

стенки, при которой постоянная a может быть принята равной нулю, то выражение (1) будет иметь вид:

$$F = K \left(\frac{\delta - \delta_0}{\delta_0} \right)^{0.5} - b \cdot \theta \cdot \bar{H}. \quad (3)$$

Такие приближенные зависимости могут быть получены в случае определения эффективности применения пассивного солнечного отопления в различных климатических условиях и относительной оценки влияния архитектурно-строительных изменений в системе.

В сельском хозяйстве южных районов республики есть возможности внедрения гелиотехники (использование солнечной энергии), можно развивать и совершенствовать строительство сельскохозяйственных построек, это даст, во-первых, экономию топлива на обогрев помещений, во-вторых, себестоимость вырабатываемой продукции будет более низкой, чем с естественным отоплением, в-третьих, строительство таких систем – дешевле и проще в сравнении с отопительными системами, и т. д.

Л и т е р а т у р а

1. Твайделл, Дж. Возобновляемые источники энергии / Дж. Твайделл. – М. : Атомэнергоиздат, 1990.
2. Энергосберегающие технологии в современном строительстве / под ред. В. Б. Козлова. – М. : Стройиздат, 1990. – 296 с.
3. Авезов, Р. Р. Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения / Р. Р. Авезов, А. Ю. Орлов. – Т. : Фан, 1988. – 288 с.
4. Авезова, Н. Р. Влияние термического сопротивления коллекторно-аккумулирующей стены пассивных систем солнечного отопления на их коэффициент замещения тепловой нагрузки / Н. Р. Авезова, Ж. Д. Садыков // Гелиотехника. – 2012. – № 1. – С. 47–53.
5. Сканава, А. Н. Отопление / А. Н. Сканава. – М. : Стройиздат, 1988. – 416 с.
6. Энергоактивные здания. – М. : Стройиздат, 1988. – 376 с.
7. Шпаков, Л. И. Водоснабжение, канализация и вентиляция на животноводческих фермах / Л. И. Шпаков, В. В. Юнаш. – М. : Агропромиздат, 1987. – 146 с.
8. Гарнижевский, Б. В., Чакалев, К. Н., Левинский, Б. М. // Гелиотехника. – 1989. – № 4. – С. 54.
9. Чакалев, К. Н., Садыков, Ж. Д. // Гелиотехника. – 1994. – № 1. – С. 53–56.

УДК 662.997

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ВЫХОДЕ ИЗ АККУМУЛЯТОРА ТЕПЛА В ГЕЛИОТЕПЛИЦАХ

Г. М. Мирзаева, Ж. М. Шохимардонов

*Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан*

Научные руководители: А. С. Дусяров, Ж. Д. Садыков

Рассмотрено эффективное использование солнечной энергии для теплоснабжения сельскохозяйственных сооружений и предложен аналитический метод расчета температуры воздуха на выходе из водяного аккумулятора тепла в гелиотеплицах. В технологическом отношении водяной аккумулятор тепла, являясь объектом регулирования температуры воздуха на выходе из аккумулятора, выполняет процесс нагрева воздуха в гелиотеплице.

Ключевые слова: аккумулятор тепла, температурное поле, температурный режим, математическая модель, гелиотеплица.

ANALYTICAL METHOD FOR CALCULATING AIR TEMPERATURE AT THE OUTLET OF THE HEAT ACCUMULATOR IN SOLAR GREENHOUSE

G. M. Mirzaeva, J. M. Shokhimardonov

Karshi Institute of Engineering and Economics, Republic of Uzbekistan

Science supervisors: A. S. Dusyarov, J. D. Sadikov

The paper considers the efficient use of solar energy for heat supply of agricultural buildings and proposes an analytical method for calculating the air temperature at the outlet of a water heat accumulator in solar greenhouses. Technologically, the water heat accumulator, being the object of air temperature regulation at the outlet of the accumulator, performs the process of air heating in the solar greenhouse.

Keywords: heat accumulator, temperature field, temperature regime, mathematical model, solar greenhouse.

Солнечная энергетика относится к быстроразвивающимся отраслям науки, техники и технологии. Сегодняшние солнечные системы уже рентабельны, надежны и просты в эксплуатации. По литературным данным [1, 2], солнечные системы могут обеспечивать экономию топливно-энергетических ресурсов до 60–70 % и более.

Во многих странах все больше внимания уделяется практическому использованию солнечной энергии, в первую очередь, для горячего водоснабжения и отопления зданий, а также создания необходимого микроклимата в помещениях сельскохозяйственных сооружений, в которых солнечная энергия эффективно используется в течение значительной части года [3, 4].

Гелиотеплица является сложным объектом с распределенными параметрами, в котором одновременно протекают теплообменные и массообменные процессы [5].

Ввиду того, что порядок дифференциального уравнения, описывающего температуру воздуха в гелиотеплице, определяется числом теплоаккумулирующих веществ, то порядок уравнения для гелиотеплицы данной конструкции [6] равен шести (если учесть теплоемкость внутреннего воздуха, водяного и почвенного аккумулятора тепла, почвы, растительного покрова и светопрозрачного ограждения).

Процессы аккумуляции тепла происходят путем изменения физических параметров теплоаккумулирующего материала.

В последние годы наиболее распространены тепловые аккумуляторы с твердым теплоаккумулирующим материалом [7]. Это связано, в первую очередь, с использованием недорогих материалов, простых и проверенных технических решений.

Жидкостные тепловые аккумуляторы относятся к числу наиболее простых и надежных устройств аккумуляции тепла, что связано с совмещением функций теплоаккумулирующего материала теплоносителя.

Тепловой режим почвенного аккумулятора тепла гелиотеплиц формируется главным образом под действием солнечной радиации и тепловым воздействием воздушной среды внутри гелиотеплицы [8]. Нахождение температурного поля почвенного аккумулятора тепла, где действует ряд факторов переноса тепла (конвекция, кондукция и излучение), является задачей большой сложности [9].

В гелиотеплицах температура почвы поддерживается за счет конвективного теплопритока от внутреннего воздуха и аккумуляции в дневное время теплоты.

При составлении дифференциального уравнения сооружения (гелиотеплицы) в целом для каждой из них составляется уравнение теплообмена. При этом учиты-

ваются следующие факторы: поступление тепла за счет радиации; тепловыделение почвы; теплотери через светопрозрачные ограждения; теплотери с рециркулируемым воздухом; затраты тепла на испарение влаги с почвы и растительности.

Тепловой баланс теплоаккумулирующего элемента включает;

– поступление тепла от внутреннего воздуха;

– потерю тепла в процессе теплопередачи и аккумулялирование тепла аккумулятором.

1. Уравнение процесса передачи теплоты от воздуха к жидкости т. е., при зарядке аккумулятора имеет вид:

$$V_T C_B \rho_B \frac{d\Delta\theta_{01}^B}{dt} = C_B L_B \Delta\theta_0^B - \alpha_{TP} F_T (\Delta\theta_0^B - \Delta\theta^{\text{ж}}) - C_B L_B \Delta\theta_{01}^B. \quad (1)$$

2. Уравнение процесса передачи теплоты от жидкости к воздуху, т. е. при разрядке аккумулятора, имеет вид:

$$V_T C_B \rho_B \frac{d\Delta\theta_{01}^B}{dt} = -C_B L_B \Delta\theta_0^B - \alpha_{TP} F_T (\Delta\theta^{\text{ж}} - \Delta\theta_0^B) - C_B L_B \Delta\theta_{01}^B. \quad (2)$$

Уравнение накопления теплоты массой элементов конструкций аккумулятора и жидкости при изменении температуры воздуха на входе запишется в виде:

$$(m_{\text{ж}} C_{\text{ж}} + m_{\text{М}} C_{\text{М}}) \frac{d\Delta\theta^{\text{ж}}}{dt} = K_T F_T (\Delta\theta_0^B - \Delta\theta^{\text{ж}}), \quad (3)$$

где V – объем труб аккумулятора; ρ_B – плотность воздуха; C_B – удельная теплоемкость воздуха; L_B – расход воздуха; $\Delta\theta^{\text{ж}}$ – приращение средней температуры воды; α_T – коэффициент теплоотдачи; F_T – площадь поверхности трубы, участвующий в теплообмене; K_T – коэффициент теплопередачи трубы; $m_{\text{ж}}$ – масса жидкости (воды) в аккумуляторе; $C_{\text{ж}}$ – удельная теплоемкость жидкости; $m_{\text{М}}$ – масса элементов конструкции аккумулятора; $C_{\text{М}}$ – удельная теплоемкость металла (стали).

Уравнения (1) и (2) можно объединить в одно, т. е.

$$V_T C_B \rho_B \frac{d\Delta\theta_{01}^B}{dt} = \pm [(C_B L_B \mp \alpha_T F_T) \Delta\theta_0^B + \alpha_T F_T \Delta\theta^{\text{ж}}], \quad (4)$$

где верхние знаки относятся к процессу зарядки аккумулятора, а нижние – к процессу разрядки аккумулятора.

Выполняя соответствующие преобразования уравнений (3) и (4), приводим их к стандартному виду:

$$T_1 \frac{d\Delta\theta_{01}^B}{dt} + \Delta\theta_0^B = \pm K_{31} (K'_{31}) \Delta\theta_0^B + K_{32} \Delta\theta^{\text{ж}}; \quad (5)$$

$$T_2 \frac{d\Delta\theta^{\text{ж}}}{dt} + \Delta\theta^{\text{ж}} = \Delta\theta_0^B, \quad (6)$$

где $T_1 = \frac{V_T C_B \rho_B}{C_B L_B} = \frac{V_T \rho_B}{L_B}$; $K_{31} = 1 - \frac{\alpha_T F_T}{C_B L_B}$; $K_{32} = \frac{\alpha_T F_T}{C_B L_B}$; $K'_{31} = 1 + \frac{\alpha_T F_T}{C_B L_B}$; $T_2 = \frac{m_{\text{ж}} C_{\text{ж}} + m_{\text{М}} C_{\text{М}}}{K_T F_T}$.

В уравнение (5) знак «+» относится к коэффициенту K_{31} (процесс зарядки) и знак «-» – к коэффициенту K'_{31} (процесс разрядки) и соответственно в период зарядки; уравнение (5) решается перед переменным $\Delta\theta_0^B$ с коэффициентом K_{31} в период разрядки с коэффициентом K'_{31} .

Совместно решая уравнения (5) и (6), можно легко установить уравнения связей в динамике при изменениях входной величины θ_0^B , изменении выходной величины θ_{01}^B , изменении температуры воздуха на входе, изменении температуры жидкости (воды) на выходе (6) и изменении температуры жидкости (воды) на входе, изменении температуры воздуха на выходе (6) и изменении температуры жидкости (воды) на входе, изменении температуры воздуха на выходе.

Предложенный аналитический метод расчета температуры воздуха на выходе из водяного аккумулятора тепла позволяет получить динамические характеристики гелиотеплицы.

Л и т е р а т у р а

1. Амерханов, Р. А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии / Р. А. Амерханов. – М. : Колос, 2003. – 532 с.
2. Марченко, О. В. Системные исследования эффективности возобновляемых источников энергии / О. В. Марченко, С. В. Соломин // Теплоэнергетика. – 2010. – № 11. – С. 12–17.
3. Севернев, М. М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве / М. М. Севернев. – М. : Колос, 1992. – 190 с.
4. Твайдел, Дж. Возобновляемые источники энергии / Дж. Твайдел, А. Уэйр. – М. : Энергоиздат. – 1990. – 392 с.
5. Байрамов, Р. Б. Микроклимат теплиц на солнечном обогреве / Р. Б. Байрамов, Л. Б. Рыбакова. – Ашхабад, 1983. – 85 с.
6. Хайридинов, Б. Э. Математическая модель блочной гелиотеплицы-сушилки с подпочвенным аккумулятором тепла / Б. Э. Хайридинов, С. М. Исаев, М. У. Аширбаев // Гелиотехника. – 1990. – № 5. – С. 80–83.
7. Левенберг, В. Д. Аккумуляция тепла / В. Д. Левенберг, М. Р. Ткач, В. А. Гольстрем. – Киев : Тэхника, 1991. – 111 с.
8. Нерлин, С. В. Энерго- и массообмен в системе «растение – почвы – воздух» / С. В. Нерлин, А. Ф. Чудновский. – Л. : Гидрометеиздат, 1975. – 352 с.
9. Чудновский, А. Ф. Теплофизика почв / А. Ф. Чудновский. – М. : Наука, 1976. – 352 с.

УДК 536.24

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОБМЕННИКОВ С ТЕРМОСИФОННЫМИ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

А. В. Таран

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научные руководители: А. В. Шаповалов, Н. М. Кидун

В настоящий момент существует тенденция к оптимизации массогабаритных характеристик теплообменного оборудования при проектировании систем утилизации тепла и повышения эффективности теплоиспользующих установок энергетики и промышленности. Решение этих задач может быть достигнуто при использовании теплообменных