

УДК 62-531

**ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ АСУ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ТЕПЛИЦЫ**

**Шацкий Владислав Александрович**

обучающийся

[shatskiy2000@list.ru](mailto:shatskiy2000@list.ru)

**Картечина Наталья Викторовна**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

[kartechnatali@mail.ru](mailto:kartechnatali@mail.ru)

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация:** в статье рассматриваются датчики АСУ процессами теплиц.

**Ключевые слова:** Аналого-цифровой преобразователь, система управления, контроллер.

Основными параметрами, влияющими на рост растений в теплице, являются влажность воздуха, температура воздуха, температура воды и питательного раствора. Дополнительным параметром, по которому производится контроль является температура воды, так как требуется поддержание заданной температуры питательного раствора и вентиляция помещения теплицы. Система управления должна обеспечивать контроль над данными параметрами с допустимым качеством [1].

Необходимая точность поддержания заданной температуры воздуха – около  $0.5^{\circ}\text{C}$ .

Входными переменными для системы управления по температуре являются данные датчиков температуры  $T_0 - T_{ni}$ , определенные в N точках теплицы.

Вычисление усредненного значения температуры, которое используется для сравнения с заданным производится по формуле среднего арифметического [1, 2].

$$T_s = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} T_n}{N}, \quad (1)$$

где N – число датчиков температуры воздуха,  $N=5$ .

Сравнение заданного значения температуры  $T_0$  с полученным средним производится с помощью нахождения разности.

$$E = T_s - T_0, \quad (2)$$

Переменная S, отражающая результат сравнения может принимать следующие значения:

$$\begin{aligned} S=0, & \text{ при } -\Delta S < E < \Delta S, \quad T_s \approx T_0, \\ S=1, & \text{ при } E > \Delta S, \quad T_0 < T_s, \end{aligned} \quad (3)$$

$$S = -1, \text{ при } E < -\Delta S, >$$

Таким образом, управляющее воздействие (обозначим  $G$ ), которое поступает на включения отопления, может принимать значения  $G=0,1,2,3$ , при этом значению 0 соответствует выключено отопление, а  $G=3$  – включено комплексное отопление, т.е. максимальное значения вывода тепла [3-5].

Так как управление дискретное во времени, то на каждом шаге  $i$  управления имеются входные значения переменных  $T_0, \dots, T_7$  и вычисленное значение  $S_j$ . При формировании управляющего воздействия  $G$  необходимо учитывать его предыдущее значение. Так, если температура в теплице опустилась ниже заданного значения, то следует включить дополнительные обогреватели, т.е. увеличить значение  $G$  на 1. В обратном случае, т.е. при увеличении температуры сверх заданного значения  $T_0$ , следует уменьшить значение  $G$  на 1. При таком законе управления, реализуется экономичный режим управления, и в то же время не требуется полного комплексного выключения, что повышает надежность всей системы в целом [4, 6].

$$\begin{aligned} G_t &= G_{t-1} + 1, \text{ при } S_t = -1 \\ G_t &= G_{t-1} - 1, \text{ при } S_t = 1 \\ G_t &= G_{t-1}, \text{ при } S_t = 0 \end{aligned}$$

На каждом  $t$ -м шаге, для заданного номера обслуживаемой теплицы  $i$  циклически считываются значения датчиков  $T_{ti}$ , после опроса всех датчиков вычисляется среднее значение температуры  $T_s$ . Далее полученное значение сравнивается со значением заданной температуры  $T$ . Затем формируется результат сравнения  $S$ . При  $S=1$  производится уменьшение отопления, т.е.  $G_t = G_{t-1} - 1$ , при  $S=-1$  производится увеличение отопления, т.е.  $G_t = G_{t-1} + 1$ , а при  $S=0$  значение управляющего воздействия остается неизменным  $G_t = G_{t-1}$ .

Одновременно с уменьшением отопления ( $T_s > T_0$ ), включается вентиляция, Вентиляция включается на время ( $T_v$ ) [5, 6].

Точность поддержания заданной влажности воздуха составляет около 0.5%, что является достаточным для выращивания сельскохозяйственных культур. Время регулирования определяется скоростью впитывания влаги

листьев и скоростью уменьшения влажности. Данные величины зависят от типа выращиваемой культуры и конструкции теплицы.

Процесс управления по влажности воздуха отличается от процесса управления по температуре только тем, что значение управляющего воздействия  $W$  может принимать два значения.

$$W=1, C_s < C_o - \Delta C,$$

$$W=0, C_s > C_o + \Delta C,$$

где  $W=1$  – включен увлажнитель;

$W=0$  – выключен увлажнитель.

Вычисление среднего значения влажности также производится по формуле среднего арифметического.

$$C_s = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} C_n}{N}, \quad (3)$$

где  $N$  – число датчиков влажности для одного участка,  $N=1$ .

После формирования управляющего воздействия для управления по температуре аналогичным образом производится формирование управляющих воздействий для управления по отклонению влажности.

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) предназначен для преобразования непрерывной величины  $x$  в числовой код  $N$ . Числовой код подается в вычислитель – АЛУ микроконтроллера.

Погрешность АЦП в общем случае является случайной и может быть охарактеризована среднеквадратическим значением  $\sigma_{\text{АЦП}}$  или дисперсией:

$$\sigma_{\text{АЦП}}^2 = \sigma_{\text{диск}}^2 + \sigma_{\text{кв}}^2 + \sigma_{\text{дин}}^2 \quad (4)$$

где:

$\sigma_{\text{диск}}^2$  – среднеквадратическое значение составляющей погрешности АЦП, возникающей за счет дискретизации непрерывного сигнала;

$\sigma_{\text{кв}}^2$  –среднеквадратическое значение составляющей погрешности, возникающей за счет дискретизации сигнала по уровню;

$\sigma_{\text{дин}}^2$  –среднеквадратическое значение погрешности, возникающей за счет запаздывания выходного сигнала АЦП на время преобразования.

На практике полагают следующее распределение погрешностей:

$$- \sigma_{\text{диск}}^2 = 2/6;$$

$$- \sigma_{\text{кв}}^2 = 3/6;$$

$$- \sigma_{\text{дин}}^2 = 1/6.$$

Максимальный уровень сигнала на входе АЦП одинаков для обоих каналов, так как определяется нормирующим усилителем, тогда:

$$\sigma_{\Delta\text{АЦП}}^2 = (\sigma_{\text{АЦП}} \cdot U_{\text{max}})^2 = (0,001 \cdot 4,5)^2 = 20,25 \text{ мкВ}^2$$

Рассчитываем:

$$\sigma_{\text{диск}}^2 = \sigma_{\Delta\text{АЦП}}^2 \cdot \frac{2}{6} = 20,25 \cdot \frac{2}{6} = 6,75 \text{ мкВ}^2$$

$$\sigma_{\text{кв}}^2 = \sigma_{\Delta\text{АЦП}}^2 \cdot \frac{3}{6} = 20,25 \cdot \frac{3}{6} = 10,125 \text{ мкВ}^2$$

$$\sigma_{\text{дин}}^2 = \sigma_{\Delta\text{АЦП}}^2 \cdot \frac{1}{6} = 20,25 \cdot \frac{1}{6} = 3,375 \text{ мкВ}^2$$

Рассчитаем максимальные скорости изменения измеряемого сигнала, то есть скорости изменения информационных параметров ИИС. В схеме целесообразно уровень сигналов привязать к напряжению питания микроконтроллера и АЦП, что соответствует 5 В [5].

Определим требуемое число разрядов АЦП:

$$n = \log_2 \left[ \frac{U_{\text{max}}}{2\sqrt{3} \cdot \sigma_{\text{кв}}} + 1 \right] = \log_2 \left[ \frac{5}{2\sqrt{3} \cdot \sqrt{10,125 \cdot 10^{-6}}} + 1 \right] = 9,36 \approx 10$$

Как видно, требования к быстродействию АЦП достаточно низкие.

### **Анализ технических требований к контроллеру**

Цифровой тракт устройства будет обеспечивать [2, 6]:

- 1) сбор информации с выходов каналов измерения уровня сигналов;
- 2) обработку информации;

- 3) выдачу полученного значения на цифровой индикатор;
- 4) управление работой вспомогательных элементов схемы.

Рассчитаем требования к микроконтроллеру.

Определим требуемую длину разрядной сетки представления результата. Под длиной  $n_c$  разрядной сетки понимается число двоичных разрядов, отводимое для представления мантиссы числа без разряда, определяющего его знак.

$$\Delta_{\text{don}} = \frac{\sigma_{\text{don}}}{10} = \frac{40}{10} = 4\text{м}$$

Количество бит определяется по формуле:

$$n = \left\lceil \log_2 \left( \frac{T_{\text{max}}}{\Delta_{\text{don}}} \right) \right\rceil = \left\lceil \log_2 \left( \frac{1500}{4} \right) \right\rceil = 8,747 \approx 9$$

где:

$T_{\text{max}}$  - максимальное значение измеряемого параметра.

Так как микроконтроллеры имеют восьмибитную шину данных, то, очевидно, что для представления результата необходимо использовать двухбайтный формат числа [7, 8].

Определим емкость памяти. Определение емкости памяти необходимо для:

- 1) хранения кодов программ в памяти программ (ПЗУ);
- 2) хранение промежуточных данных, возникающих в ходе выполнения программы (ОЗУ).

Емкость ПЗУ определяется по формуле:

$$Q_{\text{ПЗУ}} = \lambda \cdot \left( \sum N_{\text{ком}}^j \right)$$

где:

$\lambda=1,5$  – коэффициент запаса.

Количество выполняемых операций определяется исходя из:

- 1) сложение - 15 бит
- 2) вычитание - 25 бит

- 3) умножение - 30 бит
- 4) деление - 100 бит
- 5) возведение в степень - 100
- 6) извлечение из - под корня - 50
- 7) подпрограмма опроса каналов - 50
- 8) подпрограмма выдачи информации - 50

Тогда:

$$Q_{ПЗУ} = 1,5(15 + 25 + 80 + 100 + 100 + 50 + 50 + 50) = 705$$

Емкость ОЗУ находится по формуле:

- 1) результаты опроса каналов – поразрядно  $16+16=32$
- 2) промежуточные результаты вычисления рабочей формулы  $2 \times 30=60$
- 3) промежуточные результаты 50
- 4) константы, длина разрядных сеток для которых составит:

$$n^{\text{конст}} = \left\lceil \log_2 \left( \frac{\text{const}}{\Delta \text{const}} \right) \right\rceil$$

находим:

$$n^R = \left\lceil \log_2 \left( \frac{29,27}{0,008} \right) \right\rceil = 11$$

В этом случае емкость ОЗУ составит:

$$Q_{ПЗУ} = 16 + 60 + 50 + 11 + 12 + 11 = 160$$

### Список литературы:

1. Некоторые возможности применения Mathcad для решения инженерных задач в АПК / О.С. Дьячкова, С.В. Дьячков, О.С. Картечина, Н.В. Картечина // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 4. – С. 203
2. Modern industrial horticulture as the managed information and technological system / A.I. Zavrzhnov, V.Y. Lantsev, A.A. Zavrzhnov, Y.V.

Trunov // Ecology, Environment and Conservation. - 2016. - Т. 22. - № 1. - С. 173-177.

3. Абалуев Р.Н. Информационное обеспечение сельского хозяйства / Р.Н. Абалуев, Д.В. Косенков // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 2. – С. 290.

4. Копцев П.Ю. Влияние информационных технологий на рост синергетического эффекта в АПК // П.Ю. Копцев, Н.В. Картечина, Ю.А. Скрипко // В сборнике: Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией В.А. Солопова. – 2018. – С. 187-190.

5. Аникьева Э.Н. Пути повышения производительности в агропромышленном комплексе при использовании облачных технологий / Э.Н. Аникьева, Е.А. Аникьева // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 4. – С. 211.

6. Иерархический анализ экспериментальных данных / Л.В. Бобрович, Н.В. Картечина, Н.В. Андреева, С.О. Чиркин // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 3. – С. 2.

7. Means of communication for visually impaired people: fractalyphlotechnologies of data communication / A.A. Zavrazhnov, V.Yu. Lantsev, A.I. Zavrazhnov, S.V. Sharov // Prensa Medica Argentina. – 2019. – Т. 105. – № 9. – С. 634-643.

8. Бутенко А.И. Структура нейронных сетей / И.В. Хатунцев, А.И. Бутенко // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 2. – С. 384.



UDC 62-531

**REQUIREMENTS FOR QUALITY CONTROL AND MANAGEMENT OF  
AUTOMATED CONTROL SYSTEMS OF TECHNOLOGICAL  
PROCESSES OF GREENHOUSES**

**Vladislav Alexandrovich Shatskiy**

studying

[shatskiy2000@list.ru](mailto:shatskiy2000@list.ru)

**Natalya Viktorovna Kartechina**

candidate of agricultural Sciences, associate Professor

[kartechnatali@mail.ru](mailto:kartechnatali@mail.ru)

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia.

**Annotation.** The article deals with sensors of automatic control systems for greenhouses.

**Keywords:** Analog-to-digital Converter, control system, controller.