

## ВЕГЕТАЦИОННАЯ КЛИМАТИЧЕСКАЯ КАМЕРА

В.А. Кожухов, А.В. Себин, А.Ф. Семенов

*Разработана вегетационная климатическая камеры для проведения исследований влияния физических и климатических факторов внешней среды на растительные организмы. Может быть использована для повышения эффективности селекционной работы и моделирования режимов регулируемого микроклимата в теплицах.*

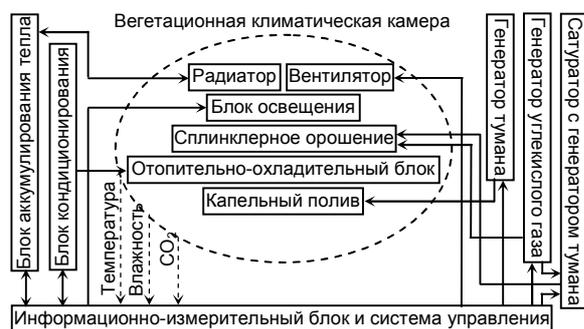
*Ключевые слова: микроклимат, капельный полив, сплинклерное орошение, подкормка углекислым газом.*

Вегетационная климатическая камера (ВКК) предназначена для выращивания растений в регулируемых искусственных условиях.

ВКК позволяет проводить исследования влияния физических и климатических факторов внешней среды на растительные организмы, в том числе:

- для проведения фундаментальных научных исследований по созданию эффективных энергосберегающих технологий выращивания овощной продукции в открытом и защищенном грунте;
- для повышения эффективности селекционной работы;
- для моделирования режимов регулируемого микроклимата в теплицах;
- для организации учебного процесса в средних и высших учебных заведениях;
- для ограниченного выращивания сельскохозяйственной продукции в целях потребления.

На рисунке 1 приведена блок-схема ВКК.



*Рисунок 1 – Блок-схема ВКК для проведения исследований*

Двойная стрелка в системе аккумуляции предполагает двухстороннюю передачу тепловой энергии.

На рисунке 2 представлена ВКК, разработанная на кафедре теоретических основ

электротехники Красноярского Государственного Аграрного университета.



*Рисунок 2 - Внешний вид вегетационной климатической камеры*

- 1 – блок аккумуляции тепла, 2 – радиатор, 3 – блок кондиционирования, 4 – генератор тумана системы капельного полива, 5 – сатуратор с генератором тумана, 6 – реле управления блоком освещения, 7 – информационно-измерительный блок и система управления, 8 – ВКК, 9 – блок освещения, 10 – система сплинклерного орошения, 11 – система капельного полива, 12 – электроклапан системы подкормки CO<sub>2</sub>, 13 – электроклапан подачи CO<sub>2</sub> в сатуратор, 14 – редуктор системы подкормки CO<sub>2</sub>, 15 – редуктор подачи CO<sub>2</sub> в сатуратор, 16 – баллон CO<sub>2</sub>.

Конструкция ВКК выполнена в виде функциональных блоков, выполняющих определенную работу в процессе всего вегетационного периода выращивания растений.

**Блок освещения (БО)**

БО включает в себя три группы люминесцентных ламп специального назначения Osram Fluora 77 мощностью 36 и 18 Вт.

Эти лампы отличаются от ламп общего назначения только покрытием на стеклянной колбе. За счет этого спектр ламп приближен к спектру, который требуется растениям (рисунок 3, рисунок 4).

## ВЕГЕТАЦИОННАЯ КЛИМАТИЧЕСКАЯ КАМЕРА

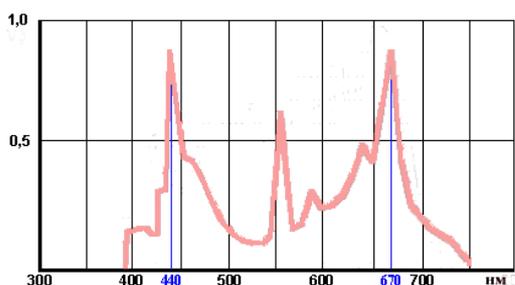


Рисунок 3 - Спектр люминесцентной лампы Osram Fluora 77

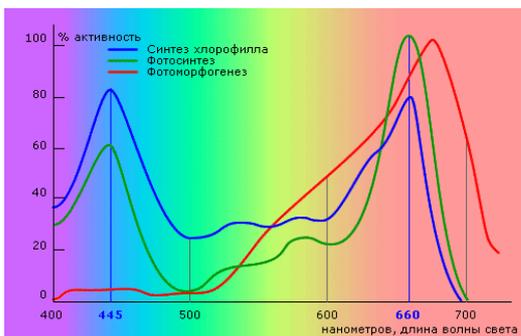


Рисунок 4 - Спектр поглощения хлорофилла

В результате процесса фотосинтеза, происходящего в растениях, создается около 95% органической массы урожая и аккумулируется вся энергия, накапливаемая в растении. Спектральный состав света очень важен для растений. Ультрафиолетовые лучи (длина волны -380 – 400 нм) благоприятны для рассады и нежелательны в период активной вегетации и плодоношения. Оранжевые лучи (595-750 нм) способствуют интенсивному накоплению биомассы и раннему цветению. При преобладании в спектре синефиолетовых лучей (400-490 нм) активизируются процессы плодоношения, развитие листьев и рост растений. Желто-зеленые лучи наименее поглощаются растениями, под их влиянием увеличивается расход энергии на дыхание. Наименее благоприятна для растений инфракрасная радиация (750 нм), вызывающая перегрев и иссушение растений. Подбором спектра, чередованием длительности светлого и темного периодов можно ускорить или замедлить развитие растений, сокращать вегетационный период и т.д. [1]

Функцию управления световым режимом в ВКК выполняет двухканальное микропроцессорное реле времени ОВЕН УТ24, которое используется в качестве программного автомата и позволяет управлять и контролировать до 30 временных процессов. Функциональные возможности прибора (рисунок 5)

обеспечиваются двумя независимыми таймерами, для каждого из которых можно задать свою программу, представляющую собой повторяющееся заданное число циклов. УТ24 имеет 3 входа для подключения внешних сигналов управления таймерами.

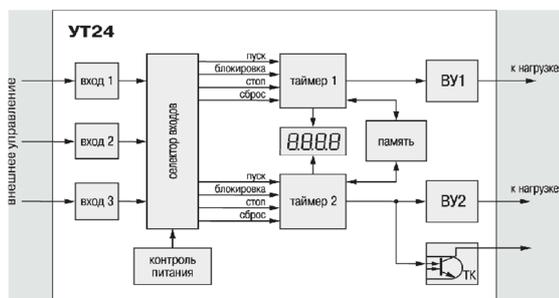


Рисунок 5 - Функциональная схема прибора УТ24

В УТ24 устанавливаются два однотипных выходных устройства (ВУ1 и ВУ2): э/м реле 8А 220В; оптоэлектронные ключи 200мА 50В; оптосимисторы 50мА 300В.

Блок аккумуляции излишков тепловой энергии в теплице (БАТ)

Функциональная схема БАТ представлена на рисунке 6. БАТ состоит из бака накопителя тепловой энергии 1, теплообменника 5, размещенного в ВКК 4 и вентилятора 3. Система снабжена циркуляционным реверсивным насосом 2, датчиками температуры ТЕ1, ТЕ2, ТЕ3.

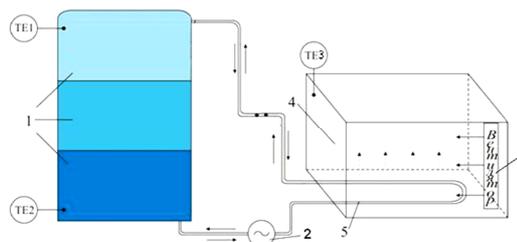


Рисунок 6 - Функциональная схема БАТ

Физической основой работы устройства является эффект стратификации – неравномерного нагрева слоев воды в баке накопителя. Работа БАТ заключается в следующем: при поступлении сигнала с датчика температуры ТЕ3 о перегреве в ВКК включается циркуляционный насос 2, подающий холодную воду из нижней части бака в теплообменник 5. Нагретая в теплообменнике вода с помощью циркуляционного насоса 2 подается в верхнюю часть накопительного бака. После снятия излишков тепла система автоматически выключается. Для отъема тепла от теп-

лоаккумулятора циркуляция воды производится в обратном направлении путем изменения режима работы насоса.

В качестве вентилятора использован KF0615B1H с рабочим напряжением 12 В, частотой вращения 4500 об/мин, током 0,19А и производительностью 0,61 м. куб./мин.

Блок кондиционирования воздуха (БК)

Внутренний и внешний блоки БК находятся в одном корпусе и соединены между собой трубопроводами, образующими замкнутую систему, в которой находится холодильный агент. Функциональная схема БК приведена на рисунке 7.

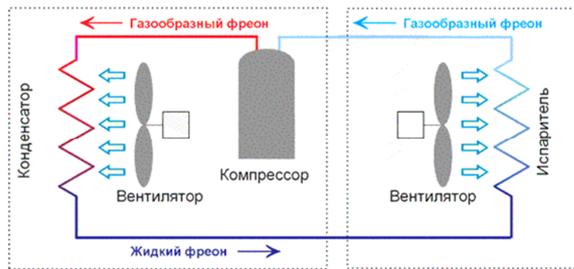


Рисунок 7 - Функциональная схема БК

Наличие в системе холодной (испаритель) и горячей (конденсатор) частей позволяет использовать БК как для охлаждения ВКК, так и для нагревания простым изменением направления забора воздуха от того или иного радиатора.

Система капельного полива почвы и спринклерного орошения лиственной поверхности (СП)

Для функционирования системы ультразвукового диспергирования фертигационного раствора для капельного полива почвы и спринклерного орошения лиственной поверхности применены ультразвуковые генераторы тумана (УЗГ) Fogstar 100/300/600.

Данные излучатели работают в составе установки для получения тумана.

Спринклерное орошение дает возможность иметь низкую интенсивность орошения, что позволяет оптимизировать абсорбцию воды и питательных веществ лиственной поверхностью растений.

Европейские овощеводы рассматривают подкормку углекислым газом в течение всего периода выращивания растений – от появления всходов до прекращения вегетации – как обязательный элемент современной интенсивной технологии выращивания томата, огурца и сладкого перца.

При достаточной обеспеченности элементами минерального питания, эти подкормки всегда повышают общую урожайность этих культур на 15 – 40%, увеличивая количество и массу плодов, и ускоряют их созревание на 5-8 дней. Прирост биомассы зеленых культур при подкормках CO<sub>2</sub> существенно увеличивается: к примеру, урожайность салата повышается на 40%, созревание ускоряется на 10-15 дней. [1]

В ВКК (рисунок 2) используются две схемы подкормки углекислым газом. По первой схеме углекислый газ из баллона через управляемый электромагнитный клапан 12 подается по системе спринклерного орошения 10 в зону роста растений.

По второй схеме подкормки углекислый газ через электромагнитный клапан 13 поступает в генератор тумана 5 (рисунок 2), работающий в режиме сатуратора (рисунок 8), аппарата для газирования – насыщения воды углекислым газом. Газ продавливается через слой жидкости с помощью труб с мелкими отверстиями (3–6 мм), называемых барботерами. При барботировании создается большая межфазная поверхность на границе «жидкость-газ», что способствует интенсификации тепло- и массообменных процессов, а также более полному химическому взаимодействию газов с жидкостями. [2]

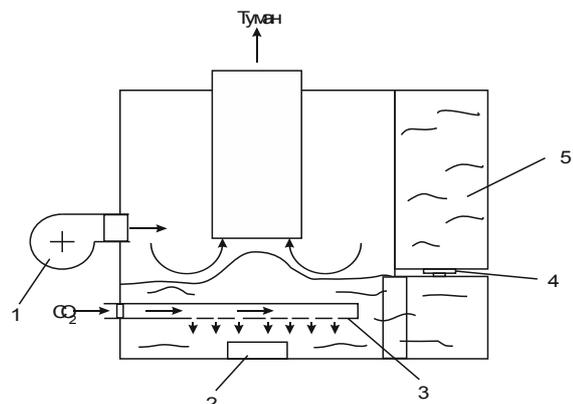


Рисунок 8 – Схема установки для получения тумана в режиме сатуратора  
1 – вентилятор, 2 – ультразвуковой излучатель, 3 – барботажная насадка, 4 – клапан, 5 – Емкость с водой

В этом режиме наложение ультразвуковых колебаний на двухфазную систему способствует турбулизации местных потоков, увеличивает местное перемешивание и тем самым в значительной степени ускоряет поглощение углекислого газа водой. Такой тех-

## ВЕГЕТАЦИОННАЯ КЛИМАТИЧЕСКАЯ КАМЕРА

нологический прием увеличивает скорость поглощения CO<sub>2</sub> не менее чем в 3 раза. [3]

Далее газированная вода подвергается обработке ультразвуком, и в виде мелкодисперсной смеси воды и углекислого газа идет на подкормку растений.

Переключение электромагнитного клапана выполняется по сигналу системы управления концентрацией CO<sub>2</sub> в зависимости от влажности воздуха и содержания углекислого в ВКК.

Контроль концентрации CO<sub>2</sub> осуществляется измерителем уровня углекислого газа типа CO112, имеющий следующие технические характеристики:

|                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| Единицы измерения  | ppm                          |
| Диапазон измерения | от 0 до 5000 ppm             |
| Погрешность        | ±3% от показаний или ±50 ppm |
| Тип датчика        | Электрохимический датчик     |
| Разрешение         | 0,1 ppm                      |
| Окружающая среда   | Воздух и нейтральный газ     |

Данный датчик имеет унифицированный выход, что позволяет легко совместить его с ПК для передачи показаний.

Информационно-измерительный блок (ИИБ)

Этот блок представляет собой персональный компьютер и ряд датчиков с аналого-цифровыми преобразователями (АЦП), что позволяет отображать на экране, сохранять и обрабатывать получаемые с датчиков данные. Используя возможности цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП) с помощью компьютера возможно управление процессами, происходящими в ВКК.

Датчики температуры TE1 – TE3 представляют собой термодары со стандартной градуировкой, что позволяет легко совместить их с АЦП. Кроме термодар используются комбинированные компактные датчики температуры и влажности с интерфейсами RS232 или RS485 и протоколом MODBUS RTU, что позволяет использовать их с помощью стандартного приложения HyperTerminal (Windows) (Рисунок 9).

В составе ИИБ используется цифровой мультиметр с АЦП MAS345. Стандартное программное обеспечение данного прибора позволяет кроме отображения данных на экране строить график изменения параметра в реальном времени, а так же сохранять данные в виде таблиц, что является очень удобным для дальнейшего использования их, например, для формирования векторов нейросетевого регулятора (рисунок 10).

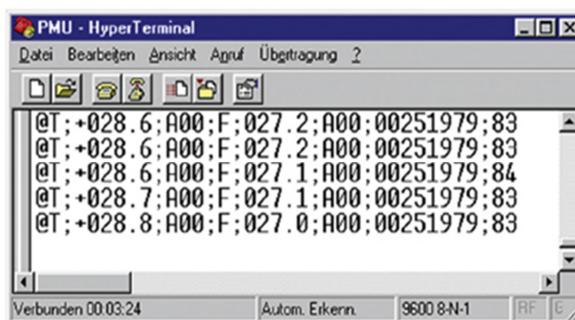


Рисунок 9 - Комбинированные датчики температуры и влажности с интерфейсами RS232 и считывание информации с него по средствам стандартного приложения HyperTerminal



Рисунок 10 – Работа цифрового мультиметра MAS345 в качестве АЦП в составе информационно-измерительного блока (ИИБ)

Система автоматического регулирования концентрации двуокиси углерода состоит из системы управления концентрацией диоксида углерода, отслеживающей содержание CO<sub>2</sub> в теплице, а при уменьшении концентрации ниже требуемого уровня подает сигнал установке рекуперации CO<sub>2</sub>.

На рисунке 11 показана пекинская капуста (кочанный салат), выращенная по обычной технологии (справа) и с применением

капельного фертигационного полива и сплинклерного орошения с подкормкой углекислым газом (слева).



Рисунок 11 – Пекинская капуста, выращенная по различной технологии  
1 – радиатор системы аккумуляирования,  
2 – система освещения,  
3 – вентилятор системы аккумуляирования.

Использование данной технологии позволяет получить прирост урожая в среднем в 1,5-2 раза.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гиль Л.С. Современное овощеводство закрытого и открытого грунта. Практическое руководство. / Л.С. Гиль, А.И. Пашковский, Л.Т. Сулима; Житомир: "Рута", 2012. - 468 с.
2. Рамм В. М. Абсорбция газов. / В. М. Рамм ; Изд. 2-е, переработ. и доп. М., "Химия", 1976. – 656 с.
3. Хмелев В. Н. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности. / В. Н. Хмелев, А.Н. Сливин, Р.В. Барсуков, С.Н. Цыганок, А.В. Шалунов; Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – 203 с.

**Кожухов В.А.** – к.т.н., доцент кафедры «ТОЭ» Красноярского государственного аграрного университета,  
тел. (391)2472976,  
E-mail: [kojuhov@kgau.ru](mailto:kojuhov@kgau.ru)

**Себин А.В.** - ассистент кафедры «ТОЭ» Красноярского государственного аграрного университета, тел. (391)2472976,  
E-mail: [Sebin\\_a@mail.ru](mailto:Sebin_a@mail.ru)

**Семенов А.В.** - к.т.н., доцент кафедры «ТОЭ» Красноярского государственного аграрного университета, тел. (391)2472976,  
E-mail: [sfsanya@mail.ru](mailto:sfsanya@mail.ru)