

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АККУМУЛЯЦИИ ТЕПЛОТЫ В СОЛНЕЧНЫХ УСТАНОВКАХ

А. Г. Халимов, К. Х. Ураков, Н. К. Дамаев

Каршинский государственный университет, Республика Узбекистан

Научные руководители: Г. Г. Халимов, канд. физ.-мат. наук, доцент;
Ж. Д. Садыков

Известно, что любая система снабжения энергией состоит из источника первичной энергии, подсистемы преобразования энергии и потребителей преобразованной энергии. В системе могут возникнуть несоответствия, как во времени, так и в пространстве между подачей энергии и потребностями. Преодоление этих несоответствий является основной целью аккумулирования энергии [1]–[3].

В теплоэнергетических и энергосберегающих процессах аккумулирование тепла является наиболее важной формой аккумулирования энергии [2], [3]. Теплоаккумулирующие системы являются неотъемлемыми составными частями низкотемпературных солнечных установок. В частности, в солнечных системах теплоснабжения, солнечных теплицах [3] и сушилках [2].

Рассмотрим модель процесса теплового аккумулирования в солнечных теплицах.

Процессы аккумулирования тепла в солнечных теплицах основаны на косвенных методах – передача тепла теплоаккумулирующей среде посредством теплообменной среды. Теплоаккумулирующей средой-массой могут быть вода, насадка, грунт. Теплообменной средой-теплоносителем является воздух. Циркуляция теплоносителя – принудительная. Режим работы теплового аккумулятора – регенеративный.

Традиционно тепловые аккумуляторы (ТА) размещаются в объеме или грунте теплицы и, как следствие, тепловые потери через оболочку ТА в конечном счете возвращаются в теплицу. Поэтому при расчетах теплотери в ТА не учитываются.

При составлении математической модели динамического режима теплового аккумулятора принимаются следующие допущения:

- теплофизические параметры теплоносителя-воздуха и материала теплового аккумулятора принимаются постоянными;
- температура воздуха по длине теплового аккумулятора изменяется линейно;
- теплотери через оболочку теплового аккумулятора не учитываются.

Система уравнений математической модели динамического режима теплообмена в ТА имеет вид

$$\frac{dQ_a}{d\tau} = m_a C_a (t_{a1} - t_{a2}); \quad (1)$$

$$\frac{dQ_b}{d\tau} = m_b C_b (t_{b1} - t_{b2}); \quad (2)$$

$$\frac{dQ_b}{d\tau} = A_b F_b (t_a - t_b); \quad (3)$$

$$\frac{dQ_a}{d\tau} = \frac{dQ_b}{d\tau}, \quad (4)$$

где $m_a m_b$ – масса ТА и воздуха, проходящего через ТА, кг; C_a, C_b – удельная теплоемкость материала ТА и воздуха, Дж/(кг · К); t_{a1} и t_{a2} – начальная и конечная среднemasовая температура ТА, °С; t_{b1} и t_{b2} – среднemasовая температура воздуха на входе и выходе ТА, °С; F – площадь поверхности теплообмена «ТА–воздух», м²;

$$t_a = \frac{(t_{f1} + t_{a2})}{2}; \quad t_b = \frac{(t_{b1} + t_{b2})}{2}; \quad t - \text{время, с.}$$

При твердом аккумуляторе (грунт, гравий) коэффициент A_b является коэффициентом теплоотдачи a_b на границе «воздух–теплоаккумулирующая масса»; при водяном аккумуляторе – является коэффициентом теплопередачи K_b на границе «воздух–вода», Вт/(м² · К).

Граничными условиями для уравнений (1)–(4) являются уравнения теплового баланса на границе «воздух–масса ТА»:

– при ТА из насадки:

$$-\lambda_a \frac{dt_r}{dr} \alpha_b (t_b - t_r) \text{ при } r = R_n; \quad -\lambda_a \frac{dt_r}{dr} = 0 \text{ при } r = 0; \quad (5)$$

– при теплоаккумулирующей трубе в грунте:

$$-\lambda_a \frac{dt_r}{dr} = \frac{\alpha_b}{2\pi R_r} (t_b - t_r) \text{ при } r = R_r; \quad -\lambda_a \frac{dt_r}{dr} = 0 \text{ при } r = \infty; \quad (6)$$

– при водяном аккумуляторе:

$$a_b - (t_b - t_r) = a_a - (t_r - t_a), \quad (7)$$

где λ_a – коэффициент теплопроводности материала ТА, Вт/(м · К); t_r – температура на границе «воздух–масса ТА», °С; R_n, R_r – радиусы насадки и теплоаккумулирующей трубы, м; α_a – коэффициент теплоотдачи на границе «труба–вода», Вт/(м² · К).

Уравнение (3) можно представить в следующем виде:

$$\frac{dQ_b}{d\tau} = f \cdot A_b F(t_a - t_b), \quad (8)$$

где f – управляющая функция, при работе вентилятора $f = 1$, в остальных случаях $f = 0$.

Управляющая функция f является функцией включения и выключения вентилятора при $t_a < t_b$ – режим зарядки ТА, при $t_a > t_b$ – режим разрядки.

Л и т е р а т у р а

1. Байрамов, Р. Б. Микроклимат теплиц на солнечном обогреве / Р. Б. Байрамов, Л. Б. Рыбакова. – Ашхабад, 1983. – 85 с.
2. Вардияшвили, А. Б. Теплообмен и гидродинамика в комбинированных солнечных теплицах с субстратом и аккумулярованием тепла / А. Б. Вардияшвили. – Ташкент : Фан, 1990. – 194 с.
3. Исаев, С. М. К вопросу аналитического определения удельного влагосодержания воздуха гелиотеплицы / С. М. Исаев // Сб. науч.-теорет. конф. в честь 600-летия Мирзо Улугбека. – Карши, 1994. – Т. 4. – С. 28–32.
4. 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.