

## Взаимосвязанная система управления отопительно-вентиляционными установками в защищенном грунте

Значительную долю в себестоимости продукции, выращиваемой в теплицах, составляет потребление энергетических ресурсов. Для обеспечения требуемых параметров микроклимата до 40% затрат финансовых средств приходится на отопление. Вместе с тем, при повышении температуры выше требуемого значения существующие системы управления температурным режимом, теплоту, накопленную в теплице в весенне-летний период, удаляют через вентиляционные фрамуги. Это не рационально с точки зрения энергосбережения и может снизить продуктивность в защищенном грунте за счет поступления больших масс холодного воздуха [1].

Поэтому разработка математической модели и рационального алгоритма работы систем автоматического управления микроклиматом, позволяющие равномерно распределить тепло, влажность, скорость движения воздуха, освещенность в зоне плодоношения биологических объектов является актуальным.

Ранее разработанные программы позволяли производить регулирование по форточной вентиляции, калорифером, надпочвенному контуру и воздушному обогреву [2]. На основе этой программы разработана модель, позволяющая не только регулировать температуру, но и влажность в данных зонах.

Модель интерпретирует теплицу как заданный объем воздуха в пределах ограждающих конструкций. Пространственное распределение переменных, описывающих микроклимат, не учитывается. Данное допущение оправдывается при постоянной конвекции воздуха и принудительной вентиляции.

Биомассу растений в процессе их развития можно рассматривать как внешний фактор, не связанный с показателями микроклимата. Это оправдывается тем, что система управления поддерживает показатели микроклимата согласно требованиям к технологии выращивания культур. Биомасса растений в работе является постоянным значением.

Изменения параметров модели во времени происходят настолько медленно, что при описании цикла динамических процессов в системе управления их можно считать постоянными.

В соответствии с этими допущениями модель микроклимата получена как детерминированная и сосредоточенная, исходя из соотношений массо- и теплового баланса с приближенным учетом стадий биологического развития растений.

В модели выделяют две подсистемы: воздух теплицы и предпочвенный слой с растениями и грунтом. При описании подсистем нами были использованы следующие переменные: температура воздуха в теплице, температура растений, то есть температура предпочвенного слоя, относительная влажность воздуха теплицы.

Уравнения массового баланса содержания влаги в теплице имеет вид:

$$\rho \cdot V \cdot \frac{dX(t)}{dt} = F(t) + C_{sat(t)} \cdot [E(t) + fog(t)] \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха теплицы, (кг/м<sup>3</sup>);

$V$  – объем воздуха теплицы, (м<sup>3</sup>);

$X(t)$  – абсолютная влажность в теплице, (кг<sub>вода</sub>/кг<sub>воздух</sub>);

$t$  – время, (с);

$F(t)$  – инфильтрационная влажность, (кг<sub>вода</sub>/с);

$C_{sat(t)}$  – коэффициент насыщения воздуха;

$E(t)$  – скорость суммарного испарения воды растениями (кг<sub>вода</sub>/с);

$for(t)$  – расход воды системой форсунок (кг<sub>вода</sub>/с).

Уравнение теплового баланса энергии, влияющей на изменение температуры внутреннего воздуха теплицы, имеет вид:

$$\rho \cdot V \cdot C_v \cdot \frac{dT(t)}{dt} =$$

$$= Q_s(t) - Q_{cc}(t) + Q_p(t) - C_{sat(t)} \cdot (Q_u(t) + Q_t(t)) - Q_v(t) + W(t) \quad (2)$$

где  $C_v$  – теплоемкость воздуха, [Дж/(кг·°C)];

$T(t)$  – температура воздуха внутри теплицы, (°C);

$Q_s(t)$  – солнечная энергия, передаваемая воздуху теплице, (Вт);

$Q_{cc}(t)$  – энергия обмена при проводимости и конвекции, (Вт);

$Q_p(t)$  – обмен энергией с растениями, (Вт);

$Q_u(t)$  – потери энергии за счет суммарного испарения воды растениями, (Вт);

$Q_t(t)$  – потери энергии за счет распыления воды системой форсунок, (Вт);

$Q_v(t)$  – энергия обмена воздушной вентиляции, (Вт);

$W(t)$  – энергия системы обогрева, (Вт).

Уравнение теплового баланса энергии, влияющей на изменение температуры растений теплицы, имеет вид:

$$S_{outside} \cdot C_p \cdot \frac{dT_p(t)}{dt} = Q_{ur}(t) - Q_p(t) - Q_g(t) \quad (3)$$

где  $C_p$  – теплоемкость растений, [Дж/(°C·м<sup>2</sup>)];

$T_p(t)$  – температура растений внутри теплицы, (°C);

$t$  – время, (с);

$Q_{ur}(t)$  – энергия, усваиваемая растениями в течении дня, (Вт);

$Q_p(t)$  – обмен энергией с растениями, (Вт);

$Q_g(t)$  – потери энергии через грунт, (Вт).

Таким образом, приближенно микроклимат теплицы можно описать следующей системой уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho \cdot V \cdot \frac{dX(t)}{dt} = F(t) + C_{sat(t)} \cdot [E(t) + fog(t)] \\ \rho \cdot V \cdot C_v \cdot \frac{dT(t)}{dt} = Q_s(t) - Q_{cc}(t) + Q_p(t) - C_{sat(t)} \cdot (Q_u(t) + Q_t(t)) - Q_v(t) + W(t) \\ S_{outside} \cdot C_p \cdot \frac{dT_p(t)}{dt} = Q_{ur}(t) - Q_p(t) - Q_g(t) \end{array} \right. \quad (4)$$

В представленной модели не учитывается:

- пространственное распределение температуры и влажности по площади теплицы; распределение этих переменных по высоте учитывается только агрегировано;
- влияние температурно-влажностного режима на показатели развития растений сведено к детерминированной зависимости коэффициентов модели от времени.

Исходя из цели использования модели (для анализа и синтеза алгоритмов управления, а не для выбора технологически целесообразных режимов изменения температуры и влажности) представленная модель приемлема. Ее структура показана на рис. 1.



Рис. 1. - Структурная модель температурно-влажностного режима теплицы

Представленная на рис. 1 модель реализована с помощью разработанного нами алгоритма (рис. 2).

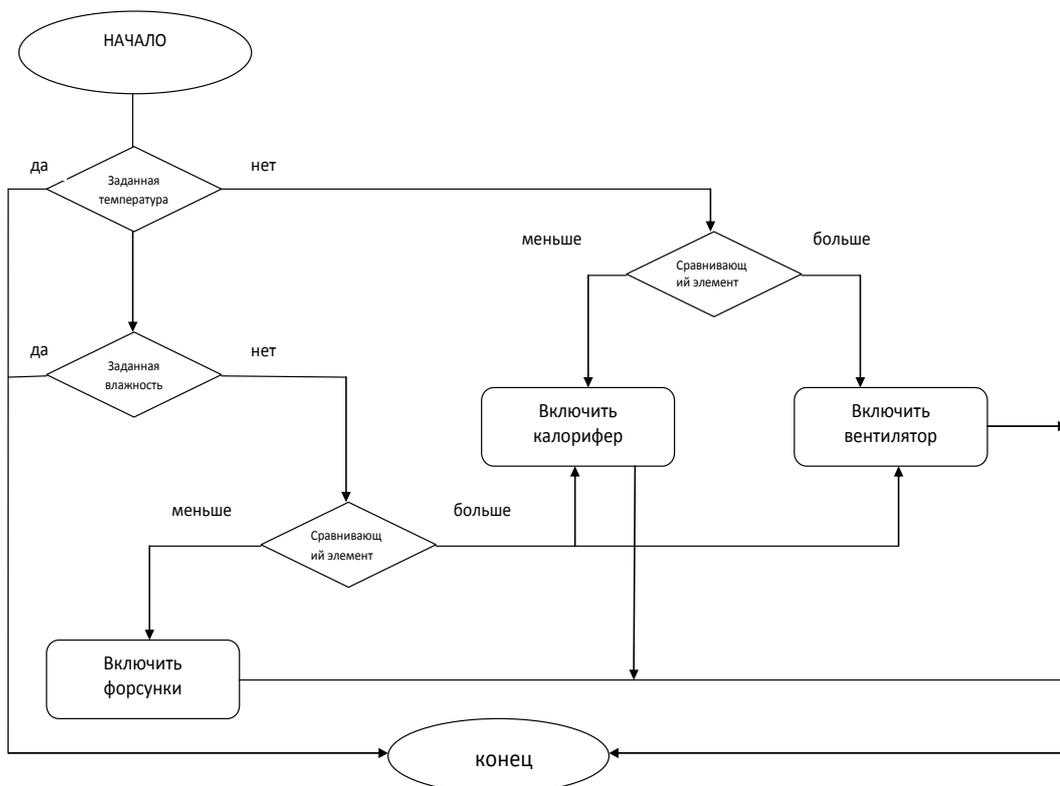


Рис. 2. - Алгоритм программы для поддержания влажности и температуры

Разработанный алгоритм управления позволяет поддерживать необходимое влагосодержание и температуру в теплице. Это, в свою очередь, даёт возможность повысить продуктивность биологических объектов. Целесообразно разработанный

алгоритм управления реализовать с помощью программируемых логических контроллеров (рис. 3).

Проанализировав языки программирования, был выбран язык линейных диаграмм (LD), который дает возможность составления программы из нескольких схем, блоки и соединители располагаются свободно, разрешаются циклы и свободные соединения.

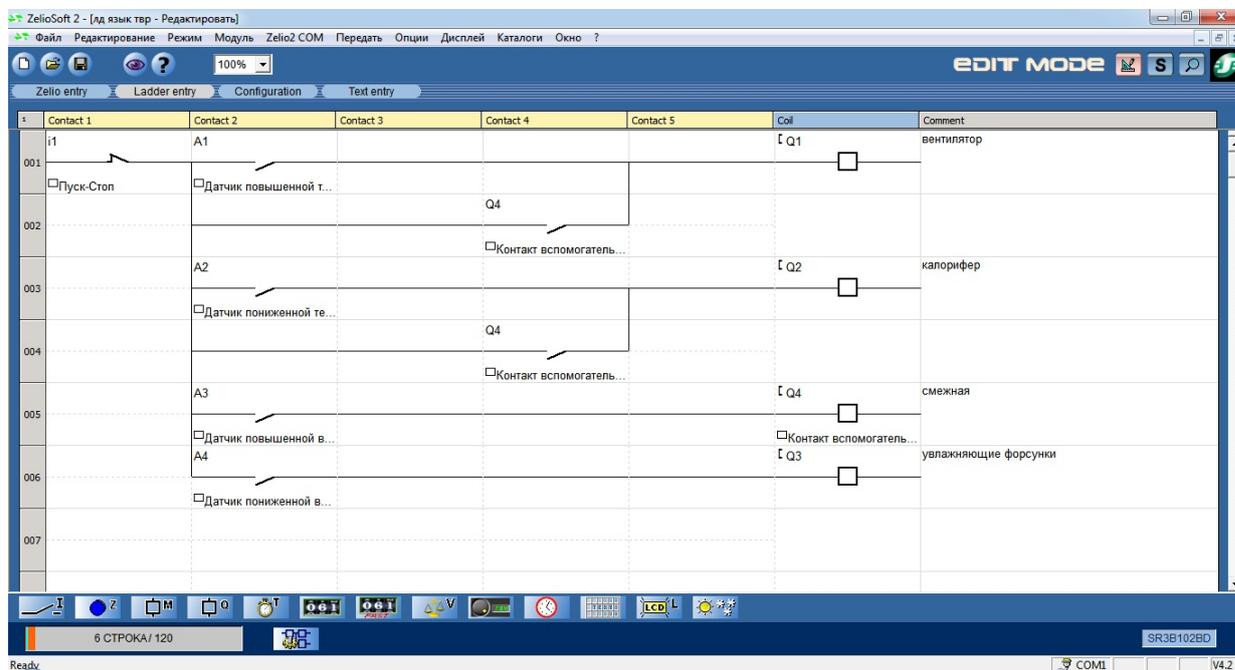


Рис. 3. - Программа Zeliosoft контроля температуры и влажности в теплице для управления исполнительными механизмами

При управлении температурно-влажностным режимом необходимо оценивать продуктивность растений, имея в виду, что конечным результатом всякого управления должен быть урожай надлежащего качества. Однако урожай оценивается, когда управление процессом уже закончено. Поэтому возникает необходимость использования косвенных показателей продуктивности, к которым относятся интенсивность фотосинтеза и темнового дыхания, а также суточный баланс  $\text{CO}_2$ -газообмена.

Отсюда вытекает необходимость в создании систем управления, использующих математические модели продуктивности.

Разработанная математическая модель управления температурно-влажностным режимом теплицы позволяет адекватно описать процессы изменения микроклиматических параметров в рабочем объеме защищенного грунта, что позволяет поддерживать температуру и влажность в зоне жизнедеятельности биологических объектов.

В заключение можно отметить, что представленная система управления микроклиматом позволяет контролировать температуру, распределяя ее равномерно по всей теплице, и влажность. Хотя в данной системе основными контролируемыми показателями являются температура и влажность, в дальнейшем необходимо учесть и скорость движения воздуха в теплице, с целью ограничения ее величины в отдельных местах помещения.

#### Список литературы

1. Деменков Н.П. Сетевые возможности интеллектуального реле ZelioLogic / Н.П. Деменков // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2008. - № 6. – С. 2-5.
2. Соковикова А.В. Повышение эффективности энергосбережения отопительно-вентиляционными электроустановками защищенного грунта в условиях

Удмуртской Республики / А.В. Соковикова // Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук 05.20.02. – Ижевск, ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2010. – 18 с.

3. Программа моделирования температурно-влажностным режимом теплицы. Свидетельство о государственной регистрации программы на ЭВМ, Российская Федерация / В.Г. Семенов, Е.Г. Крушель, И.В. Степанченко // ГОУ ВПО Волгоградский ГТУ. – № 2008613647. – 2008.
4. . Владыкин И.Р, Логинов В.В. Энергосберегающий режим работы отопительно-вентиляционных установок в теплицах // Безопасность труда в промышленности.- 2012.-№4.-С. 23-26.
5. Интеллектуальное реле ZelioLogic. Аналоговые преобразователи ZelioAnalog. // НовЭК/ Электротехническое оборудование и Сервис. URL: [http://catalog.novec.ru/catalog/schneider\\_electric/zelio\\_logic\\_analog.pdf](http://catalog.novec.ru/catalog/schneider_electric/zelio_logic_analog.pdf)