приложение) перемещают золотник в сторону открытия (уменьшения производительности компрессора). При полном открытии золотника замыкается контакт конечного выключателя В5 (15–17).

При замкнутых контактах В5 (15–17) и К4 (17–19) включаются пускатель К2 и реле времени КТ1.

Пускатель К2 размыкающим контактом 5–27 отключает электромагнитный вентиль байпаса ΨА2 (при управлении поршневым компрессором с байпасом), а замыкающими контактами 69–71 и 1–27 включает соответственно электропривод компрессора (приложение) и электромагнитный вентиль подачи охлаждающей воды ΨА1. При появлении протока охлаждающей воды замыкается контакт датчика реле протока РП (45–47).

Реле времени КТ1 с заданной выдержкой времени замыкает свой контакт 19–21 в цепи катушки реле К3, которое переключающим контактом 47–43–51 вводит в действие защиты «по воде «и «маслу», а замыкающим контактом 77–79 посылает команду на автоматическое включение ступени низкого давления (СНД) при работе агрегата в системе двухступенчатого сжатия.

После пуска компрессора, нажатием местной кнопки SB4 (приложение). перемещает золотник в сторону закрытия до достижения заданной производительности компрессора.

Работа схемы в режиме автоматического управления.

При замыкании контакта КА (5–7) после предварительного нажатия кнопки SB2. включается реле К1. Далее схема работает аналогично описанному в п.п. 10.1–10.5 с той лишь разницей, что управление электроприводом золотника осуществляется автоматически от соответствующих блокконтактов КМ №1 (29–1 и 29–91) контактора электродвигателя компрессора.

Останов агрегата в любом режиме управления осуществляется нажатием кнопки SB1 в цепи 1–3.

При этом отключается компрессор, маслонасос и электромагнитный вентиль ΨА1 и включается электромагнитный вентиль байпаса ΨА2. При остановке агрегата с винтовым компрессором, работавшим в режиме автоматического управления, поступает команда на открытие золотника. Кнопка SB1 размыкает одновременно свой контакт в цепи 73–75, отключающий другую ступень при работе в составе агрегата двухступенчатого сжатия.

Независимо от режима управления схемой предусмотрены защита с сигнализацией причин останова компрессора от следующих аварийных ситуаций:

* отсутствие протока охлаждающей воды;
* высокого давления нагнетания;
* высокой температуры нагнетания;
* высокого уровня жидкого хладагента в отделителе жидкости;
* низкой разности давления масла.

Кроме того предусмотрен один резервный вход (при использовании резервного входа следует снять перемычку 47–53 и вместо нее подключить размыкающий контакт соответствующего датчика – реле, а его замыкающий контакт подключить к проводам 47–39).

При срабатывании любого датчика – реле защиты происходит отключение компрессора. При этом на цифровом индикаторе высвечивается цифра, которой соответствует определенный символ, показывающий причину аварийного останова. Одновременно на центральный щит автоматики выдается обобщенный сигнал «Авария».

Так. например, при повышении давления нагнетания выше заданного допустимого значения срабатывает датчик – реле РД, который размыкающим контактом 5–33 отключает реле К7‑К9, а замыкающим контактом 5–35 – включает реле К5, которое становится на самопитание. Теряют питание катушки реле К2, К3 и КТ1. Останавливаются маслонасос и компрессор, закрывается электромагнитный вентиль ΨА1 и открывается ΨА2. Через контакты К9 (5–207) – К1 (207–209) – К7 (209–211) – К6 (211–213) К5 (213–215) поступает питание на катод 2 цифрового индикатора Н. При этом на индикаторе зажигается цифра «2», которой соответствует символ на фасаде пульта. Одновременно через контакты К1 (61 -63) и К8 (63–65) на центральный щит автоматики поступает обобщенный сигнал «Авария».

После устранения неисправности сброс аварийного светового сигнала осуществляют кратковременным отключением тумблера «Сеть».

Повторный пуск компрессора после аварийного останова возможен только после нажатия кнопки SB2.

Подготовка пульта к работе.

Провести внешний осмотр пульта.

Установить пульт на место эксплуатации и подключить его в соответствии со схемой подключения кабелей.

Подать питание на пульт.

Включить тумблер «Сеть».

Порядок работы.

Работа в режиме с ручным управлением.

Установить тумблер выбора режима управление в положение

Нажать пусковую кнопку «1». При этом на цифровом индикаторе высвечивается цифра «0».

При управлении агрегатом с поршневым компрессором одновременно с нажатием пусковой кнопки «1» включается маслонасос, а затем, при установке золотника в положение, соответствующее минимальной производительности, включается компрессор. Перемещение золотника осуществляется осуществляют в ручную с помощью местных кнопок «SB3» (уменьшение производительности) и «SB4» (увеличение производительности).

После пуска компрессора золотник устанавливают в положение, соответствующее требуемой производительности.

Останов компрессора осуществляют нажатием кнопки «0».

Работа в режиме автоматического управления.

Установить тумблер выбора режима в положение

Нажать пусковую кнопку «1». При этом на цифровом индикаторе высвечивается цифра «0».

После нажатия пусковой кнопки «1» пуск и останов компрессора осуществляются автоматически от команеды командоаппарата.

Принудительный останов компрессора осуществляется нажатием стоповой кнопки «0».

Перевод с одного режима на другой может осуществлятся при работающем компрессоре.

Сброс аварийного светового сигнала после устранения неисправности осуществляется кратковременным отключением питания пульта тумблером «Сеть «.

**4. Расчет температуры в холодильной камере**

Расчет будем производить на основании [7]. В инженерной практики принято промышленные холодильные камеры описывать линейным дифференциальным уравнением 1‑го порядка с постоянными коэффициентами. Камеры являются весьма инерционными объектами. Так, например, постоянная времени Т рассматриваемой холодильной камеры равна 100 ч.

Однако промышленные холодильные камеры фактически являются многоемкостными объектами и более точно их следует описывать дифуравнениями выше первого порядка с тем, чтобы проверить насколько целесообразна их апроксимация дифуравнениями первого порядка.

В [7] предлагается описывать холодильную камеру линейным уравнением второго порядка с постоянными коэффициентами:

*d2Δt dΔt*

*Т1 \* Т2 ⎯⎯ + (Т1 + Т2) ⎯⎯ + Δt = Δty*

*dτ2 dτ*

Используя уравнение (1) и, пренебрегая запаздыванием объекта, проводили исследования двухпозиционной системы регулирования в холодильной камере. Расчет проводили методом Рунге – Кутта (исходный текст программы приведен в приложении).

Метод Рунге – Кутта предназначен для дифференциального уравнения второго порядка вида (c учетом того, что *Δty* изменяет свое значение в зависимости от того работают компрессоры или происходит нагрев воздуха в камере за счет естественного притока тепла, или же при отрицательных температурах окружающей среды когда воздух в камере исскуственно подогревается за счет нагревательных элементов или температура в камере падает за счет естественного оттока тепла через стены камеры)

*d2Δt*

*Δt»= ⎯⎯ = F (τ, Δt, Δt’, Δty),*

*dτ2*

имеющий погрешность R~(h5), реализовался с помощью следующих формул [8]:

*К1=h \* F(τi; Δt i; Δt’i; Δtyi*);

*К2=h \* F(τi +(h/2); Δt i +(h/2)\* Δt’i+(h/8)\* К1;Δt’i + (К1/2); Δtyi*);

*К3=h \* F(τi +(h/2); Δt i +(h/2)\* Δt’i+(h/8)\* К1;Δt’i + (К2/2); Δtyi*);

*К4=h \* F(τi +h; Δt i +h\* Δt’i+(h/2)\* К3;Δt’i + К3; Δtyi*);

*Δt i+1=Δt i+ h\*[Δt’i +(К1+ К2 + К3)/6];*

*Δt’i+1 =Δt’i + (К1+ 2\*К2 + 2\*К3 + К4)/6*

Расчет проводился на участке от 0 ч до 200 ч при следующих начальных условиях:

*Δt 0*= *Δt0;*

*Δt’0* = 0.

Вариант 1. Т1 =100 ч, Т2 =10 ч, заданный диапазон 0,5 – 1 °С, установившаяся температура при ее росте 10 °С и установившаяся температура при ее снижении минус 3 °С. При этом были получены следующие результаты: фактический диапазон поддержания температуры составил 0,45 – 1,25 °С, а период колебаний 54,2 часа. График переходного процесса и протокол работы приведен в приложении.

При описании холодильной камеры линейным дифуравнением первого порядка следующего вида:

*dΔt*

*Т ⎯⎯ + Δt = Δty*

*dτ*

провели аналогичные исследования системы двухпозиционного регулирования, т.е. полагали Т= Т1 +2\* Т2=120 ч, а остальные данные были такими же, как и в варианте 1. При этом температура поддерживалась в заданном диапазоне (запаздыванием пренебрегали), а период колебаний составил 22,5 ч.

Из приведенных данных следует, что фактический диапазон поддержания температуры при более точном математическом описании холодильной камеры увеличивается в 1,6 раза а период колебаний возрастает в 2,5 раза. Следовательно для приведенных исходных данных рассматривать камеру в упрощенном варианте не следует.

Вариант 2. Т2 = 0,5 ч, а остальные данные аналогичны варианту 1. По данному варианту получили, что температура поддерживается в заданном диапазоне, а период колебаний составил 21,3 ч. Исследования в упрощенном объекте (Т = 101 ч) показало, что период колебаний получился равным 19 ч. Как видим, для варианта 2 апроксимация холодильной камеры апериодическим звеном первого порядка вполне допустима.

Вариант 3. Поддержание рабочей температуры в камере происходит за счет работы электронагревателей при Т1 =100 ч, Т2 =15 ч, заданный диапазон 0,5 – 1 °С, установившаяся температура при ее росте 4 °С и установившаяся температура при ее снижении минус 5 °С. При этом были получены следующие результаты: фактический диапазон поддержания температуры составил 0,307 – 1,082 °С, а период колебаний 73 часа. График переходного процесса и протокол работы приведен в приложении.

Вариант 4. Т2 =1.5 ч, а остальные данные аналогичны варианту 3. По данному варианту получили, что температура поддерживается в заданном диапазоне, а период колебаний составил 30,3 ч. Исследования в упрощенном объекте (Т = 103 ч) показало, что период колебаний получился равным 29 ч. Как видим, для варианта апроксимация холодильной камеры апериодическим звеном первого порядка вполне допустима.

Как мы можем видеть из рассмотренного выше целесообразно производить апроксимацию холодильной камеры апереодическим звеном первого порядка только в тех случаях когда постоянная времени Т2 составляет не более чем 0,01…0,025 Т1 то есть ее влияние на качество переходного процесса – несущественно.

В случае, когда постоянная времени Т2 составляет 0,1Т2 то эта апроксимация приводит к значительным погрешностям при расчетах, что недопустимо в современной инженерной практике.

На основании вышеизложенного можно сделать следующий вывод: в современной инженерной практике при использовании средств вычислительной техники необходимо для повышения точности расчетов рассматривать промышленную холодильную камеру, как апериодическое звено второго порядка (при Т2 > 0,01…0,025 Т1)

**5 Технико-экономическое обоснование проекта**

**5.1 Расчет капитальных вложений**

Стоимость строительного объема камеры(Кзд)

Кзд=Vзд\*Сзд, где

Vзд – объем строительный модуля м3

Сзд – стоимость 1 м3 строительства

Кзд=6\*18\*6\*40=25920 грн.

Стоимость оборудования

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование  оборудования | Количество | Стоимость  за ед., грн. | Суммарная стоимость, грн. |
| 1 | Компрессор (55кВт) | 2 | 2100 | 4200 |
| 2 | Конденсатор | 1 | 1600 | 1600 |
| 3 | Градирня ТВ‑20 | 1 | 800 | 800 |
| 4 | Воздухоохладитель ВОП – 50 | 2 | 1300 | 2600 |
| 5 | Вспомогательное оборудование | 2 | 1000 | 2000 |
|  | Итого |  |  | 10200 |
|  | Транспортные расходы (10%) |  |  | 1020 |
|  | Итого |  |  | 11220 |
|  | Монтаж (10%) |  |  | 1120 |
|  | КИП, автоматика (7%) |  |  | 785 |
|  | Специальные работы (1%) |  |  | 112 |
|  | Итого |  |  | 13237 |

Суммарные капитальные затраты составят 36160 грн.

**5.2 Расчет эксплуатационных расходов (расчет себестоимости холода)**

Себестоимость холода для проектируемого модуля рассчитываем методов калькулрования себестоимости 1000 кДж холода.

Расчет выполняем по следующим статьям калькуляции:

1. Вспомогательные материалы

2. Электроенергия

3. Вода

4. Зароботная плата производственных рабочих.

5. Отчисления по зароботной плате

6. Цеховые работы

Расчет затрат по статье «Вспомогательные материалы»

Включает расходы на холодильный агент, смазочные материалы, ветошь.

а) Расчет стоимости годового потребления хладагента

С2а=qа \*Sа, где

qа – годовое потребление аммиака;

Sа – стоимость 1 т аммиака, грн. (принимаем 4000 грн.)

q2а=qа’+qа «’, где

qа’ – эксплуатационное годовое потребление хладагента, т

qа’’ – годовой расход хладагента при ремонте.

С2а = 4000\*0.21=840 грн.

б) Расчет стоимости смазочных материалов за год:

С см.м. =qм\*Sм=0,321\*4100=1316 грн.

где qм – годовое потребление смазочных материалов, т;

Sм – стоимость одной тонны масла ХА – 30, грн. (принимаем 4100 грн./т)

qм=qц\*nц\*t\*T=4\*10-2\*22\*365=321,2 кг =0,321 т

где nц =4 – количество цилиндров

qц – норма массового расхода масла на один цилиндр, кг;

t – число часов работы в сутки, час;

T – количество рабочих дней в году.

в) Стоимость использованной ветоши составляет 100 грн.

Итого (по вспомогательным материалам):2256 грн.

Расчет затрат по статье «Электроэнергия «выполняем по формеле:

Ст.э. =q э \*а э,

где а э – стоимость 1 кВт\*ч, грн. (принимаем 0,12 грн/кВт\*ч).

q э – годовое потребление электроенергии кВт\*ч, определяем в зависимости от годовой холодопроизводительности:

Qг 0,37\*2,5\*109

q э =⎯⎯⎯⎯⎯q’ э =⎯⎯⎯⎯⎯=22070 кВт\*ч

4190 4190

Годовая холодопроизводительность

Qг = ∑Q \*t \*T \*3600,

где Q – холодопроизволительность компрессоров в рабочем режиме, кВт;

t – число часов работы компрессоров в сутки;

Т – число рабочих дней в году.

Qг=2\*6,5\*18\*300\*3600=2,5\*108 кДж

С т.э. = 0,12 \*22070=2648,4 грн.

Расчет затрат по статье «Вода «.

Стоимость годового потребления воды определяем по следующей формуле:

Ств=ав\*qв

где ав = 0,5 грн, стоимость 1м3 воды;

qв – годовое потребдение воды, м3;

Q

qв=q’в\*⎯⎯⎯, где

4190

qв – норма расхода воды на 4090 кДж холода;

qв=0.035\*(2.5 \* 108) / 4190=2080 м3

Ст. в=0.5\*2080=1040 грн.

Расчет затрат по статье «Заработная плата производственных рабочих.»

Годовой фонд заработной платы определяем по формуле:

Ст.з.п.= ∑См\*11\*1.08\*1.5, где

См – прямой месячный фонд заработной платы, грн.;

11 – число рабочих месяцев в году;

1,5 – коэффициент, учитывающий размер премиальных доплат;

1,08 – коэффициент, учитывающий процент дополнительной заработной платы.

См= ∑кi\* ci, где

кi – количество производственных рабочих i‑го наименования;

ci – прямая зароботная плата i – го рабочего в мясяц по тарифу.

Для обслуживания оборудования модуля предпологается использовать одного машиниста – слесаря V – го разряда, среднемесячная зарплата которого сотавляет 150 грн.

Ст.з.п= 120\*11\*1,08\*1,5=2138,4 грн.

Отчисления по зарплате в фонд социального страхования и в фонд Чернобыля составят 49%(37% – отчисления в фонд социального страхования, 12% – отчисления в фонд Чернобыля)

Со.з.п.=2138,4\*0,49=1047,8 грн.

Расчет затрат по статье «Цеховые расходы»

Цеховые расходы включают в себя:

а) заработную плату цехового персонала;

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Должность | Численность | Месячный фонд з.п., грн | Годовой фонд з.п., грн |
| 1 | Механик | 1 | 190 | 3386 |

б) отчисления по заработной плате

Со.з.п.= 3386\*0,49=1659 грн;

в) годовые амортизационные отчисления по зданию и оборудованию:

Са=Са.об. + Са.зд., где

Са.зд – амартизационные отчисления от стоимости здания,

Са.об. – амартизационные отчисления от стоимости оборудования,

Са.зд = Кзд \* На.зд = 25920\*0,028=725,8 грн

Са.об. = К а.об.\* На.об. = 13237\* 0,115 = 1522 грн

Са = 725,8+1522 = 2248 грн

г) годовые затраты на текущий ремонт здания и оборудования;

Ст.рем.=Ст.рем.зд.+ Ст.зем.об., где

Ст.рем.зд., Ст.зем.об – годовые расходы на текущий ремонт здания и оборудования соответственно,

Ст. рем =К \* Нтек.рем. = 39160\* 0,055 = 2154 грн;

д) расходы по охране труда принимаем в размере 100 грн на одного человека соответственно они составят 200 грн;

е) расходы на содержание здания и оборудования в чистоте, отопление освещение принимаем в размере 1,5% от капитальных вложений Сс.д.=39160\*0,015=587 грн.;

ж) расходы на рационализацию и изобретение принимаем в размере 250 грн. на одного работника в год. Итого они составят 500 грн.;

з) расходы на малоценный и быстроизнашивающийся инвентарь принимаем в размере 0,2% от стоимости оборудования

Синв. = 13237 \* 0,002=30 грн.;

и) прочие расходы принимаем 0,5% от суммы предшествующих статей расходов:

Спр.=30 грн.

Результаты расчета цеховых расходов сводим в таблицу

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Статья расходов | Суммы, грн. |
| 1 | Заработная плата | 3386 |
| 2 | Отчисления по заработной плате | 1654 |
| 3 | Годовые амортизационные отчисления | 2248 |
| 4 | Годовые расходы на текущий ремонт | 2154 |
| 5 | Расходы по охране труда | 200 |
| 6 | Расходы на содержание здания и оборудования | 587 |
| 7 | Расходы на рационализацию | 500 |
| 8 | Расходы на малоценный и быстроизнашивыющийся инвентарь | 30 |
| 9 | Прочие расходы | 53,8 |
|  | Итого | 10812,8 |

Калькуляция себестоимости

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Статья расходов | Сумма, грн. |
| 1 | Вспомогательные материалы | 2256 |
| 2 | Электроенергия | 2648,6 |
| 3 | Вода | 1040 |
| 4 | Зарплата производственных рабочих | 2138,4 |
| 5 | Отчисления по заработной плате | 1047,8 |
| 6 | Цеховые расходы | 10812,8 |
|  | Итого | 19942,2 |

Себестоимость 1000 кДж холода составит:

Схол 19942,2

С1000= ⎯⎯⎯⎯\*103= ⎯⎯⎯⎯⎯\*103=0,080 грн.

Qг 2,5\*108

Суммарные издержки по эксплуатации модуля включают в себя:

1) Затраты на производство холода;

2) Естественную убыль продукта при хранении;

3) Затраты на электроенергию потребляемую двигателями воздухоохладителей;

4) затраты на амортизацию и текущий ремонт – учтены ранее;

5) Прочие расходы – 1% от суммы вышеперечисленных затрат.

Расходы на электроенергию составят:

Зэл.’=n \*N \*t \*T, где

n – Число двигателей воздухоохладителей;

N – потребляемая мощность, кВт;

t – число работы двигателей в сутки;

T – число рабочих дней в году;

Зэл.’ = 4 \* 3,5 \*10 \*300 \* 0,12 = 5040 грн.

Затраты на естественную убыль определим исходя из полной загрузки модуля контейнерами с яблоками. Количество заложенных на хранение яблок составит 92 т. Норма естестественной убыли за месяц хранения (со II декады октября по середину марта) составят 3,2%. В стоимостном выражении это будет:

С е. уб.= 92\* 0,032 \*260 =736 грн.

Суммарные издержки равны:

U = 19942 + 736 + 5040 + 250 = 25968 грн.

Предпологаемую прибыль за год определим по формуле:

П год = В – U – С зак, где

В-выручка от реализации яблок, грн;

U – годовые издержки по модулю, грн;

С зак – цена закупленных для длительного хранения, грн.

В = (V загр. – ε) \*Среал., где

ε – естественная убыль яблок засрок храненя, т;

V загр. – количество заложенных на храненя яблок, т;

Среал – реализационная цена 1т яблок, принимаем 800 грн/т.

В = (92 – 2,9) \*800 = 71280 грн.

П год = 71280 – 25968 – 23000 = 22312 грн

Срое окупаемости капитальных затрат составит:

Т = К/П= 39160 / 22312 ≈ 1,7 года

Коэффициент рентабельности

Кр = 1/Т = 0,6

Исходя из технико – экономических показателей внедрения модуля является выгодным мереприятием.

Оринтировочно предпологаемая прибыль за год составит 22000 грн. Срок окупаемости модуля составит 1,7 лет, а коэффициент рентабельности равняется 0,6

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель | Холодильник | Предыдущий вариант | Внедряемый вариант |
| Средние потери за сезон хранения, % | 6 – 8 | 4 – 6 | 4,8 – 6,4 |
|  | Срок хранения  продукции | ограничен | особенностью |
| Уровень механизации погрузочно – разгрузочных работ, % |  | 90 – 100 |  |
| Капитальные вложения грн/т | 600 – 800 | 1000–1400 | 400 – 460 |
| Энергозатраты, грн / т | 30 – 40 | 50 – 60 | 20 – 30 |
| Продолжитель-ность стороительства, монтажа, лет | 2,5 – 3,5 | 1,2 – 1,8 | 0,6 |
| Прибыль, грн / т  Средняя цена закупки – 600 грн/т | 180 – 230 | 260 – 280 | 230 – 260 |

**Выводы**

В результате произведенного проектирования была создана система автоматического регулирования фруктов в фруктохранилище.

При проектировании автоматики был сделан акцент на использование отечественных комплектующих, что окажет положительный эффект на народнохозяйственный комплекс.

Расчеты переходных процессов в холодильной камере показали, что система автоматического контроля поддерживает температуру в камере в заданном диапазоне несмотря на колебания температуры внешней среды.

Был произведен технико-экономический расчет, в результате которого был получен положительный экономический эффект.

Суммируя вышеизложенное можно сделать вывод о целесообразности внедрения и применения холодильного модуля.

**Список использованной литературы**

1 Крылов Н.В., Гришин Л.М. Экономика холодильной промышленности. М., Агропромиздат, 1987, 272 с.;

2 Холодильная техника. 1986, №11, с. 2 -4;

3 Оценка и совершенствование условий холодильного хранения овощей. Янковский и др., Сборник трудов ЛТИХП. Холодильная обработка и хранение пищевых пордуктов. Л., 1974, вып. 2, с. 125–132;

4 Комаров Н.С. Холод. М., Госиздат Министерства легкой и пищевой промышленности, 1953, 704 с.;

5 Теплообменные аппараты, приборы автоматизации и испытания холодильных машин. Справочник. М., Легкая и пищевая промышленность, 1984, 245 с.;

6 Ужанский В.С. Автоматизация холодильных машин и установок. М., Пищевая промышленность, 1973, 296 с.

7 Приднiпровський науковий вiсник. 1998 №12 (79).с 32 – 34.

8 Справочник по специальным функциям / Пер. с англ.; Под ред. М. Абромовица и И. Стиган. – М.; Наука, 1979

**Приложение**

Исходный текст программы modul

program modul;

uses crt, graph;

const max=5000; {число точек}

h=0.04; {шаг интегрирования}

type work=object

t, tv: array [0..max] of real; {t‑температура, tv – скорость

роста температуры}

t1:real; {постоянная времени}

t2:real; {постоянная времени}

tur:real; {установившаяся температура при ее росте}

tus:real; {установившаяся температура при ее снижении}

maximum, minimum:real; {фактический диапазон регулирования}

period:real; {период колебаний}

File\_name:string; {Имя файла данных}

constructor Init; {инициализация параметров}

procedure save; {запись данных в файл}

procedure count; {расчет переходного процесса методом Рунге-Кутта}

procedure setka\_par;

procedure show; {показ графика}

procedure obrob; {обработка результатов расчета}

function f (y, ys, tvar:real):real;

end;

constructor work.init;

var i:integer;

begin

for i:=0 to max do

begin

tv[i]:=0;

t[i]:=0;

end;

clrscr;

write ('Введите постоянную времени Т1=');

readln(t1);

write ('Введите постоянную времени Т2=');

readln(t2);

write ('Введите начальную температуру в камере t0=');

readln (t[0]);

write ('Ввести установившеюся температуру при ее росте ');

readln(tur);

write ('Ввести установившеюся температуру при ее снижении ');

readln(tus);

write ('Имя файла данных ');

readln (File\_name)

end;

procedure work.save;

var file1:text;

i:integer;

begin

assign (file1, File\_name);

rewrite (file1);

writeln (file1,'Исследование двухпозиционной системы регулирования');

writeln (file1,'температуры в холодильной камере');

writeln (file1,'Исходные данные');

writeln (file1,'постоянные времени Т1=', t1,' T2= ', t2);

writeln (file1,'заданный диапазон 0.5–1 градус цельсия');

writeln (file1,'полученный диапазон ', minimum:6:3,'-', maximum:6:3, 'градус цельсия');

writeln (file1,'период колебаний ', period:4:2,' часа');

for i:= 0 to max do

if (i mod 50)=0 then {сохраняется

каждое 50‑е значение}

begin write (file1, (i\*h):6:4);

write (file1, tv[i]:10:5);

writeln (file1, t[i]:10:5);

end;

close(file1);

end;

procedure work.count;

var

k1, k2, k3, k4:real;

i: integer;

tvar1:real;

rost:boolean; {флаг состояния работы компрессоров (при rost=false)

компрессоры работают и наоборот}

begin

if t[0] < 0.5 then begin

tvar1:= tur;

rost:= true;

end;

if t[0]>1 then begin

tvar1:=tus; {установка флагов}

rost:=false;

end;

for i:=0 to max‑1 do

{длительность переходного процесса max \* h = 5000\*0.04 =200 часов}

begin

k1:=h\*f (t[i], tv[i], tvar1);

k2:=h\*f (t[i]+(h/2)\*tv[i]+(h/8)\*k1, tv[i]+k1/2, tvar1);

k3:=h\*f (t[i]+(h/2)\*tv[i]+(h/8)\*k1, tv[i]+k2/2, tvar1);

k4:=h\*f (t[i]+h\*tv[i]+(h/2)\*k3, tv[i]+k3, tvar1);

t [i+1]:=t[i]+h\*(tv[i]+(1/6)\*(k1+k2+k3));

tv [i+1]:=tv[i]+(1/6)\*(k1+2\*k2+2\*k3+k4);

if (t [i+1]<=0.5) and (rost=false) then

begin

tvar1:=tur;

rost:=true;

end;

if (t [i+1]>=1) and (rost=true) then

begin

tvar1:=tus;

rost:=false;

end;

end;

end;

function work.f (y, ys, tvar:real):real;

begin

f:=(tvar-y – (t1+t2)\*ys)/(t1\*t2);

end;

procedure StartGraph;

var

Driver, Mode: Integer;

begin

Driver:= Detect;

InitGraph (Driver, Mode, «);

Setbkcolor(white);

End;

procedure Setka;

var

i:integer;

begin

ClearViewPort;

setcolor(8);

for i:=0 to 10 do

begin

line (round(GetMaxX\*i/10), 0, round (GetMaxX\*i/10), GetMaxY);

line (0, round (GetMaxY\*i/10), GetMaxX, round (GetMaxY\*i/10));

end;

End;

Procedure Work. Setka\_par;

Var

I, J: Integer;

St: String;

Jt:real;

dop: integer;

Begin

if t[0]>1 then dop:=0;

if t[0] <0.5 then dop:=-3;

settextstyle (0,1,2);

outtextxy (round(0.05\*GetMaxX), round (0.15\*GetMaxY), 'ТЕМПЕРАТУРА, C');

settextstyle (0,0,1);

for i:=0 to 9 do Begin

jt:=h\*max\*i/10;

str (jt:3:0, st);

outtextxy (round(GetMaxX\*i/10+8), round (GetMaxY/2+8), st)

End;

settextstyle (0,0,2);

outtextxy (round(0.6\*GetMaxX), round (0.8\*GetMaxY)+5,'Время, час');

settextstyle (0,0,1);

j:=5+dop;

FOR i:= 0 to 5 do begin

str (j, st);

outtextxy (5, round (GetMaxY\*i/5+4), st);

j:=j‑1

end;

end;

procedure Work. Show;

Var i:integer;

msx, msy:real;

dop: integer;

begin

if t[0] >1 then dop:=0;

if t[0] <0.5 then dop:=3;

msx:=GetMaxX/max;

Msy:=GetMaxY/5;

for I:=1 to max do

line (round (msx\*(i‑1)),

round (GetMaxY-msy\*(t [i‑1]+dop)),

round (msx\*i),

round (GetMaxY-msy\*(t[i]+dop)))

end;

procedure work.obrob;

var

i:integer;

begin i:=0;

if t[0] >1 then begin

while tv[i]<=0 do

begin

minimum:=t[i]; {минимум функции}

i:=i+1

end;

period:=i;

while tv[i]>=0 do

begin

maximum:=t[i];

i:=i+1

end;

while tv[i]<=0 do i:=i+1;

period:=h+(i-period);

end;

if t[0] <0.5 then begin

while tv[i] >=0 do

begin

maximum:=t[i];

i:=i+1;

end;

period:=i;

while tv[i]<= 0 do

begin

minimum:=t[i];

i:=i+1;

end;

while tv[i]>=0 do i:=i+1;

period:=h\*(i-period)

end; end;

var a:work;

begin

with a do

begin

init;

count;

obrob;

save;

startgraph;

setka;

setka\_par;

show;

repeat until keypressed;

end

end.

Протоколы работы:

Вариант №1

Исследование двухпозиционной системы регулирования

температуры в холодильной камере

Исходные данные

постоянные времени Т1= 1.0000000000E+02 T2= 1.0000000000E+01

заданный диапазон 0.5–1 градус цельсия

полученный диапазон 0.448 – 1.249 градус цельсия

период колебаний 54.64 часа

0.0000 0.00000 5.00000

2.0000 -0.01435 4.98512

4.0000 -0.02582 4.94451

6.0000 -0.03493 4.88341

8.0000 -0.04211 4.80608

10.0000 -0.04773 4.71600

12.0000 -0.05206 4.61601

14.0000 -0.05536 4.50843

16.0000 -0.05780 4.39515

18.0000 -0.05955 4.27769

20.0000 -0.06075 4.15731

22.0000 -0.06149 4.03501

24.0000 -0.06186 3.91161

26.0000 -0.06194 3.78777

28.0000 -0.06178 3.66402

30.0000 -0.06142 3.54080

32.0000 -0.06092 3.41843

34.0000 -0.06030 3.29718

36.0000 -0.05959 3.17728

38.0000 -0.05880 3.05888

40.0000 -0.05796 2.94212

42.0000 -0.05707 2.82709

44.0000 -0.05616 2.71385

46.0000 -0.05522 2.60248

48.0000 -0.05427 2.49298

50.0000 -0.05331 2.38539

52.0000 -0.05236 2.27972

54.0000 -0.05140 2.17597

56.0000 -0.05045 2.07413

58.0000 -0.04950 1.97418

60.0000 -0.04856 1.87612

62.0000 -0.04764 1.77992

64.0000 -0.04672 1.68557

66.0000 -0.04582 1.59302

68.0000 -0.04493 1.50227

70.0000 -0.04406 1.41328

72.0000 -0.04320 1.32602

74.0000 -0.04236 1.24047

76.0000 -0.04153 1.15659

78.0000 -0.04071 1.07436

80.0000 -0.03991 0.99374

82.0000 -0.03913 0.91470

84.0000 -0.03835 0.83723

86.0000 -0.03760 0.76128

88.0000 -0.03686 0.68683

90.0000 -0.03613 0.61384

92.0000 -0.03541 0.54230

94.0000 -0.02524 0.47583

96.0000 -0.00312 0.44827

98.0000 0.01464 0.46043

100.0000 0.02884 0.50444

102.0000 0.04013 0.57384

104.0000 0.04904 0.66337

106.0000 0.05603 0.76873

108.0000 0.06143 0.88641

110.0000 0.06297 1.01332

112.0000 0.04322 1.11882

114.0000 0.02722 1.18870

116.0000 0.01429 1.22975

118.0000 0.00385 1.24751

120.0000 -0.00454 1.24652

122.0000 -0.01125 1.23048

124.0000 -0.01660 1.20243

126.0000 -0.02083 1.16483

128.0000 -0.02415 1.11970

130.0000 -0.02673 1.06870

132.0000 -0.02871 1.01317

134.0000 -0.03019 0.95420

136.0000 -0.03127 0.89268

138.0000 -0.03202 0.82934

140.0000 -0.03251 0.76476

142.0000 -0.03279 0.69942

144.0000 -0.03290 0.63371

146.0000 -0.03286 0.56793

148.0000 -0.03272 0.50234

150.0000 -0.01000 0.45948

152.0000 0.00911 0.45929

154.0000 0.02441 0.49339

156.0000 0.03661 0.55488

158.0000 0.04626 0.63812

160.0000 0.05384 0.73853

162.0000 0.05973 0.85235

164.0000 0.06424 0.97653

166.0000 0.04857 1.09288

168.0000 0.03155 1.17240

170.0000 0.01778 1.22124

172.0000 0.00666 1.24529

174.0000 -0.00228 1.24935

176.0000 -0.00945 1.23735

178.0000 -0.01517 1.21252

180.0000 -0.01970 1.17747

182.0000 -0.02327 1.13434

184.0000 -0.02605 1.08490

186.0000 -0.02819 1.03055

188.0000 -0.02981 0.97247

190.0000 -0.03100 0.91160

192.0000 -0.03184 0.84872

194.0000 -0.03240 0.78443

196.0000 -0.03274 0.71926

198.0000 -0.03289 0.65361

200.0000 -0.03289 0.58781

Вариант №2

Исследование двухпозиционной системы регулирования

температуры в холодильной камере

Исходные данные

постоянные времени Т1= 1.0000000000E+02 T2= 5.0000000000E‑01

заданный диапазон 0.5–1 градус цельсия

полученный диапазон 0.496 – 1.023 градус цельсия

период колебаний 21.16 часа

0.0000 0.00000 5.00000

2.0000 -0.07734 4.88026

4.0000 -0.07722 4.72493

6.0000 -0.07572 4.57198

8.0000 -0.07422 4.42204

10.0000 -0.07275 4.27507

12.0000 -0.07131 4.13102

14.0000 -0.06990 3.98981

16.0000 -0.06851 3.85141

18.0000 -0.06716 3.71574

20.0000 -0.06583 3.58276

22.0000 -0.06452 3.45241

24.0000 -0.06325 3.32465

26.0000 -0.06199 3.19941

28.0000 -0.06077 3.07665

30.0000 -0.05956 2.95633

32.0000 -0.05838 2.83838

34.0000 -0.05723 2.72278

36.0000 -0.05609 2.60946

38.0000 -0.05498 2.49838

40.0000 -0.05390 2.38951

42.0000 -0.05283 2.28279

44.0000 -0.05178 2.17818

46.0000 -0.05076 2.07565

48.0000 -0.04975 1.97514

50.0000 -0.04877 1.87663

52.0000 -0.04780 1.78006

54.0000 -0.04685 1.68541

56.0000 -0.04593 1.59264

58.0000 -0.04502 1.50170

60.0000 -0.04413 1.41256

62.0000 -0.04325 1.32518

64.0000 -0.04240 1.23954

66.0000 -0.04156 1.15559

68.0000 -0.04073 1.07330

70.0000 -0.03993 0.99265

72.0000 -0.03914 0.91359

74.0000 -0.03836 0.83609

76.0000 -0.03760 0.76013

78.0000 -0.03686 0.68568

80.0000 -0.03613 0.61270

82.0000 -0.03541 0.54116

84.0000 0.06852 0.52301

86.0000 0.09254 0.69798

88.0000 0.09117 0.88194

90.0000 -0.00686 1.02250

92.0000 -0.03898 0.95898

94.0000 -0.03880 0.88088

96.0000 -0.03804 0.80404

98.0000 -0.03729 0.72871

100.0000 -0.03655 0.65488

102.0000 -0.03583 0.58251

104.0000 -0.03512 0.51157

106.0000 0.08919 0.59169

108.0000 0.09215 0.77562

110.0000 0.09042 0.95824

112.0000 -0.03381 1.00238

114.0000 -0.03915 0.92614

116.0000 -0.03848 0.84845

118.0000 -0.03772 0.77225

120.0000 -0.03698 0.69755

122.0000 -0.03624 0.62433

124.0000 -0.03553 0.55257

126.0000 0.04518 0.50447

128.0000 0.09240 0.66844

130.0000 0.09146 0.85277

132.0000 0.02307 1.02047

134.0000 -0.03856 0.97145

136.0000 -0.03891 0.89337

138.0000 -0.03816 0.81628

140.0000 -0.03741 0.74072

142.0000 -0.03667 0.66664

144.0000 -0.03594 0.59404

146.0000 -0.03523 0.52287

148.0000 0.08509 0.56378

150.0000 0.09237 0.74615

152.0000 0.09070 0.92930

154.0000 -0.02833 1.01247

156.0000 -0.03917 0.93871

158.0000 -0.03860 0.86083

160.0000 -0.03784 0.78438

162.0000 -0.03709 0.70944

164.0000 -0.03636 0.63599

166.0000 -0.03564 0.56399

168.0000 0.00064 0.49642

170.0000 0.09188 0.63897

172.0000 0.09173 0.82350

174.0000 0.07995 1.00499

176.0000 -0.03764 0.98369

178.0000 -0.03902 0.90587

180.0000 -0.03828 0.82855

182.0000 -0.03753 0.75274

184.0000 -0.03678 0.67843

186.0000 -0.03606 0.60559

188.0000 -0.03534 0.53420

190.0000 0.07703 0.53773

192.0000 0.09251 0.71659

194.0000 0.09099 0.90026

196.0000 -0.01783 1.02006

198.0000 -0.03910 0.95127

200.0000 -0.03872 0.87323

Вариант №3

Исследование двухпозиционной системы регулирования

температуры в холодильной камере

Исходные данные

постоянные времени Т1= 1.0000000000E+02 T2= 1.5000000000E+01

заданный диапазон 0.5–1 градус цельсия

полученный диапазон 0.307 – 1.082 градус цельсия

период колебаний 72.96 часа

0.0000 0.00000 -2.50000

2.0000 0.00803 -2.49176

4.0000 0.01490 -2.46865

6.0000 0.02076 -2.43283

8.0000 0.02573 -2.38621

10.0000 0.02993 -2.33043

12.0000 0.03346 -2.26693

14.0000 0.03641 -2.19696

16.0000 0.03885 -2.12163

18.0000 0.04084 -2.04187

20.0000 0.04245 -1.95852

22.0000 0.04373 -1.87229

24.0000 0.04471 -1.78380

26.0000 0.04545 -1.69360

28.0000 0.04597 -1.60214

30.0000 0.04630 -1.50984

32.0000 0.04647 -1.41704

34.0000 0.04650 -1.32405

36.0000 0.04641 -1.23111

38.0000 0.04622 -1.13846

40.0000 0.04595 -1.04628

42.0000 0.04559 -0.95472

44.0000 0.04518 -0.86394

46.0000 0.04471 -0.77404

48.0000 0.04420 -0.68512

50.0000 0.04365 -0.59726

52.0000 0.04308 -0.51052

54.0000 0.04247 -0.42497

56.0000 0.04185 -0.34064

58.0000 0.04122 -0.25757

60.0000 0.04057 -0.17579

62.0000 0.03991 -0.09531

64.0000 0.03925 -0.01614

66.0000 0.03859 0.06169

68.0000 0.03792 0.13819

70.0000 0.03726 0.21337

72.0000 0.03659 0.28722

74.0000 0.03593 0.35974

76.0000 0.03528 0.43096

78.0000 0.03463 0.50087

80.0000 0.03399 0.56949

82.0000 0.03336 0.63684

84.0000 0.03273 0.70293

86.0000 0.03211 0.76777

88.0000 0.03150 0.83138

90.0000 0.03090 0.89378

92.0000 0.03031 0.95499

94.0000 0.02690 1.01434

96.0000 0.01561 1.05657

98.0000 0.00589 1.07783

100.0000 -0.00246 1.08104

102.0000 -0.00962 1.06877

104.0000 -0.01574 1.04324

106.0000 -0.02095 1.00640

108.0000 -0.02537 0.95995

110.0000 -0.02910 0.90538

112.0000 -0.03222 0.84396

114.0000 -0.03482 0.77683

116.0000 -0.03697 0.70497

118.0000 -0.03872 0.62922

120.0000 -0.04012 0.55032

122.0000 -0.03703 0.47045

124.0000 -0.02736 0.40630

126.0000 -0.01899 0.36015

128.0000 -0.01177 0.32956

130.0000 -0.00555 0.31239

132.0000 -0.00020 0.30677

134.0000 0.00439 0.31109

136.0000 0.00832 0.32390

138.0000 0.01167 0.34398

140.0000 0.01451 0.37025

142.0000 0.01692 0.40175

144.0000 0.01894 0.43767

146.0000 0.02063 0.47728

148.0000 0.02202 0.51997

150.0000 0.02316 0.56520

152.0000 0.02409 0.61249

154.0000 0.02482 0.66142

156.0000 0.02539 0.71165

158.0000 0.02581 0.76287

160.0000 0.02611 0.81481

162.0000 0.02630 0.86724

164.0000 0.02640 0.91996

166.0000 0.02642 0.97280

168.0000 0.02082 1.02291

170.0000 0.01040 1.05387

172.0000 0.00143 1.06546

174.0000 -0.00627 1.06042

176.0000 -0.01286 1.04111

178.0000 -0.01848 1.00961

180.0000 -0.02326 0.96774

182.0000 -0.02730 0.91707

184.0000 -0.03070 0.85898

186.0000 -0.03353 0.79466

188.0000 -0.03589 0.72517

190.0000 -0.03782 0.65140

192.0000 -0.03938 0.57415

194.0000 -0.03990 0.49414

196.0000 -0.02985 0.42463

198.0000 -0.02115 0.37384

200.0000 -0.01364 0.33923

Вариант №4

Исследование двухпозиционной системы регулирования

температуры в холодильной камере

Исходные данные

постоянные времени Т1= 1.0000000000E+02 T2= 1.5000000000E+00

заданный диапазон 0.5–1 градус цельсия

полученный диапазон 0.465 – 1.009 градус цельсия

период колебаний 30.32 часа

0.0000 0.00000 -2.50000

2.0000 0.04729 -2.44222

4.0000 0.05882 -2.33336

6.0000 0.06094 -2.21288

8.0000 0.06060 -2.09115

10.0000 0.05963 -1.97088

12.0000 0.05851 -1.85274

14.0000 0.05736 -1.73687

16.0000 0.05623 -1.62328

18.0000 0.05512 -1.51193

20.0000 0.05403 -1.40279

22.0000 0.05296 -1.29581

24.0000 0.05191 -1.19095

26.0000 0.05088 -1.08816

28.0000 0.04987 -0.98741

30.0000 0.04889 -0.88865

32.0000 0.04792 -0.79185

34.0000 0.04697 -0.69696

36.0000 0.04604 -0.60396

38.0000 0.04513 -0.51279

40.0000 0.04423 -0.42343

42.0000 0.04336 -0.33584

44.0000 0.04250 -0.24999

46.0000 0.04166 -0.16583

48.0000 0.04083 -0.08334

50.0000 0.04002 -0.00249

52.0000 0.03923 0.07677

54.0000 0.03846 0.15445

56.0000 0.03769 0.23060

58.0000 0.03695 0.30524

60.0000 0.03622 0.37840

62.0000 0.03550 0.45011

64.0000 0.03480 0.52041

66.0000 0.03411 0.58931

68.0000 0.03343 0.65684

70.0000 0.03277 0.72304

72.0000 0.03212 0.78793

74.0000 0.03148 0.85153

76.0000 0.03086 0.91388

78.0000 0.03025 0.97499

80.0000 -0.01850 1.00332

82.0000 -0.04835 0.92977

84.0000 -0.05536 0.82430

86.0000 -0.05636 0.71212

88.0000 -0.05580 0.59984

90.0000 -0.04574 0.48991

92.0000 0.01398 0.47120

94.0000 0.02920 0.51782

96.0000 0.03271 0.58064

98.0000 0.03314 0.64673

100.0000 0.03277 0.71271

102.0000 0.03220 0.77769

104.0000 0.03158 0.84146

106.0000 0.03096 0.90400

108.0000 0.03035 0.96530

110.0000 -0.00867 1.00773

112.0000 -0.04590 0.94487

114.0000 -0.05485 0.84194

116.0000 -0.05636 0.73016

118.0000 -0.05593 0.61772

120.0000 -0.05500 0.50676

122.0000 0.00895 0.46751

124.0000 0.02796 0.50867

126.0000 0.03247 0.57022

128.0000 0.03316 0.63613

130.0000 0.03285 0.70222

132.0000 0.03229 0.76738

134.0000 0.03168 0.83135

136.0000 0.03106 0.89408

138.0000 0.03044 0.95558

140.0000 0.00355 1.00863

142.0000 -0.04282 0.95909

144.0000 -0.05417 0.85940

146.0000 -0.05632 0.74820

148.0000 -0.05605 0.63565

150.0000 -0.05516 0.52439

152.0000 0.00269 0.46562

154.0000 0.02639 0.49997

156.0000 0.03213 0.55989

158.0000 0.03315 0.62553

160.0000 0.03293 0.69170

162.0000 0.03239 0.75703

164.0000 0.03178 0.82120

166.0000 0.03116 0.88414

168.0000 0.03054 0.94583

170.0000 0.01871 1.00516

172.0000 -0.03896 0.97220

174.0000 -0.05329 0.87660

176.0000 -0.05622 0.76621

178.0000 -0.05616 0.65361

180.0000 -0.05532 0.54207

182.0000 -0.00507 0.46596

184.0000 0.02443 0.49184

186.0000 0.03170 0.54968

188.0000 0.03311 0.61493

190.0000 0.03299 0.68115

192.0000 0.03248 0.74666

194.0000 0.03188 0.81102

196.0000 0.03125 0.87415