

К. С. Галицков, канд. техн. наук, доц.; С. В. Шломов

ГОУ ВПО «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Самара, Россия

СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ ЯЧЕИСТО-БЕТОННОЙ СМЕСИ

Разработана структура динамической модели формирования температуры смеси при производстве ячеисто-бетонных изделий.

Изготовление изделий из ячеистого бетона в значительной мере зависит от температурных режимов на всех этапах производства. Поэтому весьма актуальным является создание математической модели тепловых полей смеси и сырца при его вспучивании в форме и при автоклавировании. В данной работе рассмотрим динамическую модель ячеисто-бетонной смеси на этапе ее приготовления.

Процесс приготовления смеси сопровождается выделением тепловой энергии при гидратации вяжущих и ее поглощением другими компонентами. При разработке модели используются следующие допущения.

1. Принимая во внимание, что технологический процесс происходит при непрерывном интенсивном перемешивании, считаем, что температура смеси во всем ее объеме смесителя одинакова.

2. Потери энергии в окружающую среду начинаются только после выгрузки смеси в форму. Это объясняется малой величиной перепада температуры смеси и окружающей среды, и сравнительно непродолжительным временем перемешивания.

3. Тепловыделением гипса при гидратации пренебрегаем, так как оно мало по сравнению с выделением тепла от гидратации цемента и извести.

Наполнение смесителя происходит поэтапно, поэтому составим уравнения теплового баланса применительно к каждому этапу.

1-й этап. Заполнение смесителя обратным шламом с температурой T_{31} и теплоемкостью C_{31} . Начальные условия: температура смесителя T_0 , масса смесителя m_0 , удельная теплоемкость C_0 . В рамках принятых допущений уравнение теплового баланса имеет вид:

$$m_0 C_0 [T_0 - T_{см.1}(t)] = m_{31}(t) C_{31} [T_{см.1}(t) - T_{31}], \quad (1)$$

где $T_{см.1}$ – температура смеси на первом этапе,

$$T_{см.1}(t) = T_0 + \Delta T_{см.1}(t), \quad (2)$$

где $\Delta T_{см.1}$ – приращение температуры смеси относительно T_0 .

Подставим (2) в (1), получим приращение температуры смеси:

$$\Delta T_{см.1}(t) = \frac{m_{31}(t)C_{31}}{m_{31}(t)C_{31} + m_0C_0} (T_{31} - T_0) \quad (3)$$

В статике, т.е. после окончания дозирования обратного шлама, температура

$$\Delta T_{см.1уст} = \frac{m_{31max}C_{31}}{m_{31max}C_{31} + m_0C_0} (T_{31} - T_0), \quad (4)$$

масса смесителя с обратным шламом

$$m_{см.1} = m_0 + m_{31max}, \quad (5)$$

теплоемкость системы смеситель-обратный шлам

$$C_{см.1} = \frac{m_0C_0 + m_{31max}C_{31}}{m_0 + m_{31max}}. \quad (6)$$

На основании уравнений (2) – (5) синтезирована структура (рис. 1) динамической модели формирования температуры $T_{см.1}$.

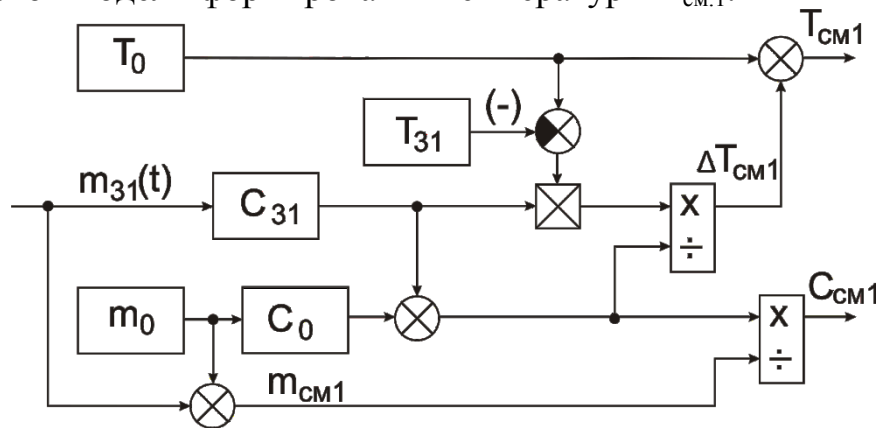


Рис. 1. Динамическая модель формирования температуры

2-й этап соответствует загрузке в смеситель мокрого песчаного шлама теплоемкостью C_{21} с начальной температурой T_{21} . На этом этапе так же, как и на первом, нет источников тепла, поэтому динамику этого процесса можно описать уравнениями, аналогичными 1-му этапу, а именно:

$$T_{см.2}(t) = T_{см.1} + \Delta T_{см.2}(t), \quad (7)$$

$$\Delta T_{см.2}(t) = \frac{m_{21}(t)C_{21}}{m_{21}(t)C_{21} + m_{см.1}C_{см.1}} (T_{21} - T_{см.1}), \quad (8)$$

$$m_{см.2} = m_{см.1} + m_{21max}, \quad (9)$$

$$C_{см.2} = \frac{m_0C_0 + m_{31max}C_{31} + m_{21}C_2}{m_{см.2}}, \quad (10)$$

$$\Delta T_{см.2}(t) = \frac{m_{21}(t)C_{21}}{m_0C_0 + m_{31max}C_{31} + m_{21}C_2} (T_{21} - T_{см.1}).$$

3-й этап (загрузка гипса), для него можно записать:

$$T_{см.3}(t) = T_{см.2} + \Delta T_{см.3}(t), \quad (11)$$

$$\Delta T_{см.3}(t) = \frac{m_5(t)C_5}{m_5(t)C_5 + m_{см.2}C_{см.2}}(T_5 - T_{см.2}), \quad (12)$$

$$m_{см.3} = m_{см.2} + m_{5\max}, \quad (13)$$

$$C_{см.3} = \frac{m_{5\max}C_5 + m_{см.2}C_{см.2}}{m_{см.3}}. \quad (14)$$

4-й – 6-й этапы отличаются от трех первых тем, что, начиная с 4-го этапа, происходит тепловыделение. Обозначим их: $Q_4(t)$, $Q_5(t)$ и $Q_6(t)$, здесь $Q_4(t)$ и $Q_5(t)$ – тепловыделения, обусловленные гидратацией цемента и извести, соответственно; $Q_6(t)$ – взаимодействием водно-алюминиевой суспензии с известью.

Уравнение теплового баланса для 4-го этапа:

$$m_{см.3}C_{см.3}[T_{см.3} - T_{см.4}(t)] = m_4(t)C_4[T_{см.4}(t) - T_4] - Q_4(t - \tau_3). \quad (15)$$

Введем обозначение:

$$T_{см.4}(t) = T_{см.3} + \Delta T_{см.4}(t). \quad (16)$$

Подставим (16) в (15), получим:

$$\Delta T_{см.4}(t) = \frac{Q_4(t - \tau_3) + m_4(t)C_4[T_4 - T_{см.3}]}{m_{см.3}C_{см.3} + m_4(t)C_4}, \quad (17)$$

после окончания дозирования масса смесителя

$$m_{см.4} = m_{см.3} + m_4, \quad (18)$$

а его удельная теплоемкость (в допущении, что теплоемкость компонентов смеси не зависит от температуры, т.к. максимальный диапазон изменения температуры смеси в смесителе не превышает 25–30 °С)

$$C_{см.4} = \frac{m_{см.3}C_{см.3} + m_4C_4}{m_{см.4}}. \quad (19)$$

По аналогии с (7)–(19) можно записать уравнения для 5-го и 6-го этапов, а именно:

$$T_{см.5}(t) = T_{см.4} + \Delta T_{см.5}(t), \quad (20)$$

$$\Delta T_{см.5}(t) = \frac{Q_5(t - \tau_4) + m_6(t)C_6[T_6 - T_{см.4}(t)]}{m_{см.4}C_{см.4} + m_6(t)C_6}, \quad (21)$$

$$m_{см.5} = m_{см.4} + m_6, \quad (22)$$

$$C_{см.5} = \frac{m_{см.4}C_{см.4} + m_6C_6}{m_{см.5}}, \quad (23)$$

$$T_{см.6}(t) = T_{см.5} + \Delta T_{см.6}(t), \quad (24)$$

$$\Delta T_{см.6}(t) = \frac{Q_6(t - \tau_5) + m_{10}(t)C_{10}[T_{10} - T_{см.5}(t)]}{m_{см.5}C_{см.5} + m_{10}(t)C_{10}}, \quad (25)$$

$$m_{см.6} = m_{см.5} + m_{10}, \quad (26)$$

$$C_{см.6} = \frac{m_{см.5}C_{см.5} + m_{10}C_{10}}{m_{см.6}}. \quad (27)$$

На основании уравнений (3), (5)–(14), (17)–(27) синтезирована структура динамики температуры смеси в смесителе на интервале времени от загрузки первого компонента до выгрузки смеси в форму (рис. 2), которая является основой для разработки вычислительной модели температурных режимов при приготовлении ячеисто-бетонной смеси.

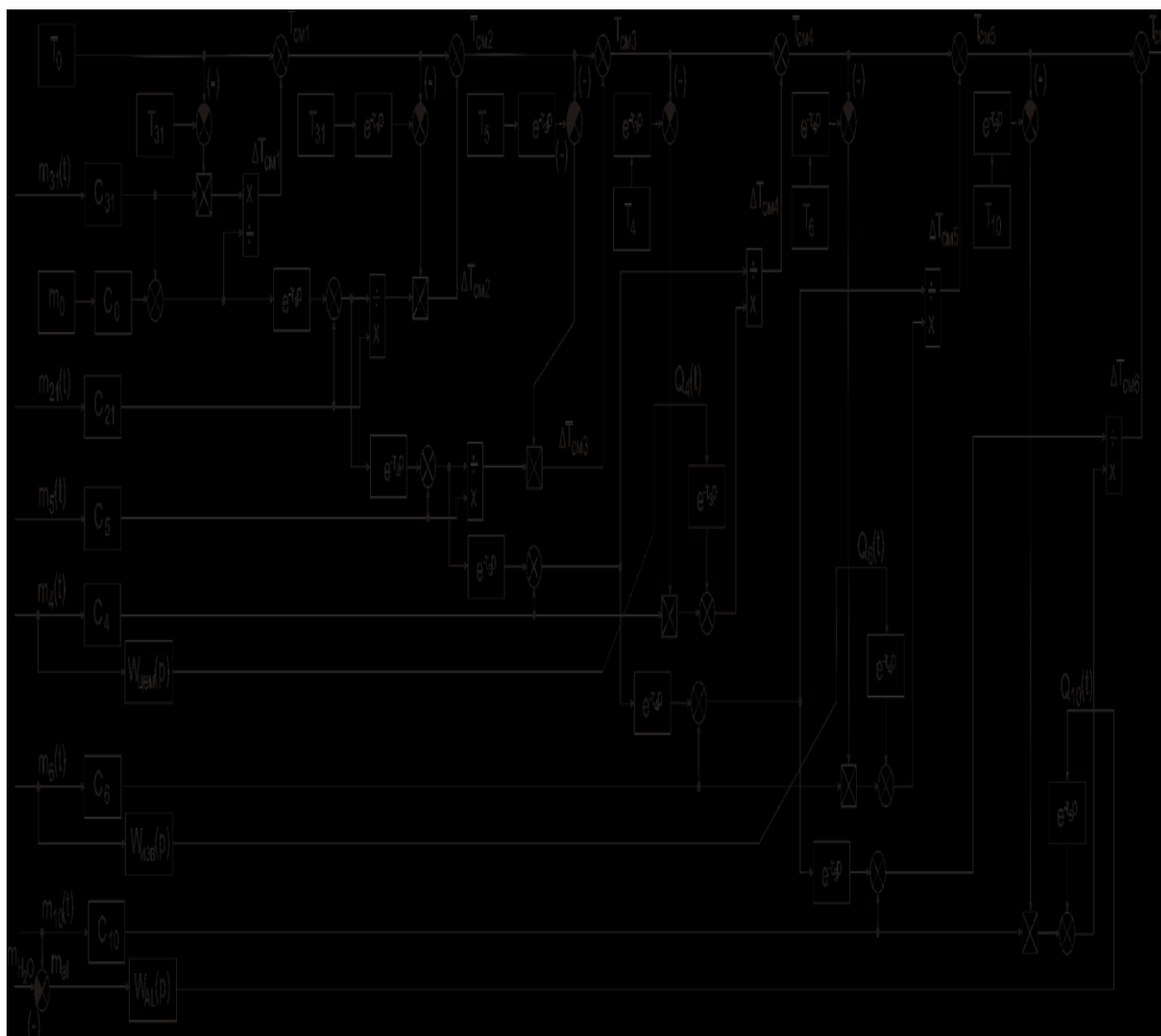


Рис. 2. Структура динамики температуры смеси