

УДК.693.547

## РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЗИМНЕЙ ТЕХНОЛОГИИ СБОРНО-МОНОЛИТНОГО МАЛОЭТАЖНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ

*Низовцев М.И.<sup>а</sup>, Титов М.М.<sup>б</sup>, Толочная Е.Б.<sup>б</sup>*

<sup>а</sup>*Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск,*

<sup>б</sup>*Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет,  
г. Новосибирск*

Современная конструктивная схема жилого здания представляет собой каркасную систему, как правило, с использованием железобетона в качестве основного материала. Используются каркасы из сборных железобетонных элементов, из монолитного железобетона и сборно-монолитные. Последние совмещают достоинства первых двух при минимальном количестве их недостатков, но имеют один серьезный недостаток, препятствующий их широкому распространению на строительном рынке Сибири. Это отсутствие способов и методов расчетов температур и набираемой прочности в трехмерных узлах каркасной системы, что весьма ограничивает строительство таких зданий в зимних условиях в нашем регионе. Используемые в настоящее время методы (обогрев в тепляках, греющий провод и т.д.) применяются без должного расчетного обоснования, что ведет к значительному перерасходу материалов и энергоресурсов, к снижению темпа работ, снижению качества получаемого изделия и, в целом, к неопределенности достигнутого результата. Известные на сегодняшний день единичные случаи расчета трехмерных узловых элементов каркасных зданий не представляется возможным использовать для сборно-монолитного каркаса, так как технология его изготовления двухстадийная. Вначале монтируются сборные элементы – колонны, ригели, опалубочные плиты сборно-монолитных перекрытий, а затем укладывается арматура и бетонная смесь в узлы соединения колонны с ригелями и плитой, а затем и в саму плиту перекрытия на тонкие сборные плиты, служащие опалубкой для монолитного бетона.

Для постановки физической задачи рассматривается следующий вариант прогрева монолитного бетона плиты перекрытия и бетона заделки стыка конструктивных элементов сборной колонны.

Метод «термоса» с укрытием брезентом ранее возведенного и нижерасположенного этажа здания с обогревом нижней поверхности сборной части плиты перекрытия и сборных ригелей гибкими термоэлектроматами ООО «Строительные технологии будущего (СТБ)», прижатыми к нижней поверхности сборной части сборно-монолитной плиты перекрытия и к вертикальным граням сборных ригелей с целью предварительного (до начала укладки бетонной смеси в монолитный слой плиты перекрытия и в полость стыка элементов сборной колонны) обогрева бетона указанных сборных конструкций. Организация прогрева бетона монолитной части плиты перекрытия сверху, а также бетона заделки стыка элементов сборной колонны, могут быть практически реализованы оперативно и достаточно просто:

а) бетон монолитной части плиты сверху: с помощью ЭНП, уложенных и закрепленных на арматурном каркасе, или с помощью полосовых электродов на инвентарных накладных щитах или с помощью гибких термоэлектроматов, закрепленных на инвентарных накладных щитах, пригруженных сверху с массой пригрузки 40-50 Н;

б) бетон заделки стыка конструктивных элементов сборной колонны с помощью ЭНП, уложенных и закрепленных на арматурных стержнях арматуры стыка.

Весьма важным положительным качеством выпускаемых ООО «Строительные технологии будущего (СТБ)» в г. Новосибирске термоэлектроматов является их авто-

матическое включение и выключение (с помощью установленного в них автоматического термодатчика при температуре  $t_{\min}$  (включение) и  $t_{\max}$  (выключение)), величина которых задается покупателем. Также покупателем задается интенсивность теплового потока от термоэлектроматов в бетон (от  $q_{\text{TM}} = 50 \text{ Вт/м}^2$  до  $q_{\text{TM}} = 300 \text{ Вт/м}^2$ ). С учетом указанных конструктивных особенностей термоэлектроматов в процессе численной реализации математических моделей динамики температурного и прочностного полей в монолитном бетоне сборно-монолитных каркасов зданий может быть обоснован такой температурный режим разогрева, прогрева и остывания монолитного бетона, при котором гарантированно выполняются все нормативные температурные ограничения СНиП 3.03.01-87\* [1]. Расчетное значение температуры воздуха на выше- и ниже расположенных этажах (относительно сборно-монолитной плиты перекрытия) принимается равной соответственно среднесуточной температуре воздуха на нижнем этаже на момент производства работ [2–4].

Проблема заключается в том, что задача может быть решена только численными методами с заранее гарантированной их сходимостью и в трехмерной постановке. Для использования греющих гибких покрытий – термоэлектроматов, выпускаемых промышленностью, необходим очень точный тепловой расчет, учитывающий как температуру сборного железобетона и температуру воздуха на момент бетонирования, так и требуемую температуру бетонной смеси, место, мощность, продолжительность и толщину утепления греющих термоэлектроматов. Причем все это должно быть технологически удобным и приемлемым для строителей, надежным в эксплуатации с минимально возможным энергопотреблением.

Созданием такой технологии занимается Институт теплофизики им.С.С. Кутателадзе СО РАН совместно с кафедрой «Технология строительного производства» НГАСУ (Сибстрин). Для разработки технологической оснастки вначале была разработана цифровая физическая модель трехмерного узла, включающего колонну, сборно-монолитную плиту перекрытия и четыре сборно-монолитных ригеля. Имеющийся в распоряжении Института теплофизики немецкий программный комплекс HEAT 3 позволил просчитать эту физическую модель при различных погодных, технологических и конструктивных условиях с целью получить объемную картину температурных и прочностных полей на протяжении всего процесса термообработки.

На рис. 1 представлен общий вид стыка конструктивных элементов сборно-монолитного каркаса здания.

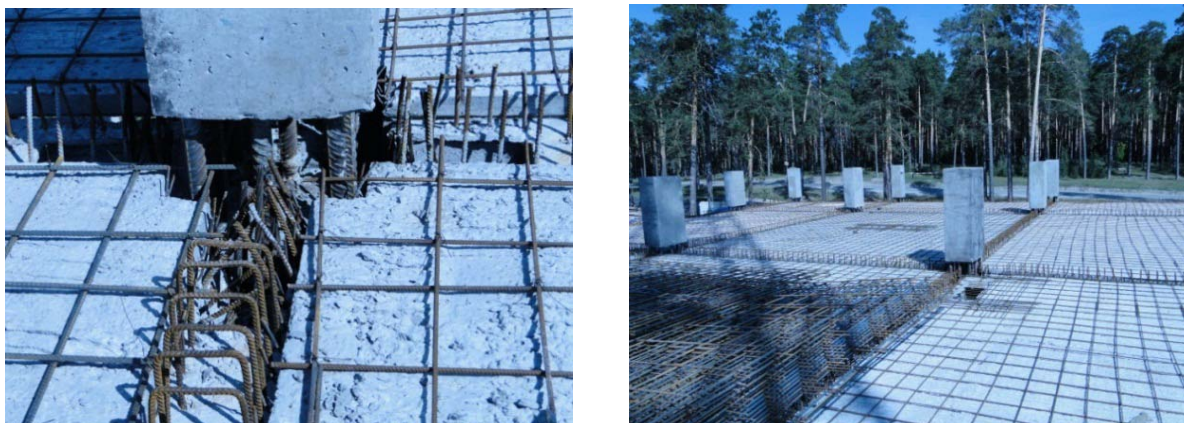


Рис. 1. Общий вид стыка конструктивных элементов сборно-монолитного каркаса здания.

На рис. 2 приведена физическая модель трехмерного узла, где для расчета взята четверть стыка конструктивных элементов сборной колонны вследствие осевой симметрии стыка. Цветом показаны материалы, входящие в состав узла: серый – сборный бетон, синий – монолитный бетон, зеленый – термоэлектроматы, желтый – утеплитель (минеральная вата).

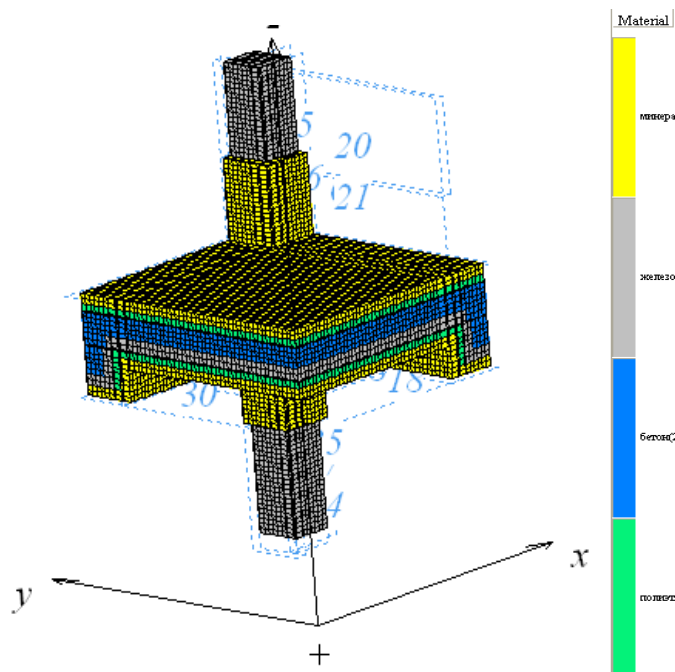


Рис. 2. Физическая модель трехмерного узла.

На рис. 3 – температурное поле в теле стыка через 3 часа после начала прогрева. Температура окружающего воздуха  $-20^{\circ}\text{C}$ , мощность нагревателей  $300 \text{ Вт/м}^2$ , температура бетонной смеси при укладке  $+2^{\circ}\text{C}$ .

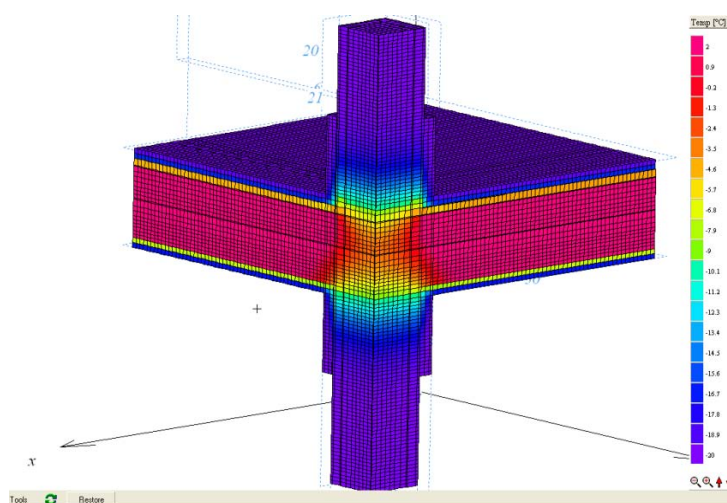


Рис. 3. Картина температурного поля в стыке конструктивных элементов сборной колонны через 3ч прогрева.

По результатам расчета среднеобъемной температуры в центре стыка через разные промежутки времени построен график среднеобъемной температуры в центре колонны, представленный на рис. 4.

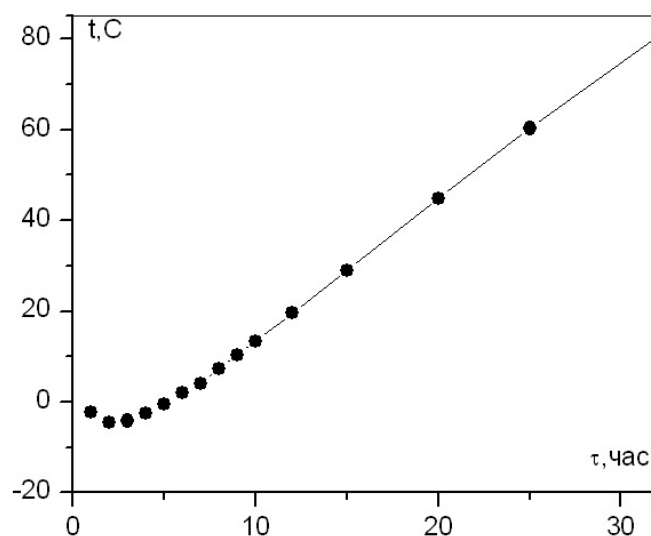


Рис. 4. График среднеобъемной температуры в центре колонны.

Таблица. 1. Результаты расчета среднеобъемной температуры в центре колонны.

Время (час)	Температура (°C)
1	-2,37
2	-4,55
3	-4,15
4	-2,63
5	-0,53
6	1,91
7	3,95
8	7,4
9	10,33
10	13,35
12	19,54
15	29,02
20	44,86
25	60,33
35	89,26

Учитывая, что этот узел является наиболее неблагоприятным в плане теплопотуплений от греющих термоэлектроматов, но наиболее нагруженным монтажными нагрузками в процессе строительства, результат был крайне важен для выработки практических рекомендаций строителям. Анализ полученных результатов температур в объеме полости рассматриваемого стыка позволяет сделать вывод о том, что применение плоских утепленных нагревателей с надежным тепловым контактом к поверхности сборного железобетона в принципе решает проблему электротермообработки сборно-монолитного каркаса и позволяет выработать для строителей надежные рекомендации по применению этого способа в зимнее время с гарантированным получением заданного нормативными документами уровня качества.

### Литература

1. СНиП 3.03.01-87\*. Несущие и ограждающие конструкции / Госстрой России. – М. : ФГУП ЦПП, 2004. – 192 с.
2. Молодин В. В. Бетонирование монолитных строительных конструкций в зимних условиях : монография / В. В. Молодин, Ю. В. Лунев. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2006. – 300 с.
3. Молодин В. В. Зимнее бетонирование монолитных строительных конструкций : учебное пособие / В. В. Молодин.– Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2007. –184 с.
4. Спецкурсы «Зимнее бетонирование монолитных строительных конструкций (с элементами САПР)» и «Энергосбережение при зимнем бетонировании строительных конструкций» в вопросах и ответах : учеб. пособие / Ю. А. Попов [и др.] ; Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2009. – 164 с.