

# Обоснование Режимов Тепломассообменных Процессов В Многокомпонентных Цементных Материалах С Учётов Солнечной Радиации

*Алиазаров Алишер Хайдаралиевич<sup>1</sup>, Хайдаров Шерзод Эргашалиевич<sup>2</sup>*

**Аннотация:** Показана аналитическая методика решения, позволяющие качественно оценить вклад в развитие поля температур в изделии с выделением теплоты при протекании экзотермической реакции и учёт солнечной радиации при структуро образовании многокомпонентных цементных материалах.

**Ключевые слова:** источник тепла, гидратация, излучение, солнечная радиация, многокомпонентные цементные материалы, теплоперенос, лучепоглощение, тепловыделение, термообработка.

**Введение:** Мощность объемного источника тепла  $q_v$ , обусловленного выделением теплоты гидратации, изменяется в зависимости от времени, температуры и коэффициента излучения золоцементного изделия полиструктурного строения [1. стр. 106.]. Изменение  $q_v$  во времени приближенно можно выразить для фиксированной средней температуры кусочно-непрерывной функцией  $r$  (рис. 1 а)

$$q \approx \sum_0^m \sigma_0 (\tau - \tau_0) \quad (1)$$

или ломаной

$$q \approx \sum_0^m (V_m - V_{m-1}) (\tau - \tau_m) \sigma_0 (\tau - \tau_m), \quad (2)$$

где  $\sigma_0(\tau - \tau_m)$  - единичная функция Хевисайда, при

$$\tau > \tau_i \sigma_0(\tau - \tau_i) = 1, \quad \text{при } \tau < \tau_i \sigma_0(\tau - \tau_i) = 0; \quad (3)$$

$V_m$  - скорость равномерного изменения мощности источника  $q$  при  $r - r_m$ , Вт/м<sup>3</sup>·с;

$\tau_m$  - время  $m$ -ого изменения мощности источника и скоростей равномерного подъема или спада мощности  $q$  (рис. 1 б).

Зная, что:

$$F(r) = \sum_0^m q_m \sigma_0(\tau - \tau_m), \quad \sigma_0(x) = 0 \quad (4)$$

$$1, \quad \tau > \tau_m$$

$$0, \quad \tau < \tau_m$$

имеем изображение по Лапласу:

<sup>1</sup> кандидат технических наук. профессор

<sup>2</sup> Доцент кафедры «Строительство и монтаж инженерных коммуникаций» Наманганский государственный технический университет (Нам ГТУ) Республика Узбекистан г. Наманган

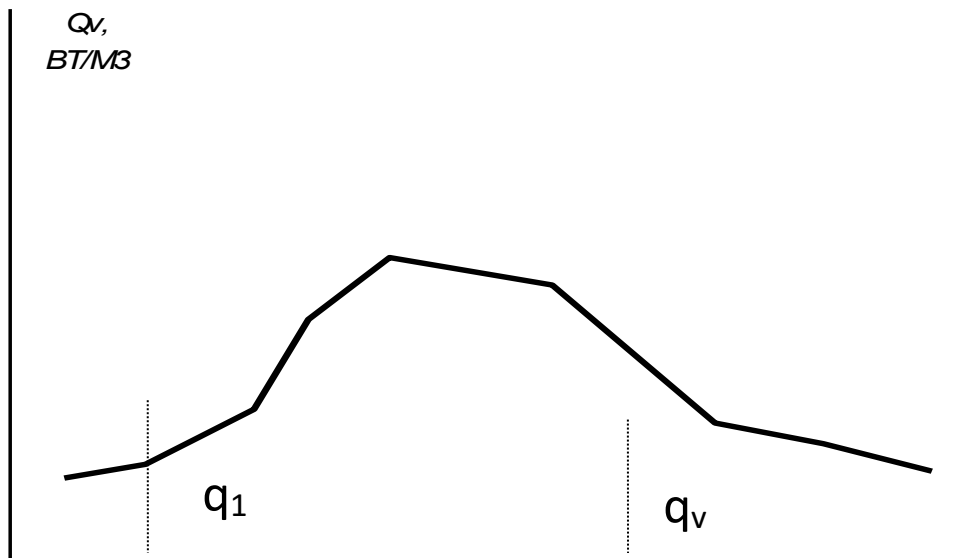


$$F(S) = \sum_0^m q_m \cdot \text{EXP}(-s\tau_m) / S + \sum_0^K q_l \cdot K_n \quad (5)$$

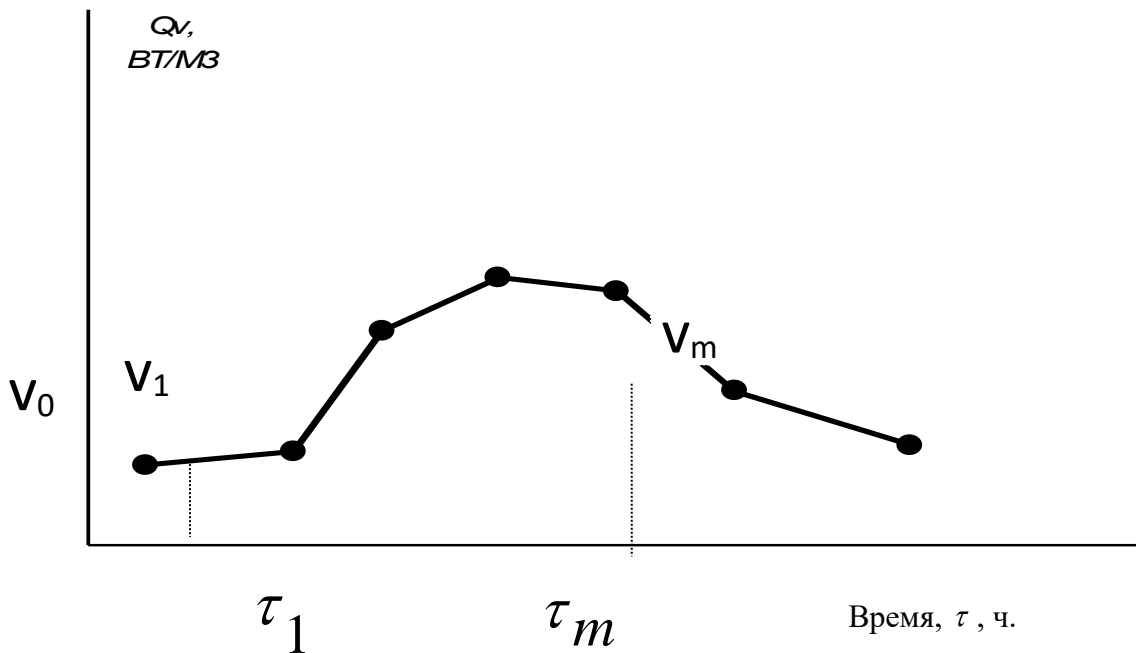
$$F(r) = \sum_0^m (V_m - V_{m-1}) (\tau - \tau_m) \cdot \sigma_0(\tau - \tau_m);$$

$$F_S = \sum_0^m (V_m - V_{m-1}) \cdot \text{EXP}(-s\tau_m) / S + \sum_0^K q_l \cdot K. \quad (6)$$

a)



б)



**Рис. 1 Аппроксимация действительной кривой изменения мощности внутреннего источника q кусочно-непрерывной (а) и ломаной (б) функциями**

Начальное распределение температуры по толщине структурообразующего золоцементного изделия равно  $t_0$ . В начальный момент времени оно помещается в среду с температурой  $t_c > t_0$ ,



которая поддерживается постоянной на протяжении всего процесса нагревания [2.3.4.]. Необходимо найти распределение температуры по толщине образца и расход тепла в любой момент времени, если теплообмен с окружающей средой происходит по закону Ньютона. Поместим начало координат в середине толщины пластины и обозначим через  $2l$  ее толщину. Внутри образца действует источник тепла удельной мощностью  $q_v$ , являющийся функцией времени [5.6.].

Условие задачи математически может быть сформулировано следующим образом.

Решить дифференциальное уравнение:

$$dt(x,r)/d = a \text{drt}(x,r)/dx^2 + q_v(r)/c\rho;$$

$$(r > 0, -1 < x < 1) \quad (7)$$

при условиях

$$t(x,0) = t; \quad (8)$$

$$dt(0, \tau) = 0 \quad (10)$$

$$dx - dt(l, \tau)/dx + [\alpha/\lambda t_c - f(l, \tau)] = 0. \quad (9)$$

В уравнении (7) удельная мощность источника определяется зависимостями (1) или (2).

Применяем к уравнению (7) интегральное преобразование Лапласа. Тогда из (5) получим:

$$T_l''(x, s) - \frac{1}{a} \left[ T_l(x, s) - \frac{t_0}{s} + \frac{1}{c\rho} \sum_0^m q_m \frac{\exp(-s\tau_m)}{s^2} \right] = 0. \quad (10)$$

Решение для изображения  $th(x, S)$  при условии (8)

$$T_l''(x, s) - \frac{t_0}{s} = \frac{1}{c\rho} \sum_0^m q_m \frac{\exp(-s\tau_m)}{s^2} + A \operatorname{ch} \sqrt{\frac{s}{a}} x. \quad (11)$$

Постоянную, в дальнейшем  $A$ , - найдем из граничного условия (10), которое для изображения  $T_l(x, S)$  имеет вид

$$-T_l'(l, s) + \frac{\alpha}{\lambda} \left[ \frac{t_c}{s} - T_l(l, s) \right] = 0. \quad (12)$$

Удовлетворив решение (11) граничному условию (13), можно определить постоянную «А». Из зависимости (12) получаем

$$T_l'(x, s) = A \operatorname{ch} \sqrt{\frac{s}{a}} \operatorname{sh} \sqrt{\frac{1}{a}} x, \quad (13)$$

а при  $x = l$

$$T_l'(l, s) = A \operatorname{ch} \sqrt{\frac{s}{a}} \operatorname{sh} \sqrt{\frac{1}{a}} l. \quad (14)$$

Подставляя значение производной  $T_l'(l, S)$  в условие (13), получим

$$A \sqrt{\frac{s}{a}} \left( \operatorname{sh} \sqrt{\frac{s}{a}} l - \frac{\alpha}{\lambda} \operatorname{ch} \sqrt{\frac{s}{a}} l \right) = \frac{\lambda}{\alpha} \left( \frac{t_c - t_0}{s} - \frac{1}{c\rho} \sum_0^m q_n \frac{\exp(-s\tau_m)}{s^2} \right); \quad (15)$$



$$A = \frac{t_c - t_0}{s \left[ ch\sqrt{\frac{s}{a}l + \frac{\alpha}{\lambda}\sqrt{\frac{s}{a}sh\sqrt{\frac{s}{a}l}} \right]} - \frac{\frac{1}{c\rho} \sum_0^m q_n \frac{\exp(-s\tau_m)}{s^2}}{s^2 \left[ ch\sqrt{\frac{s}{a}l + \frac{\alpha}{\lambda}\sqrt{\frac{s}{a}sh\sqrt{\frac{s}{a}l}} \right]}; \quad (16)$$

Тогда решение (12) примет вид:

$$T_l(x, s) - \frac{t_0}{s} = \frac{1}{c\rho} \sum_0^m q_n \frac{\exp(-s\tau_m)}{s^2} + \frac{(t_c - t_0)ch\sqrt{\frac{s}{a}x}}{s \left[ ch\sqrt{\frac{s}{a}l + \frac{\alpha}{\lambda}\sqrt{\frac{s}{a}sh\sqrt{\frac{s}{a}l}} \right]} - \frac{\frac{1}{c\rho} \sum_0^m q_n \frac{\exp(-s\tau_m)}{s^2}}{s^2 \left[ ch\sqrt{\frac{s}{a}l + \frac{\alpha}{\lambda}\sqrt{\frac{s}{a}sh\sqrt{\frac{s}{a}l}} \right]}; \quad (17)$$

или, переходя к температуре  $t(x, \tau)$ , получим

$$\theta = \frac{t(x, \tau) - t_0}{t_c - t_0} = 1 + \frac{1}{2} \sum_0^m (\tau - \tau_m) P_{0m} \cdot \left[ 1 - \frac{x^2}{l^2} + \frac{2}{B_i} \right] - \sum_{n=1}^{\infty} \left[ 1 + \frac{1}{\mu^2} \sum_0^m \frac{P_{0m}}{\mu_n^2} \right] \cdot A_n \cdot \cos \varphi_n \frac{x}{l} \exp(-\mu_n^2 \tau); \quad (18)$$

$$P_{0m} = \frac{q_m \tau_0 (\tau - \tau_m) l^2}{\lambda (t_c - t_0)}. \quad (19)$$

Если рассматривается не мгновенный подъем температуры на границе изделия, а постепенный, то для первого периода подъема температуры со скоростью [1. стр. 110.].

$$V = (t_{max} - t_0) / \tau_0$$

имеем:

$$t(\bar{x}, \bar{\tau}) = V \tau_{CT} \left[ \bar{\tau} - \frac{1-x^2}{2} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{\cos \mu_n^2 \bar{x}}{\mu_n^3} \cdot \exp(-\mu_n^2) \right] + \sum_0^m (\eta_n - \eta_{n-1}) (\tau - \tau_k) \left[ \frac{1-x^2}{2} - 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{\cos \mu_n^2 \bar{x}}{\mu_n^3} \cdot \exp(-\mu_n^2) (\tau - \tau_k) \right]; \quad (20)$$

а динамика температуры в точке  $x = 0$  (посередине образца)

$$(21)$$

Для второго периода (изотермическая выдержка):

$$t(0, \tau) = V \tau_{cm} - \frac{1}{2} [(1 - \varphi_l, \tau) - (1 - \varphi_l, \tau)] + \frac{1}{2} \sum_0^m (\eta_k - \eta_{k-1}) (\tau - \tau_k) [1 - \varphi_l(\tau - \tau_k)] \quad (22)$$

Решение получены для двух периодов гелиотеплохимической обработки: равномерного плавного подъема температуры среды в гелиотехнологической камере и поддержание ее на определенном уровне. [7.8.].



**Таким образом,** вышеуказанные аналитические решения позволяют качественно оценить учет коэффициента лучепоглощения солнечной радиации в развитие поля температур в изделии с выделением теплоты при протекании экзотермической реакции твердения вяжущего.

### Список использованной литературы.

1. А.Х.Алиазаров. «Энергоэффективная теплотехнология получения золоцементных композиционных материалов» Монография, Москва: Русайнс, 2019.-166 стр.
2. А.Х.Алиазаров., М.Мамаджонов., Ш.Э.Хайдаров «Влияние солнечной радиации при интенсификации твердение золоцементных строительных материалов» Международный научный журнал научное периодическое издание «Cognitio Rerum» Россия, 2017 стр. 10-12.
3. А.Х.Алиазаров., Ш.Э.Хайдаров., Д.М.Хатамова., «Технологические особенности использования угольной золы как эффективное решение экологической проблемы» «Молодой учёный» ежемесячный научный журнал 2014 часть IV. стр. 366-370.
4. Alinazarov A.Kh. Mazhidov N.N. Mathematical Modeling of Thermal Processes in the Heliothermochemical Treatment of Fine- Applied Solar Energy. Vol. 37, No. 2. Allerton Press, Ins. New York. 2001. P. 18-20.
5. Alinazarov. A.Kh. Mukhiddinov D.N. Solar Thermochemical Treatment of Ash-Cement Compositions. Applied Solar Energy. Vol. 35, No. 4. Allerton Press, Inc. /New York. 1999. pp. 13-19.
6. А.Х.Алиазаров. «Энерго- и ресурсосберегающая технология получения строительных материалов и изделий методом гелиотеплохимической обработки» Монография, Москва: Русайнс, 2017.-118 стр.
7. Алиазаров А., Мамаджонов М., Хайдаров Ш Методика расчёта нестационарных полей температуры с учётом лучепоглащения в изделиях из композиционных строительных материалов. Общества Науки и Творчества, Россия, 2017 16-18.
8. Алиазаров А., Мажидов Н, Жўраев Х. Методика расчёта нестационарных полей температуры с учётом лучепоглащения в изделиях из композиционных строительных материалов. Академическая Публицистика, Россия, 2017 №5 стр. 8-14.

