

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования

**«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра автоматизированных
систем управления производством

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕ- СКИХ ПРОЦЕССОВ

Методические указания к лабораторным занятиям для студентов
специальности 1 – 74 06 05 "Энергетическое обеспечение сельскохозяйст-
венного производства"

МИНСК
2005

УДК 631.171:65.011.56 (07)

ББК 40.7я 7

А 22

Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Автоматизация технологических процессов» для студентов специальности 1–74 06 05 «Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства» рассмотрены на заседании методического совета агроэнергетического факультета, рекомендованы к изданию на ротапринте БГАТУ и использованию в учебном процессе.

Протокол № 5 от “ 18” декабря 2003 года.

Составители: старший преподаватель Волкова Елена Сергеевна;
старший преподаватель Якубовская Елена Степановна.

Лабораторная работа № 5

АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ПРИ ХРАНЕНИИ КАРТОФЕЛЯ

1. Цель работы: изучение систем автоматического управления (САУ) активной вентиляцией в картофелехранилище, освоение методики модернизации САУ ТП на базе современных цифровых средств автоматизации.

2. Краткие теоретические сведения

Характеристика картофелехранилища как объекта управления микроклиматом

Технологический процесс хранения картофеля можно разделить на три основных периода: лечебный, охлаждения и хранения.

В лечебный период с целью быстрого заживания механических повреждений картофеля необходимо поддерживать в межклубневом пространстве насыпи температуру на уровне 15 ± 5 °С и высокую относительную влажность воздуха (более 90 %) с минимальным воздухообменом, для чего в течение 10...15 дней картофель вентилируют рециркуляционным воздухом 4 - 6 раз в сутки по 30 мин.

При температуре картофеля выше 18 °С должна включаться активная вентиляция (удельный расход продуваемого через массу картофеля воздуха составляет 50 – 100 м³/ч на 1 т.) и подавать воздух температурой на 3 – 4 °С ниже температуры массы хранимого продукта.

Если в закрытом хранилище заложен больной картофель (пораженный фитофторой, нематодой и т.п.), то лечебный период проводится при температуре 8 – 10 °С с последующим охлаждением до 1 – 2 °С.

При закладке мокрого картофеля его подсушивают усиленной активной вентиляцией при относительной влажности воздуха не выше 80 %.

В период охлаждения, который наступает после лечебного, температуру хранимого продукта постепенно снижают до 2 – 4 °С, периодически проводя (4...6 раз в сутки по 30 мин. в течении 10...40 дней) активное вентилирование наружным воздухом или его смесью с внутренним воздухом в те периоды суток, когда температура наружного воздуха не менее чем на 2 – 3 °С меньше температуры хранимого продукта.

Период хранения – это основной период. Он начинается, когда температура картофеля в насыпи достигает 3 – 4 °С. Вентиляционные установки включаются при повышении температуры в насыпи до 4 °С и более. Заданную температуру зимой поддерживают с точностью ± 1 °С

активным вентилирование 4 – 6 раз в сутки смесью наружного и внутреннего воздуха, а при больших морозах – только рециркуляционным воздухом. В остальные времена года насыпь вентилируют наружным воздухом, который забирают в наиболее холодное время суток, или воздухом, охлажденным в специальных холодильных установках.

В процессе вентиляции картофеля с его поверхности удаляется влага.

Во всех случаях относительная влажность воздуха должна быть максимальной, но без образования конденсата на картофеле. При пониженной влажности вентиляционного воздуха возникают большие потери массы клубней, и они теряют свой товарный вид.

При разработке и выборе САУ микроклиматом картофелехранилища необходимо знать передаточные функции массы хранимой продукции и верхней зоны в основном режиме “хранения”.

Передаточную функцию массы хранимой продукции можно определить аналитическим методом из уравнений динамики теплообмена массы хранимой продукции и вентилируемого воздуха.

Опыт показывает, что температура подаваемого воздуха в насыпи клубней неодинакова по высоте слоя. Быстро охлаждаются слои клубней на входе воздуха и в 4 – 5 раз медленнее на выходе четырехметрового слоя насыпи картофеля.

Наиболее высокая температура массы хранимого продукта наблюдается на глубине 0,4...0,6 м от поверхности насыпи.

Теплофизические свойства насыпи клубней зависят от ее температуры и вида продукции.

Из перечисленных особенностей трудно аналитически определить передаточные функции массы хранимого продукта.

В то же время экспериментально, по кривым разгона установлено, что при подаче воздуха $L < 50 \text{ м}^3$ в 1 час на тонну насыпи клубней:

$$W_{(p)} = \frac{k}{T \cdot p + 1}, \quad (1)$$

при $L < 50 \text{ м}^3/\text{т.ч}$

$$W_{(p)} = \frac{k}{T_2^2 \cdot p^2 + T_1 \cdot p + 1} \quad (2)$$

С ростом подачи воздуха от 50 до 250 $\text{м}^3/\text{т.ч}$ значение коэффициента усиления k снижается от 0,03 до 0,008.

Коэффициент усиления k показывает, на сколько градусов снижается температура насыпи клубней за 1 час при подаче 1 м^3 воздуха на 1 тонну клубней.

Постоянные времени зависят также от подачи воздуха: при $L < 50 \text{ м}^3/\text{ч}$ $T = 7 \dots 8 \text{ ч.}$; при $L > 50 \text{ м}^3$ $T_1 = 8 \dots 6 \text{ ч.}$, $T_2 = 2 \dots 1,6 \text{ ч.}$

При отключенной вентиляции температура массы хранимого продукта повышается за счет теплоты самосогревания. Передаточная функция массы продукта при самосогревании без отвода теплоты:

$$W_{(p)} = k_c / p, \quad (3)$$

где k_c показывает, на сколько градусов повышается температура массы продукта за 1 час самосогревания без отвода теплоты (для корнеклубнеплодов $k_c = 0,14$).

Передаточная функция верхней зоны картофелехранилища выражается тремя составляющими по числу параллельно действующих возмущений, а именно, от изменения q (тепловыделения от продукции), при $\theta = \theta_0$ и $\theta_2 = \theta$:

$$W_{1(p)} = \frac{k_1}{T_1 p + 1}; \quad W_{2(p)} = \frac{k_2}{T_2 p + 1}; \quad W_{3(p)} = \frac{k_3}{T_3 p + 1}; \quad (4)$$

где θ – температура воздуха в верхней зоне; θ_0 – температура ограждений; θ_2 – температура воздуха на входе в верхнюю зону.

Для типового овощехранилища на 1000 т значение коэффициентов можно принять $k_1 = 0,3$; $k_2 = 0,5$; $k_3 = 0,2$; $T_1 = 2,34$; $T_2 = 0,124$ и $T_3 = 0,04$.

Смесительную камеру с регулируемым клапаном как объект управления можно описать уравнением теплового баланса в приращениях:

$$c\theta_H \Delta G_H + c\theta_P \Delta G_P = c\Delta\theta_H G \quad (5)$$

где θ_H и θ_P – значение наружной температуры и температуры рециркуляционного воздуха, °С; $\Delta G_H = -\Delta G_P$ – приращение смешиваемых количеств наружного и рециркуляционного воздуха, кг/с; $\Delta\theta_H$ – приращение температуры (град) для удельного расхода приточного воздуха G , кг/с.

С учетом указанных состояний соотношений уравнение (5) можно представить в виде $\left[\frac{\theta_H - \theta_P}{G} \right] \cdot \Delta G_H = \Delta\theta_H$ (6)

Откуда определяется значение передаточной функции смесительной камеры как усилительного звена

$$W_{(p)} = \frac{\Delta\theta_H}{\Delta G_H} = \frac{\theta_H - \theta_P}{G} = k \quad (7)$$

3. Описание оборудования типа ОРТХ

Для управления температурным режимом в хранилищах емкостью до 1 000 т, промышленность выпускает оборудование типа ОРТХ [1].

В него в качестве основных элементов входят смесительный клапан с подогревателем и исполнительным механизмом, приточная и вытяжная шахта, рециркуляционно-отопительный агрегат, вентиляционно-распределительный канал, вентилятор приточной системы и шкаф автоматического управления активной вентиляцией (ШПУ-АВ).

Схема автоматизации оборудования ОРТХ, выполненная упрощенным способом, представлена на рис.1.

В шкафу размещены регуляторы температуры А1-А6, программное реле времени КТ, ключи и кнопки управления. С целью предотвращения примерзания заслонки клапана предусмотрен подогрев смесительного клапана электронагревателем, действием которого управляют при снижении наружной температуры до минус 15 °С переключателем SA3, в автоматическом режиме реле 2РВМ. В связи с неблагоприятными для работы аппаратуры условиями, предусмотрен автоматический обогрев шкафа электрокалорифером, действием которого управляют контакты термореле типа ДТКБ.

Магнитные пускатели САУ микроклимата картофелехранилища установлены в отдельном шкафу.

Для хранилищ емкостью свыше 1 000 т устанавливается несколько комплектов вентиляционного оборудования и шкаф управления (ШАХ-1), где используется принцип поочередного синхронного подключения к одному и тому же терморегулятору нескольких датчиков и исполнительных органов.

Схема активной вентиляции может работать в режиме ручного дистанционного или автоматического управления.

На рис.2 показана упрощенная принципиальная электрическая схема управления активным вентилированием картофеля в автоматическом режиме. На схеме не показаны цепи управления подогрева шкафа управления и смесительного клапана.

4. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из макета картофелехранилища с установленным на нем действующим клапаном с исполнительным механизмом типа МЭО, вентилятором приточной системы и рециркуляционно-отопительным агрегатом.

На установке используется серийно выпускавшийся шкаф ШАУ-АВ, где установлены морально устаревшие, снятые с производства, регулирующие приборы.

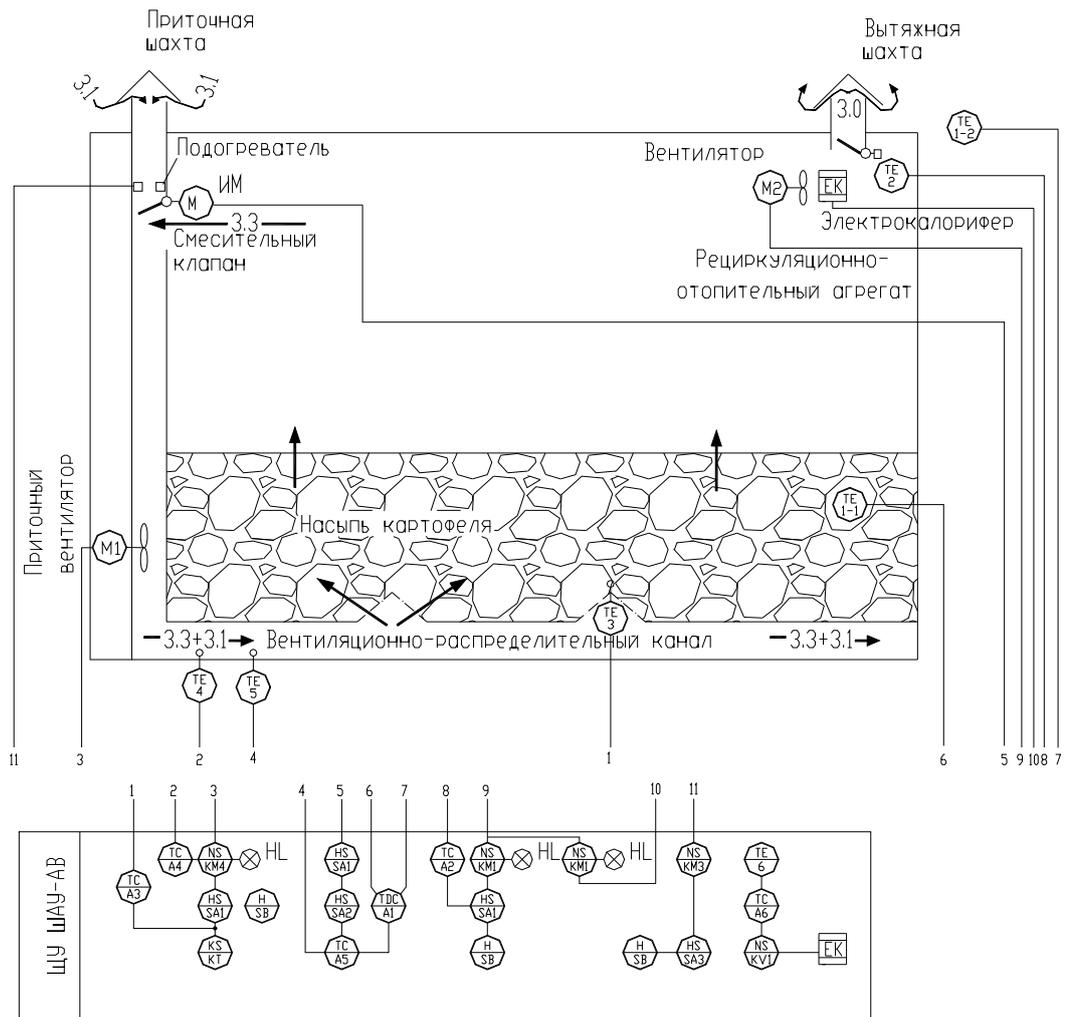


Рис.1. Схема автоматизации активной вентиляции картофелехранилища

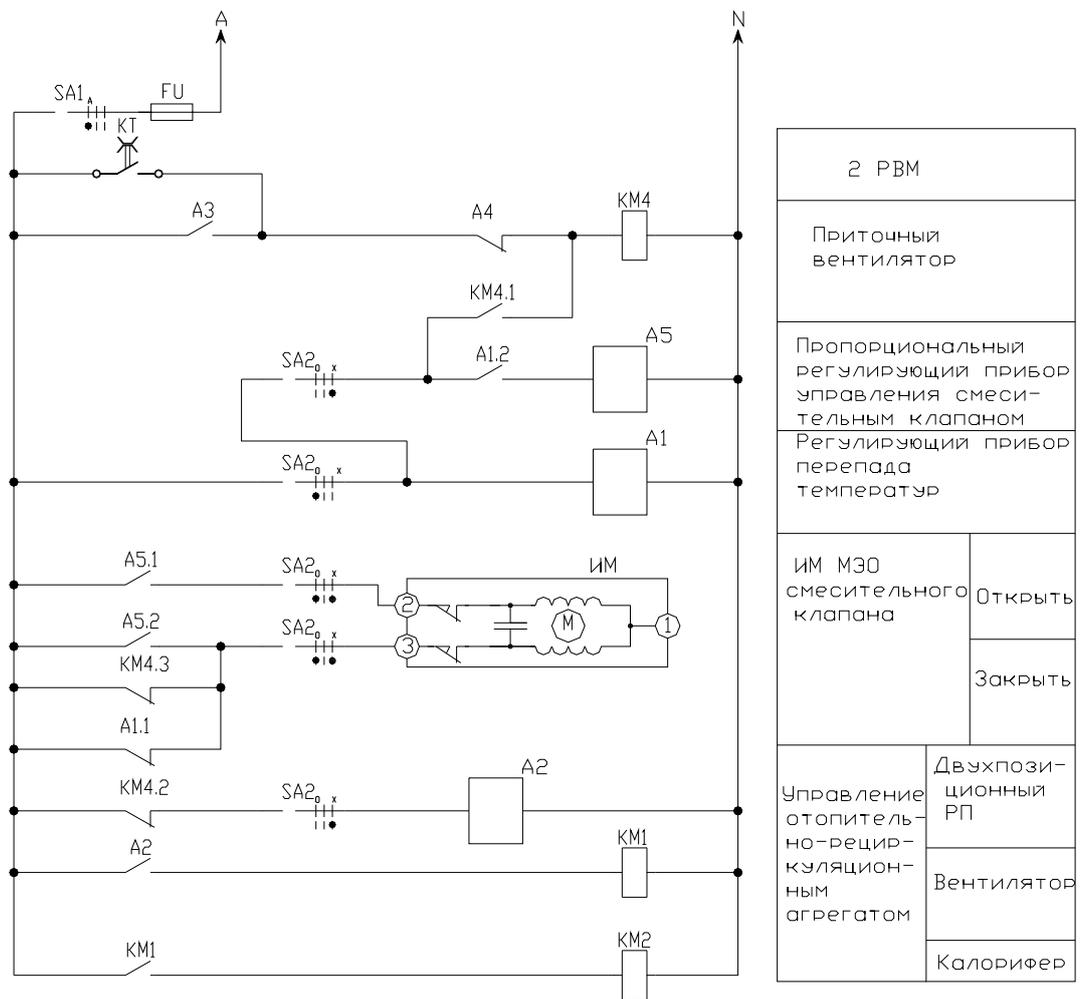


Рис.2. Упрощенная принципиальная схема управления активным вентилированием в картофелехранилище

5. Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с разделом 3 методических указаний и соответствующим разделом в [1].
2. Убедитесь, что стенд отключен от сети.
3. Переведите рукоятку задатчика температуры регулирующего прибора (РП) А4 в крайнее левое положение, а рукоятку задатчика РП А3 - в крайнее правое положение.
4. Переведите рукоятку переключателя SA2 в положение – “лечебный” и SA1 – “автоматический”.
5. Дождитесь момента, когда контакт реле времени 2РВМ включит приточный вентилятор.
6. Плавно переводите рукоятку задатчика А4 вправо до остановки привода приточного вентилятора.
7. Запомните положение задатчика А4 и верните ее в исходное положение.
8. Дождитесь остановки привода приточного вентилятора.
9. Плавно переводите рукоятку задатчика РП А3 влево до момента включения приточного вентилятора.
10. Запомните положение рукоятки задатчика А3 и верните ее в исходное положение.
11. Переведите рукоятку переключателя SA2 в положение - “хранение”.
12. Переведите регулирующий прибор А1 в рабочее положение.
13. При работающем приточном вентиляторе, рукояткой задатчика РП А5 добейтесь закрытия и открытия заслонки смесительного клапана.
14. Запомните положение задатчика РП А5, при котором заслонка остановится в некотором среднем положении.
15. Дождитесь закрытия заслонки смесительного клапана, при отключенном приточном вентиляторе.
16. Переведите переключатели SA1 и SA2 в нейтральное положение.
17. Отключите стенд от сети.

6. Содержание отчета

Отчет должен содержать полную принципиальную электрическую схему управления активным вентилированием картофелехранилища в автоматическом режиме на современных цифровых средствах автоматики с описанием работы схемы.

Методика составления принципиальных электрических схем и справочные данные по цифровым приборам изложены в [2] и в приложении к методическим указаниям.

7. Контрольные вопросы

1. Объясните назначение каждого из пяти регулирующего приборов и обоснуйте тип регулятора.
2. Объясните назначение контактов КТ, А3 и А4 в цепи управления КМ4 (рис. 2).
3. Объясните назначение контакта КМ4.2 в цепи РП А2.
4. Объясните назначение контактов КМ4.3 и А1.1 в цепи управления ИМ. (рис. 2).
5. Объясните принцип работы программного устройства 2РВМ.
6. Каким образом можно определить длительность уставки времени программного устройства 2РВМ?

8. Литература

1. Бородин И.Ф., Недилько Н.М. Автоматизация технологических процессов. – М.: Агропромиздат, 1986.
2. Фурсенко С.Н., Якубовская Е.С., Волкова Е.С. Разработка проекта автоматизации технологических проектов. – Мн.: БГАТУ, 2003. – 217 с.

Лабораторная работа № 11

ИЗУЧЕНИЕ САУ МИКРОКЛИМАТА В ИНКУБАЦИОННОЙ КАМЕРЕ

1. Цель работы: изучение типового решения по инкубации птицы. Освоение способа повышения точной регулировки в релейных САУ и методики их модернизации на базе современных цифровых средств автоматизации.

2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Инкубаторий представляет собой отапливаемое помещение с относительно стабильной температурой θ_v около 22°C зимой и до 26°C летом.

В помещении устанавливаются инкубационные и выводные шкафы. Выводной шкаф комплектуются на три или шесть инкубационных. Основной процесс инкубации происходит в инкубационных камерах, оборудованных поворотными лотками, в которых укладываются около 50 тысяч яиц. За три дня до вывода цыплят, лотки переставляются в выводные шкафы, которые не имеют поворота лотков. В остальном устройство инкубационных и выводных камер аналогичное. Они представляют собой климатические шкафы (рис.2) размерами $5280 \times 2730 \times 2230$ мм (инкубационный) или $1730 \times 2730 \times 2230$ мм (выводной) с теплоизоляционными стенками, выполненными из рамы (сухое дерево, ель толщиной 70 мм), облицованной снаружи листовой пластмассой, внутри пенопласт ПВ-1, а изнутри – оцинкованным железом, имеющую два вентиляционных отверстия (приточное **1** – на задней стенке и вытяжное **2** – в потолке передней части) с регулирующей заслонкой $\varnothing 100$ мм.

Шкаф оборудован вентилятором **3**, обеспечивающим равномерное перемешивание воздуха и равномерность температурно-влажностных полей, а также засасывание свежего воздуха в камеру через отверстие приточной вентиляции, расположенное на задней стенке шкафа. Выброс загрязненного воздуха осуществляется через выходное отверстие, расположенного на крыше камеры.

Для поддержания требуемых параметров микроклимата в инкубаторе предусмотрены системы обогрева и увлажнения. В систему обогрева входят четыре электронагревательных элемента **4** мощностью по 0,5 кВт каждый, которые включаются двумя группами по два. Если температура значительно ниже заданной, все четыре элемента включаются в сеть на полное напряжение.

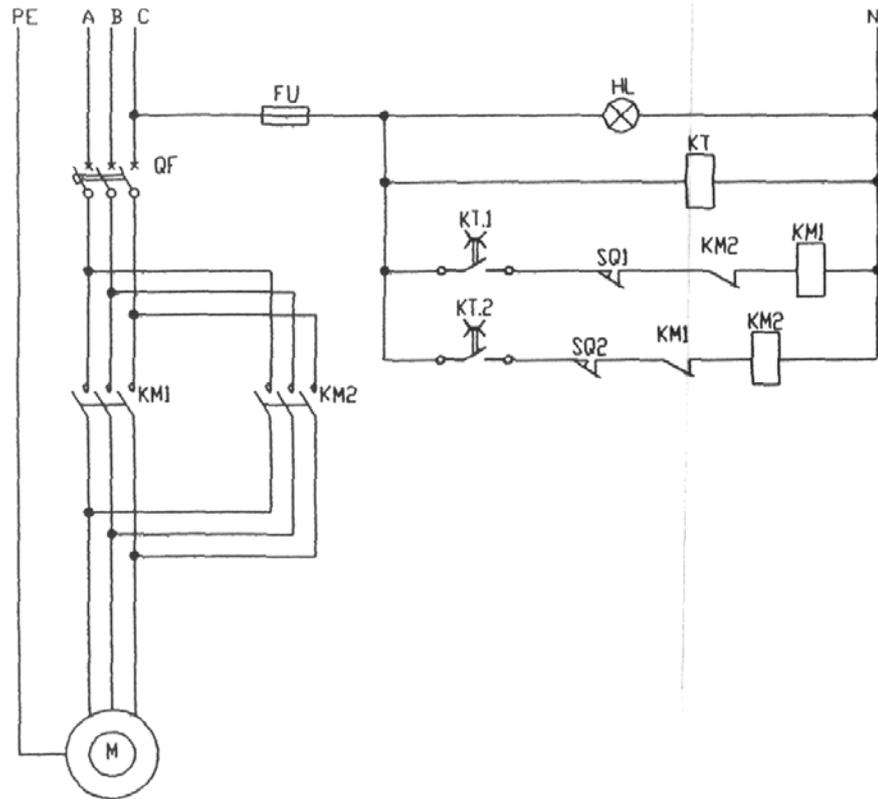


Рис. 1 Принципиальная электрическая схема поворота лотков

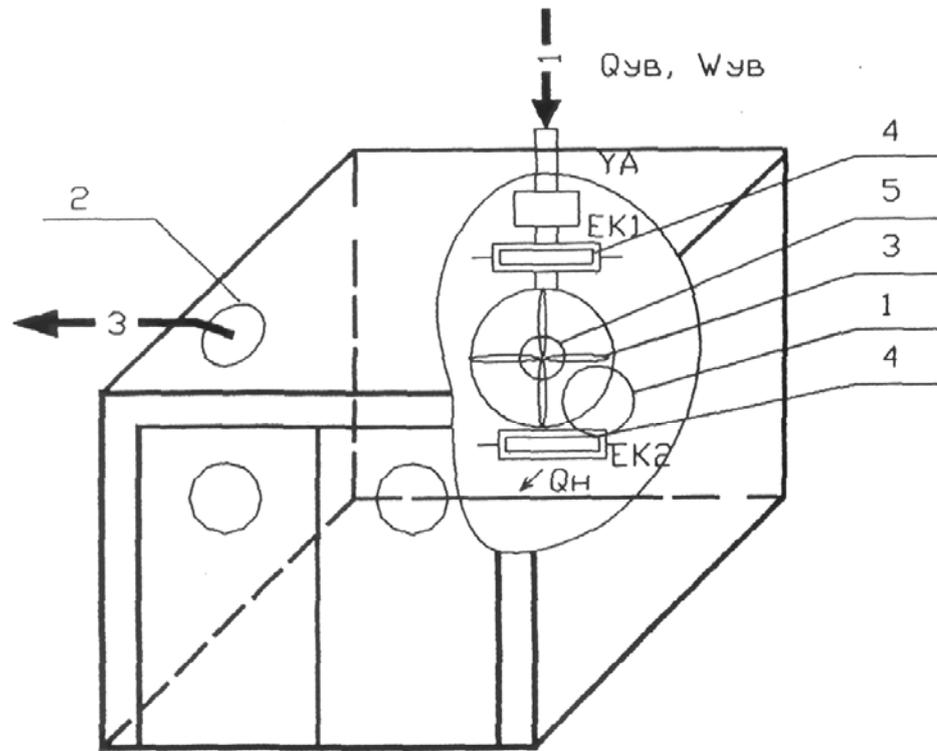


Рис. 2 Схема инкубатора

При незначительных отклонениях температуры к сети подключаются только два элемента через управляемый диод, который подает на них напряжение пропорциональное величине отклонения температуры. Увлажнитель 5 представляет собой круг с четырьмя спицами, к которым прикреплен чашеобразный диск с большим отверстием в центре. Увлажнитель крепится на крестовине вентилятора. Вода из бачка через соленоидный клапан по питательной трубке подается на чашеобразный диск. При вращении вентилятора под воздействием центробежной силы, вода подхватывается воздушным потоком, прогоняемым вентилятором. Внутри инкубационных шкафов размещаются барабаны, а в выводных - этажерки, на которых устанавливаются лотки с яйцами. Барабан монтируется на валу, который проходит через все три шкафа. Лотки в барабане устанавливаются на полках и фиксируются замками, предохраняющими их от выпадения при повороте барабана. Система поворота лотков червячного типа с электроприводом, обеспечивающим поворот лотков на $\pm 45^\circ \text{C}$ относительно вертикали. Лотки поворачиваются автоматически через один час, что обеспечивается электромеханическим реле времени и концевыми выключателями. Кроме регулирования параметров микроклимата и управления поворотом лотков, схема управления предусматривает отключение вентиляции шкафа при открытии дверей, чтобы не было переохлаждения яиц из-за повышенного воздухообмена.

Процесс инкубации яиц идет с выделением тепла и углекислого газа инкубационным яйцом, зависимость процесса отображена в таблице 1 при температуре воздуха в инкубаторе $37,8^\circ \text{C}$, его относительной влажности 60 % и скорости воздуха около 0,1 м/с. Контролировать температуру яиц проблемно, поэтому в качестве регулируемой величины принимается температура в камере.

Температура воздуха в инкубационном шкафу зависит от количества тепла содержащегося в нем. Так как в инкубаторе постоянно происходит теплообмен, то в систему управления температурой инкубатора необходимо ввести регулирующее воздействие Q_p , величину и знак которого можно определить после решения уравнения теплового баланса и анализа возмущающих воздействий. В связи с тем, что температура воздуха в инкубаторе θ_B ниже, чем в инкубационном шкафу θ_n , то мы будем иметь потери тепла через ограждения $Q_{огр}$, а также на нагрев приточного воздуха $Q_{п}$ и на испарение воды для увлажнения воздуха $Q_{исп}$. Тепло теряется также с уходящим воздухом Q_B . На инкубационную камеру действуют следующие возмущения:

а) тепло биологических процессов внутри яиц $\theta_{я}$. В первые дни инкубации тепловыделения настолько малы, что их не хватает на испарение выделяющейся влаги, и тепло, необходимое для изменения агрегатного состояния воды, изымается частично или полностью из окружающей среды. Лишь на седьмые (куры) или 11 - 12 сутки (утки, гуси) испарение влаги может происходить за счет собственного биологического тепла, и начиная с этого момента инкубационные яйца могут отдавать излишки теплоты воздуху. Динамика тепловыделений эмбрионов предопределяет особенность инкубатора как технологического аппарата: до замыкания аллатоиса он используется преимущественно как устройство для нагрева, а после замыкания аллатоиса – как устройство охлаждения.

Таблица 1

Параметры процесса инкубации птицы

День	Тепловыделения яиц кДж/час на 1000 яиц			Выделения CO ₂ г/ч на 1000 яиц		
	Куры	Утки	Гуси	Куры	Утки	Гуси
1	2	3	4	5	6	7
1	0,0	0,0	4,1	0,5	0,8	0,4
2	1,3	0,0	4,2	0,5	0,8	0,8
3	4,2	2,9	13,8	0,5	0,8	1,2
4	8,4	4,2	21,0	0,6	0,7	1,5
5	13,4	5,4	25,1	1,0	0,6	1,8
6	25,1	7,5	29,3	1,5	0,7	2,1
7	33,5	10,5	33,5	2,5	0,8	2,5
8	41,9	14,6	37,7	3,1	1,1	2,8
9	58,6	18,8	46,0	4,3	1,4	3,4
10	79,5	25,1	50,2	5,8	1,8	3,7
11	108,8	33,5	69,1	8,0	2,5	5,1
12	150,7	44,0	100,5	12,0	3,2	7,4
13	205,1	48,1	121,4	15,0	3,5	8,9
14	280,5	67,0	159,1	20,6	4,9	11,7
15	347,4	100,5	204,3	25,5	7,4	15,4
16	410,2	146,5	276,3	30,1	10,7	20,3
17	447,9	217,7	368,4	32,9	16,0	27,0
18	473,0	284,6	481,4	43,9	20,9	35,5
19	544,2	334,9	510,7	39,9	24,6	37,5
20	711,6	343,3	711,6	52,2	28,2	52,2
21	920,9	439,5	816,3	65,3	32,2	59,9
22		544,2	920,9		39,9	67,5
23		668,8	983,7		49,1	72,1
24		837,2	1004,6		61,4	73,7
25		1046,5	1046,5		76,8	76,8

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
26		1297,7	1151,2		95,2	84,4
27		1590,7	1381,4		116,7	101,3
28		1925,6	1676,4		141,2	122,8
29			2093,0			153,5
30			2515,3			190,3

Количественно биологического тепла можно определить по формуле:

$$\theta_H = q_{я(H)} \cdot m_{я} \quad (\text{Вт}), \quad (1)$$

где $q_{я(H)}$ - удельная нормативная теплота яиц, Вт/кг.ч;

$m_{я}$ - масса яиц в камере, кг.

Но нормативная удельная теплота яиц величина переменная и масса яиц к концу инкубации уменьшается на 11-13%. Поэтому количество биологического тепла определяем по экспериментальным данным, приведенным выше;

б) тепло, отдаваемое во внешнюю среду через ограждения $Q_{ог}$, определяется из выражения:

$$Q_{ог} = \alpha \cdot F \cdot (\theta_H - \theta_B) \quad (\text{Вт}), \quad (2)$$

где α - коэффициент теплопередачи, Вт/(м².град);

F - площадь теплопередачи, м²;

θ_H - температура воздуха внутри инкубационного шкафа, °С;

θ_B - температура воздуха внутри инкубатория, °С.

в) тепло, расходуемое на подогрев приточного воздуха Q_n и теряемое с уходящим воздухом Q_B на вентиляцию, определяется выражениями:

$$Q_n = L_B \cdot \gamma_B \cdot q_B \cdot (\theta_H - \theta_B) \quad \text{и} \quad Q_B = L_B \cdot \gamma_B \cdot q_B \cdot \theta_H \quad (\text{Вт}), \quad (3)$$

где L_B - объем вентиляции, м³;

γ_B - объемная масса воздуха, кг/м³;

q_B - удельная теплоемкость воздуха, Вт/(кг. град).

г) тепло, расходуемое на увлажнение воздуха:

$$Q_{исп} = (597 - 0,45 \cdot \theta_{жс}) \cdot m_{жс} \cdot 2,4 \cdot 10^{-4} \quad (\text{Вт}), \quad (4)$$

где $\theta_{жс}$ - температура воды, °С;

$m_{жс}$ - масса воды, грамм.

Регулирующее воздействие характеризуется с точки зрения его связи с самим объектом. В инкубационном шкафу это воздействие осуществляется электронагревателями, теплопроизводительностью Q_H равной:

$$Q_H = I_H^2 \cdot R \quad (\text{Вт}), \quad (5)$$

где I_H – электрический ток через нагреватель, А;
 R – сопротивление нагревателя, Ом.

По [6] инкубационный шкаф можно считать объектом с самовыравниванием.

В инкубационном шкафу в период инкубации должна поддерживаться температура на уровне θ_H со статическим отклонением не более $\pm \Delta \theta_H$, при допустимом отклонении не более $\theta_{я \max}$ и времени регулирования $t_{рег}$. Относительная влажность воздуха φ_H (%) должна быть номинальной с отклонением не более $\pm 5\%$. Обмен воздуха должен обеспечивать удаление углекислого газа для сохранения кислородного баланса. Температурное и влажностное поля должны быть равномерными (в пределах допусков отклонения). Относительное положение яиц в пространстве в период инкубации должно изменяться во времени с периодичностью около 2 часов. Технологический эффект процесса инкубации обусловлен качеством закладываемых в инкубационный шкаф яиц и качеством управления процессом инкубации. Производственный опыт показывает, что при выполнении технологических требований вывод цыплят составляет 80-81 % от количества заложенных в инкубационную камеру яиц. Температура в инкубационном шкафу не должна превышать $38,7^\circ\text{C}$. При температуре выше 40°C смертность эмбрионов составляет 100 %. Технологические требования к режиму инкубации представлены в таблице 2.

Таблица 2

Режим инкубации

Контролируемый параметр	Значение
Температура воздуха Q_B	$35,6 - 39,7^\circ\text{C}$
Влажность воздуха в: инкубационном φ_B	40 – 60 %
выводном шкафу $\varphi_{B \text{ выв}}$	50 – 80 %
Концентрация углекислоты в: инкубационном K_{CO_2}	0,5 %
выводном шкафу $K_{CO_2 \text{ выв}}$	2 %

3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с общими положениями по инкубации птицы.
2. Подайте напряжение на лабораторный стенд.
3. Изучите принцип работы систем автоматического регулирования (САР) температуры в инкубационной камере:
 - на “магазине сопротивлений”, который установлен на лабораторном стенде вместо датчика температуры, установите величину сопротивления, соответствующего сопротивлению датчика при температуре инкубации $37,8^{\circ}\text{C}$ (см. приложение);
 - найдите такое положение ручки задатчика регулирующего прибора, при котором на стенде загорится специальная лампа – “норма”;
 - убедитесь, что лампа накаливания, установленная внутри макета инкубатора и включенная параллельно электронагревательному элементу, горит в половину накала;
 - поверните крайнюю справа ручку в нижнем ряду магазина сопротивлений по часовой стрелке пока не погаснет индикаторная лампа “норма” и не загорится лампа – “больше”. Запомните значение величины сопротивления “магазина сопротивлений”;
 - убедитесь, что лампа накаливания, включенная параллельно электронагревательному элементу, погасла; запомните показания “магазина сопротивлений”;
 - поверните ту же ручку “магазина сопротивлений” в противоположном направлении, пока не загорится индикаторная лампа “меньше”. Запомните показания “магазина сопротивлений”.
4. Отключите лабораторный стенд.

4. Содержание отчета

1. Схема автоматизации инкубатора.
2. Модернизированная принципиальная электрическая схема поворота лотков.
3. Принципиальная электрическая схема управления инкубатором на цифровых средствах автоматизации.

Контрольные вопросы и задания

1. Определите диапазон изменения температуры инкубации, по показаниям “магазина сопротивлений”, считающимся “нормой”.
2. Соответствует ли полученное значение диапазона температуры действительному, при работе РП с датчиком температуры и почему?

3. Объясните принцип работы САР температурой инкубации по принципиальной электрической схеме, изображенной на рис.3.

4. На рис.1 изображена принципиальная электрическая схема управления поворотом лотков, где используются оба контакта программного реле 2РВМ.

Найдите техническое решение, при котором используется один контакт реле 2РВМ.

5. Проанализируйте характер изменения возмущающих воздействий действующий на температурный режим инкубации птицы.

Найдите техническое решение, позволяющее “облегчить” работу регулятора температуры, используя освободившийся контакт программного реле 2РВМ.

6. Составьте принципиальную электрическую схему управления инкубатором, используя современные цифровые средства автоматизации [4].

6. Литература

1. Инкубация яиц: Справочник/ Буртов Ю.З., Гольдин Б.Е., Кривошипин И.П. - М.: Агропромиздат, 1990.

2. Основы теории и расчета инкубаторов. /Лев А.М. – М.: Машиностроение, 1972.

3. Автоматизация технологических процессов. /Бородин И.Ф., Недилько Н.М. – М.: Агропромиздат, 1985.

4. Разработка проекта автоматизации технологических процессов. – Мн.: БГАТУ, 2003.- 217с.

Лабораторная работа № 14

ИЗУЧЕНИЕ САУ ТП В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

1. Цель работы: изучение типовых решений по САУ ТП в защищенном грунте; освоение методики реализации САР на базе современных цифровых средств автоматизации.

2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Краткие сведения по автоматизации теплиц

Нормы технологического проектирования ОНТП-СХ 10-81 для зимних теплиц площадью от 3 га и выше предусматривают автоматическое регулирование температуры: воздуха в теплице (днем – с учетом освещения), теплоносителя для обогрева почвы, поливной воды, а также регулирование относительной влажности воздуха и концентрации растворов минеральных удобрений в поливной воде.

Автоматизируется управление системы полива почвы и увлажнения воздуха, подкормки растений углекислым газом и установками досвечивания.

Предусматривается также программное и дистанционное управление температурными переходами “день - ночь”, положение теплозащитных экранов (при наличии) и т.д.

Отечественной промышленностью разработано несколько комплектов оборудования для управления микроклиматом ангарных теплиц, например типа АМТ-600, СК-2, ОРМ-1, УТ-12 КТ-1 и другие.

В 80-х годах теплицы в СССР оснащались комплектным оборудованием техники промышленного измерения, управления и регулирования для комплекса теплиц в 6 га “Ван-Флит” производства Народного предприятия “Тельтов”(ГДР), которое выпускалось в двух вариантах – многоканальном и локальном. Система по многоканальному варианту включает восемь каналов (контуров) управления температурой и влажностью воздуха в теплицах с водотрубным обогревом, каналы управления температурой воды подпочвенного обогрева и воды для полива, канал управления концентрацией раствора минеральных удобрений в поливной воде, систему полива почвы и увлажнения воздуха, систему управления установками досвечивания растений и систему контроля и сигнализации о состоянии оборудования и значении управляемых параметров.

Комплект “Тельтов” локального варианта рассчитан на управление 10 автономными теплицами и в каждой из них позволяет регулировать параметры микроклимата в зависимости от освещенности и других метеоусловий, контролировать основные эксплуатационные параметры системы и сигнализировать об аварийных отклонениях основных параметров управления от заданных значений. Он также позволяет оператору на месте или централизованно с диспетчерского пункта управлять технологическими процессами и выполнять ряд других технологических операций: управлять температурой питательного раствора для гидропонных теплиц, защитным экраном для затенения теплиц, дополнительным освещением, экстренно закрывать форточки теплиц при усилении ветра и т.п.

Характеристика объекта автоматизации

В защищенном грунте в основном используют одно-(ангарные) и многопролетные (блочные) теплицы со сборными каркасами из оцинкованных конструкций заводского изготовления и покрытием из стекла толщиной 4 мм.

Блочные теплицы площадью 6 га с пролетом звена 6,4 (в перспективе 12 и 18 м), как правило, объединяют в блоки, примыкающие с обеих сторон к соединительному коридору. Размеры блочной теплицы (в плане) 140,0 × 76 м с минимальной высотой выступающих конструкций 2,5 м от уровня питательного слоя.

Строительство однопролетных теплиц обходится на 30...35 % дороже, но ангарные теплицы выдерживают больше снеговые нагрузки и их ограждения обеспечивают лучшую освещенность растений. Данные теплицы также объединяются в блоки. Например, блок теплиц площадью 3 га состоит из 20 ангарных теплиц площадью по 1500 м², примыкающих к соединительному коридору шириной 6 м. Размеры ангарной теплицы 83,7 × 18 м. Высота бокового ограждения 2,37 м, высота по коньку 6 м.

Параметры микроклимата в многопролетной теплице, определяемые нормами технологического проектирования, обеспечиваются системой трубного обогрева и естественной вентиляцией.

Система обогрева серийных многопролетных теплиц, выполненная из гладких стальных труб с попутным движением теплоносителя, включает в себя следующие регистры: обогрева кровли, надпочвенного, под лоткового, торцевого и бокового обогрева.

Регистры обогрева кровли, мощность которых составляет 38 % от суммарной, образуют две самостоятельные секции: верхнюю и нижнюю.

Мощность регистров надпочвенного обогрева составляет 40,5 % от суммарной. В каждом звене шесть регистров: два закрепляют на стендах неподвижно, а четыре укладывают на грунт между грядками. Последние регистры, если необходимо (механическая или тепловая обработка почвы и т.д.), можно перемещать на стойки теплицы.

Регистры подлоткового обогрева, обеспечивая таяние снега и свободный слив талых вод, по сути дела, являются частью верхней секции обогрева кровли.

Неизолированные магистральные и разводящие трубопроводы – также источники теплоты, хотя и незначительной (7 % суммарной мощности).

Суммарная мощность регистров бокового и торцевого обогрева составляет 8 % от общей.

Ангарные теплицы, кроме описанной выше системы обогрева, оборудуют также системой калориферов. Система калориферного обогрева состоит из шести отопительных агрегатов Д-100, размещенных в шахматном порядке вдоль теплицы на высоте 3 м от уровня грунта.

В зимней теплице любого типа целесообразно применять комбинированный обогрев: водяной – как основной (около 60 % общей теплопроизводительности) и воздушный калориферный обогрев дает возможность управлять температурой воздуха с высокой точностью.

Суммарная мощность всех систем обогрева блока многопролетных теплиц площадью 6 га в зависимости от места строительства составляет 40...50 МВт, а блока ангарных теплиц площадью 3 га – 33 МВт.

Для обогрева почвы используются регистры подпочвенного обогрева, выполненные из полиэтиленовых труб. Воду в эти регистры подают после использования для обогрева шатра с температурой не более 40 °С.

Естественная вентиляция – основное средство, используемое для снижения температуры воздуха в теплое время года. Площадь форточек в овощных теплицах в северных районах должна составлять от 15 до 20 %, а в южных – до 50 % от поверхности кровли. Вентиляционные форточки располагают вдоль конька каждого из звеньев; ангарные теплицы оборудуют форточками также в две группы: стационарные и трансформирующиеся.

Для защиты теплиц от перегрева воздух увлажняют, используя дождевальные системы с насадками мелкого распыла, и применяют специальные защитные экраны из синтетических тканей. Конструкции экранов можно объединить в две группы: стационарные и трансформирующиеся.

Автоматизация управления температурным режимом почвы

Оптимальное значение среднесуточной температуры почвы для теплолюбивых культур (томат, огурцы, баклажан, перец) равно 22...26 °С, для умеренно требовательных к теплоте культур (редис, салат, сельдерей, укроп и т.п.) – на 3...4 °С ниже.

При разработке работоспособной системы автоматического управления температурой в защищенном грунте, обеспечивающей агротехнические требования по равномерному распределению температурного поля к корнеобитаемому слою необходимо иметь математические зависимости между изменениями температуры почвы в форме передаточных функций.

Математическое моделирование процесса обогрева корнеобитаемого слоя (субстрата) сводится к нахождению зависимости значения текущей температуры θ в любой точке данного слоя, в заданное время t :

$$\theta = f(x, y, z, t);$$

где x, y, z – координаты глубины, ширины и длины субстрата.

С физических позиций определить явно выраженные математические зависимости в общем виде весьма сложно, так как субстрат представляет собой неоднородную капиллярно-пористую среду, процесс распространения теплоты, в которой является комбинацией различных взаимосвязанных видов теплопередачи: конкретной теплопроводности, лучеиспускания, конвекции. Кроме того, вывод уравнений динамики теплопередачи в слое субстрата усложняется наличием в нем влаги, растворенных веществ, неоднородных включений твердых частиц и корневой системы растений, неодинаковой плотностью и структурой субстрата, а также влиянием солнечной радиации и температуры внешней среды.

Для обеспечения решения поставленной задачи используют так называемые методы конечно-разностных аппроксимаций, которые позволяют заменить систему с распределенными параметрами системы, состоящей из отдельных элементов с сосредоточенными параметрами. Применительно к субстрату уравнения теплопередачи записываются для отдельных точек по глубине обогреваемого слоя, т.е. рассматривается дискретное изменение температуры по высоте слоя при непрерывном изменении времени.

Для этого общую толщину обогреваемого слоя $x = 15...20$ см разбивают на $n = 3...4$ зоны каждая толщиной $\Delta = 4...5$ см. Для каждой зоны записываются дифференциальные уравнения теплопроводности, значения постоянных коэффициентов которых зависят от координаты x .

Таким образом, каждая зона рассматривается как апериодическое звено первого порядка, а обогреваемый слой субстрата – как последовательные соединенные звенья.

Общая передаточная функция обогреваемого слоя субстрата как звено САУ температуры составляет

$$W_c(p) = \frac{k_1 \cdot k_2 \dots k_n}{(T_n p + 1) \cdot (T_{n-1} p + 1) \dots (T_1 p + 1)} \quad (1)$$

где $k_1, k_2 \dots k_n$ – коэффициенты усиления первой, второй и n-ой зоны обогреваемого слоя субстрата; $T_1, T_{n-1} \dots T_n$ – постоянные времени тех же зон.

Таким образом, получают уравнения передаточной функции n-го порядка, которое легко представить последовательным соединением m-апериодических звеньев первого порядка, количество которых равно n, таким образом, проще моделировать сложные системы.

В соответствии с ОНТП-СХ 10-81 необходимо обеспечить автоматическое регулирование температуры теплоносителя для обогрева почвы. В многопролетных теплицах, оборудованных автоматикой КТ-1, регулированные температуры почвы осуществляются на базе логометра, управляющего в двухпозиционном режиме регулирующим клапаном, подающим в систему подпочвенного обогрева обратную воду. Однако, из-за крайне неудовлетворительных динамических характеристик объекта регулирования, его большой инерционности, вместо автоматического поддержания температуры почвы обычно предусматривают автоматическое регулирование температуры воды в системе подпочвенного обогрева за счет смешивания прямой и обратной воды или за счет изменения подачи греющего теплоносителя к водонагревателю, обеспечивающему нагрев воды, направляют в подпочвенный обогрев до 40...45 °С. Первый метод используют в многопролетных теплицах, оборудованных автоматической КТ-1, причем стабилизация параметра обеспечивается регулятором прямого действия РТП-125, а для контроля текущего значения температуры воды и сигнализации о ее аварийном повышении до 50 °С применяют обычный манометрический термометр.

В многолетних теплицах, оборудованных многоканальным вариантом аппаратуры “Тельтов”, температура воды в системе подпочвенного обогрева поддерживается импульсным регулятором, управляющие (последовательно) двумя трехходовыми смесительными клапанами, включенными параллельно один другому. При предельных отклонения регулируемой температуры прерывается регулирующее воздействие и выдается светозвуковой сигнал. После возвращения температуры в допустимые пределы, блокировка снимается.

Автоматическое управление влажностным режимом почвы и воздуха в теплицах пока не находит широкого применения в основном из-за недостаточной надежности и работоспособности датчиков влажности. Поэтому влажностный режим поддерживают при помощи разомкнутой системы программного управления, которая обеспечивает увлажнение воздуха и почвы посредством способов дождевания и корневого полива через капиллярные трубки. Системы дождевания используют и для внесения минеральных удобрений в растворах.

Временное программное устройство разрешает включение системы дождевания не чаще одного раза в 1ч с поочередным поливом по участкам 200 - 400 м².

Автоматическое управление содержанием углекислого газа в атмосфере (газовым составом) *теплиц* преследует цель повышения интенсивности фотосинтеза. Углекислый газ получают в специальных газогенераторах и в соответствии со специальной временной программой подают в теплицу в количестве 2 - 3 л на 1 м³ ее объема при определенной степени открытия фрамуг и отсутствии в теплице обслуживающего персонала.

3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с общими положениями по автоматизации ТП в защищенном грунте, приведенными в методических указаниях и [1].
2. Сформулируйте технологические требования к системе автоматического регулирования (САР) обогрева почвы.
3. Разработайте схему автоматизации и полную принципиальную электрическую схему САР обогрева почвы на аналоговых средствах.
4. Убедитесь, что на стенде отсутствует напряжение.
5. Соберите на стенде принципиальную схему САР почвы.
6. Подайте на стенд напряжение.
7. Проверьте фазность подключения исполнительного механизма. При необходимости произведите ремонт схемы.
8. Отчитайтесь, о проделанной работе.
9. Отключите напряжение на стенде.
10. Разработайте принципиальную электрическую схему САР обогрева почвы с использованием цифрового регулирующего прибора.

4. Контрольные вопросы

1. В каком месте устанавливается датчик температуры САР почвы теплицы?
2. Обоснуйте выбор типа регулятора и закона регулирования.
3. В чем заключается автоматизация управления температурным режимом почвы?
4. В чем заключается автоматизация управления влажностным режимом почвы и воздуха в теплицы?
5. В чем заключается автоматизация управления содержания углекислого газа в атмосфере теплиц?

5. Содержание отчета

1. Схема автоматизации САР температуры почвы теплиц.
2. Полная принципиальная электрическая схема САР температуры почвы теплиц на базе цифрового регулирующего прибора.

6. Литература

1. Клапвайк Д. Климат теплиц и управление ростом растений /Пер. с голландского и предисловием Д.О. Лебла. – М.: Колос, 1976.
2. Бородин И.Ф., Недилько Н.М. Автоматизация технологических процессов. – М.: Агропромиздат, 1986.
3. Автоматизация и электрификация защищенного грунта. /Под ред. Прищепа Л.Г. – М.: Колос, 1976.
4. Разработка проекта автоматизации технологических процессов. – Мн.: БГАТУ, 2003. - 217с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Техническая характеристика измерителя-регулятора МТ2232-РН

Прибор МТ2232-РН представляет собой специализированную версию универсального двухканального измерителя-регулятора МТ2232 и предназначен для измерения и регулирования относительной влажности воздуха.

Измерение влажности производится с использованием психометрического метода. Прибор измеряет температуру “сухого” и “мокрого” термометров и по разнице температур “сухого” термометра определяют относительную влажность в процентах.

Прибор в процессе работы осуществляет индикацию относительной влажности и температуры “сухого” термометра, а также непрерывную коррекцию показаний относительной влажности в зависимости от температуры “сухого” термометра.

В качестве первичных преобразователей используются термопреобразователи сопротивления ТСП 100П ($W_{100} = 1.385$).

Прибор может иметь в качестве регулирующих устройств электромеханические реле с переключающим контактом с коммутируемой мощностью 3А/250 В, электронные реле переменного тока с коммутирующей мощностью 2А/250 В, транзисторы с открытым коллектором с максимальной нагрузочной способностью 40 мА/40 В или элементы TTL.

Прибор при выполнении функции измерения осуществляет преобразование входных сигналов от “сухого” и “мокрого” датчиков в значение температуры, которые используются для расчета значения величины относительной влажности. Преобразование производится по жестко заданной характеристике, которая устанавливается предприятием-изготовителем.

Управляющие выходы для каждого канала прибора программируются оператором независимо друг от друга и позволяют осуществлять *двухпозиционное* или *трехпозиционное* регулирование.

Подключение внешних цепей прибора производится в соответствии с маркировкой задней панели, показанной на рисунке. “Мокрый” термометр подключается ко входу 1, “сухой” – ко входу 2.

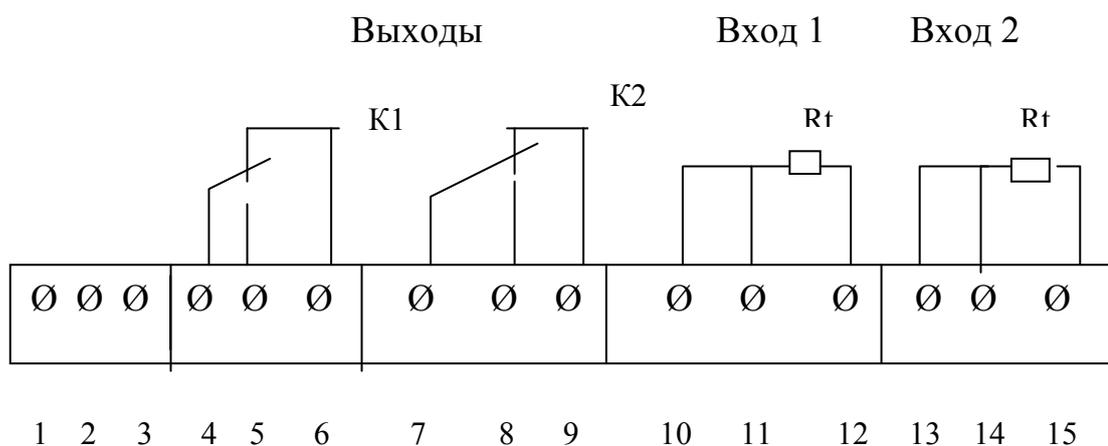


Рис. Маркировка задней панели прибора

Градуировочные данные (электрическое сопротивление, в Ом) термометров сопротивления платиновых (ТСП) при различных температурах

Температура, в °С	Градуировка		Температура, в °С	Градуировка	
	21	20, 22		21	20, 22
-200	7,95	17,28	0	46,00	100,00
-150	17,85	38,80	50	55,06	119,70
-100	27,44	59,65	100	63,99	139,10
-50	36,80	80,00	150	72,78	158,21
			180	77,99	169,54

СОДЕРЖАНИЕ

1. Лабораторная работа № 5 «Автоматизация режимов активного вентилирования при хранении картофеля».....	3
2. Лабораторная работа № 11 «Изучение САУ микроклимата в инкубационной камере».....	11
3. Лабораторная работа № 14 «Изучение типовых решений по САУ ТП в защищенном грунте»....	20
Приложение.....	27

Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Автоматизация технологических процессов» для студентов специальности 1 – 74 06 05 «Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства»

Ответственный за выпуск: старший преподаватель Волкова Е.С.

УДК 631.171:65.011.56 (07)

ББК 40.7я 7

А 22