

УДК 693.955

А. А. Афанасьев, К. С. Селищев

**ПОРЯДОК ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ПАРАМЕТРОВ ПРОГРЕВА БЕТОНА
В УЗЛАХ ОМОНОЛИЧИВАНИЯ «КОЛОННА — РИГЕЛЬ»
СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ**

Проведены аналитические исследования оценки теплотерь на этапе омоноличивания стыков при выполнении работ при отрицательных температурах. Изложены возможные подходы к расчету теплотеря бетона в узлах сборно-монолитных конструкций многоэтажных каркасных зданий.

К л ю ч е в ы е с л о в а: теплопроводность, прогрев, стыки каркасных зданий.

The analytical investigation of the assessment of heat loss at joint notes when performing works under negative temperatures is carried out. Possible approaches to the assessment of concrete heat loss in joints of hybrid cast-in-place multistoried frame buildings are presented.

K e y w o r d s: heat conductivity, warming up, joints of frame buildings.

Значительная теплоемкость сборных железобетонных конструкций, примыкающих к стыку омоноличивания многоэтажных каркасных зданий, требует учета в теплотехнических расчетах потерь тепла от прогреваемого бетона в окружающую среду через примыкающие к узлам элементы. Кроме того, высокая вероятность развития деструктивных процессов на контактной поверхности увеличивает риски необеспечения требуемой адгезии и монолитности сопряжения. Таким образом, одним из главных технологических параметров устройства монолитных стыков многоэтажных каркасных зданий при отрицательных температурах являются оценка взаимодействия граничного слоя монолитного бетона и охлажденных элементов сборных конструкций, а также условия обеспечения монолитности сопряжения этих элементов.

В силу конструктивных особенностей узла сопряжения колонн со сборными железобетонными ригелями и плитами-ригелями монтаж сборного железобетона и обетонирование стыков колонн, ригелей и плит перекрытий (несъемной опалубки) осуществляется в два этапа:

1. После монтажа сборных железобетонных колонн каркаса производится монтаж ригелей (плит-ригелей), укладка нижней соединительной арматуры стыка в ригель и колонну с последующим обетонированием стыка до уровня низа плит перекрытия.

2. После набора прочности бетоном омоноличивания стыка (не менее 80 % от марочной) монтируют плиты перекрытия, укладывают надпорную арматуру в ригель и плиты перекрытия, омоноличивают плиты перекрытия и верхнюю зону стыка «колонна — ригель» (плита — ригель).

Подобная технологическая последовательность возведения сборно-монолитного каркаса обусловлена необходимостью обеспечения устойчивости конструктивных элементов к воздействию временных нагрузок (ветровых, снеговых, технологических), а также исключению из технологии необходимости установки временных удерживающих плиту перекрытия конструкций и диафрагм жесткости между колоннами.

В связи с вышеизложенным расчет теплотерь в стыках омоноличивания необходимо производить на каждом этапе устройства узлов сопряжения.

Расчет величины теплотерь с использованием приведенного коэффициента теплопередачи опалубленной поверхности [1] для высокомодульных густоармированных конструкций сборно-монолитного каркаса приводит к получению заниженных показателей, так как невозможно учесть количество примыкающих к узлу омоноличивания сборных железобетонных элементов и их способность отводить в окружающую среду тепловую энергию от бетона омоноличивания.

Предлагается рассчитывать теплотери в таких конструкциях, суммируя потоки тепла от прогреваемого бетона омоноличивания в окружающую среду через тело колонны, ригель, теплотери узла омоноличивания ригеля и колонны через неопалубленную поверхность.

Суммарные теплотери прогреваемого стыка колонны с ригелями в общем виде можно определить по формуле

$$Q_{\text{сумм}} = \sum_i Q_i, \quad (1)$$

где Q_i — поток тепла от прогреваемого бетона омоноличивания, проходящий через i -ю поверхность в окружающую среду.

Рассмотрим теплотери в узле омоноличивания колонны и двух ригелей (рис. 1).

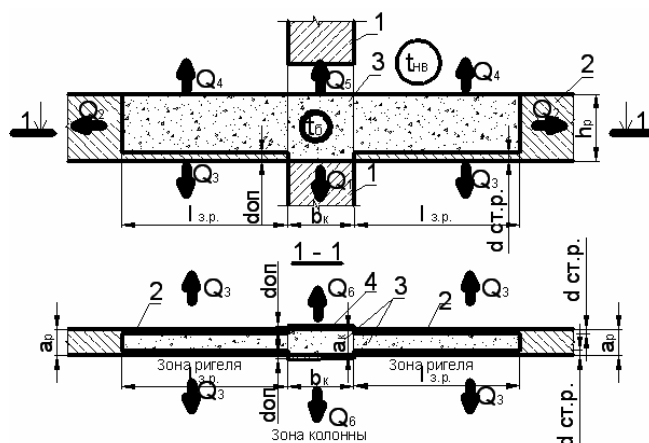


Рис. 1. Узел омоноличивания колонны и двух ригелей: 1 — колонна; 2 — ригель; 3 — бетон омоноличивания; 4 — опалубка; Q_2 — поток тепла через ригель; Q_3 — теплотери через железобетонные стенки узла омоноличивания ригеля; Q_4 — теплотери узла омоноличивания ригеля через неопалубленную поверхность; Q_5 — теплотери узла омоноличивания колонны через неопалубленную поверхность; Q_6 — теплотери узла омоноличивания колонны через опалубку; a_k — толщина колонны; b_k — ширина колонны; a_p — толщина ригеля; $d_{\text{ст.р}}$ — толщина стенки ригеля в зоне узла; $d_{\text{оп}}$ — толщина опалубки; $l_{\text{з.р}}$ — длина узла омоноличивания ригеля

Суммарные теплотери, Вт, прогреваемого стыка колонны и двух ригелей определяются по формуле

$$Q_{\text{сумм}} = Q_1 + 2(Q_2 + Q_3 + Q_4) + Q_5 + Q_6. \quad (2)$$

Поток тепла, Вт, от прогреваемого бетона омоноличивания через колонну Q_1 на этапе изотермического прогрева может быть представлен в следующем виде [2, 3]:

$$Q_1 = \lambda_6 (T_6 - T_{н.в.}) a_k b_k \sqrt{\frac{\alpha_k 2(a_k + b_k)}{\lambda_6 a_k b_k}}, \quad (3)$$

где λ_6 — коэффициент теплопроводности бетона, Вт/(м · °С); T_6 — температура изотермического выдерживания бетона, °С; $T_{н.в.}$ — температура наружного воздуха, °С; α_k — коэффициент теплопотерь поверхности колонны с окружающей средой, Вт/(м² · °С).

Поток тепла от прогреваемого бетона омоноличивания через ригель Q_2 определяется по формуле [3—5]

$$Q_2 = \lambda_6 (T_6 - T_{н.в.}) a_p b_p \sqrt{\frac{\alpha_p 2(a_p + b_p)}{\lambda_6 a_p b_p}}, \quad (4)$$

где α_p — коэффициент теплопотерь поверхности ригеля в окружающую среду, Вт/(м² · °С).

Теплопотери, Вт, прогреваемого бетона омоноличивания через железобетонные стенки узла омоноличивания ригеля Q_3 можно определить по формуле

$$Q_3 = (2 h_p + \alpha_p) l_{з.р} k_{тп.ст.р} (T_6 - T_{н.в.}), \quad (5)$$

где $k_{тп.ст.р}$ — коэффициент теплопотерь через железобетонные стенки ригеля, Вт/(м² · °С), рассчитывается по формуле

$$k_{тп.ст.р} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{d_{ст.р}}{\lambda_6}}, \quad (6)$$

где α — коэффициент теплопередачи у наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м² · °С).

Теплопотери, Вт, узла омоноличивания ригеля через неопалубленную поверхность Q_4 определяются по формуле [3—5]

$$Q_4 = \alpha_p l_{зр} \alpha (T_6 - T_{н.в.}). \quad (7)$$

Теплопотери, Вт, узла омоноличивания колонны через неопалубленную поверхность Q_5 определяется по формуле [3—5]

$$Q_5 = \alpha_k b_k \alpha (T_6 - T_{н.в.}). \quad (8)$$

Теплопотери узла омоноличивания колонны через опалубку Q_6 рассчитывается по формуле [3—5]

$$Q_6 = 2(\alpha_k + b_k - \alpha_p) h_p k_{тп.оп} (T_6 - T_{н.в.}), \quad (9)$$

где $k_{тп.оп}$ — коэффициент теплопотерь через опалубку, Вт/(м² · °С), определяется по формуле

$$k_{тп.оп} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_{оп}}{\lambda_{оп}}}, \quad (10)$$

где $\delta_{оп}$ — толщина опалубки, м; $\lambda_{оп}$ — коэффициент теплопроводности материала опалубки, Вт/(м · °С).

С учетом изложенного порядка теплотехнических расчетов теплопотерь бетоном омоноличивания узлов сопряжения сборного железобетона можно рассчитать необходимую электрическую мощность прогрева конкретного стыка с учетом его конструктивных особенностей, метеорологических условий, реальной технологии производства работ, а также принять решение по выбору оптимального способа зимнего бетонирования.

Экспериментальные исследования подтвердили, что изложенный порядок определения теплопотерь с последующим расчетом параметров прогрева бетона стыков омоноличивания позволяет в полной мере учесть конструктивные особенности стыка, характер его утепления, температуру наружного воздуха. Большая теплоемкость сборных железобетонных конструкций, примыкающих к стыку омоноличивания, требует больших энергозатрат на стадии подъема температуры в бетоне. Поэтому в стыки целесообразно закладывать греющие провода с таким расчетом, чтобы они на 40...50 % были мощнее рассчитанных по теплопотерям на стадии изотермического прогрева.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миронов С. А. Теория и методы зимнего бетонирования. М. : Стройиздат, 1975. 700 с.
2. Кобзарев В. Ф., Татаренко В. Н., Левковский Н. А. Расчет теплопотерь в прогреваемых стыках крупнопанельных домов // Современные направления технологии строительного производства. 1998. Вып. 1. СПб. : ВИТУ.
3. Григорьев В. А., Зорин В. М. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент : справ. М. : Энергоиздат, 1982.
4. Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях, районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера. М. : Стройиздат, 1982.
5. Кagan П. Б., Комиссаров С. В. Совершенствование методов формирования технологических карт в строительстве [Электронный ресурс] // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2013. Вып. 3(28). URL: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/KaganKomissarov-2013_3\(28\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/KaganKomissarov-2013_3(28).pdf) (дата обращения : 05.09.2013).

1. Mironov S. A. Teoriya i metody zimnego betonirovaniya. M. : Stroyizdat, 1975. 700 s.
2. Kobzarev V. F., Tatarenko V. N., Levkovskiy N. A. Raschet teplopoter' v progrevayemykh stykakh krupnopanel'nykh domov // Sovremennyye napravleniya tekhnologii stroitel'nogo proizvodstva. 1998. Vyp. 1. SPb. : VITU.
3. Grigor'ev V. A., Zorin V. M. Teplo- i massoobmen. Teplotekhnicheskiy eksperiment : sprav. M. : Energoizdat, 1982.
4. Rukovodstvo po proizvodstvu betonnykh rabot v zimnikh usloviyakh, rayonakh Dal'nego Vostoka, Sibiri i Kraynego Severa. M. : Stroyizdat, 1982.
5. Kagan P. B., Komissarov S. V. Sovershenstvovanie metodov formirovaniya tekhnologicheskikh kart v stroitel'stve [Eletronnyy resurs] // Internet-vestnik VolgGASU. Ser.: Politematicheskaya. 2013. Vyp. 3(28). URL: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/KaganKomissarov-2013_3\(28\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/KaganKomissarov-2013_3(28).pdf) (data obrashcheniya : 05.09.2013).

© Афанасьев А. А., Селищев К. С., 2013

Поступила в редакцию
в сентябре 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Афанасьев А. А., Селищев К. С. Порядок теплотехнических расчетов параметров прогрева бетона в узлах омоноличивания «колонна — ригель» сборно-монокристаллических каркасных зданий // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2013. Вып. 4(29). URL: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/AfanasevSelishchev-2013_4\(29\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/AfanasevSelishchev-2013_4(29).pdf)