

**К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ НАПРЯЖЕНИЙ И  
ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
НА РАБОТУ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ  
МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ**

*К. ТЕМИКЕЕВ, А.К. СТАМАЛИЕВ,  
Ж.С. ДЖУМАГУЛОВА, К.М. ДЖАМАНКУЛОВ  
E.mail. ksucta@elcat.kg*

*Макалада көп кабаттуу имараттардын темир-бетон диафрагмалардагы бетондун циклдик тондуруу жана эритүү процесси өз-ара горизонталдык күч-аракетинин бөлүштүрүү мүнөзүн баалоо методикасы берилген.*

*В статье приводится методика количественной оценки влияния процесса циклического замораживания и оттаивания бетона железобетонных диафрагм многоэтажных зданий на характер распределения горизонтальной нагрузки между ними.*

*The article is described the influence qualitative assessment method of the periodic freeze and defrosting process by the concrete at the ferroconcrete diaphragms of the horizontal load distribution between them at the multistory buildings.*

В период эксплуатации несущие элементы многоэтажных зданий подвергаются воздействию как вертикальных, так и горизонтальных нагрузок с одновременным воздействием природно-климатических факторов (температура, влажность, циклическое замораживание и оттаивание и т.д.). К числу несущих элементов, подвергающихся воздействию природно-климатических факторов, как правило, относятся несущие элементы, вступающие в контакт с окружающей средой. Применительно к многоэтажному зданию с тремя сплошными диафрагмами, расположенными поперек плана здания, очевидно, это две наружные сплошные железобетонные диафрагмы, которые в период эксплуатации подвергаются длительному воздействию вертикальных нагрузок и одновременно – циклическому замораживанию и оттаиванию (см. рис. 1).

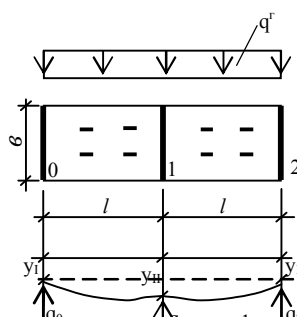


Рис.1. Схема здания с тремя деформируемыми перекрытиями

Воздействие указанных факторов, как известно, приводит к накоплению повреждений в бетоне железобетонных диафрагм и, в конечном счете, снижает его прочностные и деформативные характеристики, способствует изменению жесткостных характеристик диафрагм и в итоге оказывает влияние на характер распределения горизонтальной нагрузки между ними. Прогнозирование изменения прочности и модуля деформативности бетона железобетонных диафрагм, через  $\tau$  лет эксплуатации, сводится к определению указанных характеристик по формулам:

$$R_{e(\tau)} = \gamma_{R(\tau)} \cdot \gamma_{e2(\tau)} \cdot R_e, \quad (1)$$

$$E_{e(\tau)} = \gamma_{E(\tau)} \cdot \nu_{e(\tau)} \cdot E_e. \quad (2)$$

где  $R_e$ ,  $E_e$  – прочность и начальный модуль упругости бетона железобетонных диафрагм на стадии проектирования, т.е. при  $\tau = 0$ ;  $\gamma_{R(\tau)}$ ,  $\gamma_{E(\tau)}$  – коэффициенты условий работы, учитывающие влияние уровня напряжений от вертикальных нагрузок, циклического замораживания и оттаивания на скорость изменения прочности и деформативности бетона;  $\gamma_{e2(\tau)}$  – коэффициент условия работы бетона учитывающий длительность действия длительно действующей вертикальной нагрузки;  $\nu_{e(\tau)}$  – коэффициент упругопластичности бетона на конец рассматриваемого срока эксплуатации многоэтажного здания, определяемый по /1/;  $\tau$  – время эксплуатации в годах.

Величина коэффициента условия работы  $\gamma_{E(\tau)}$ , согласно /2/, определится из выражения

$$\gamma_{E(\tau)} = 1 - K_s \cdot K_f \cdot \Delta_E \cdot \omega \cdot \tau, \quad (3)$$

где  $K_s = 1,0$  – для условий эксплуатации крайних железобетонных диафрагм;  $K_f = 1,65$  – коэффициент перехода от свойств куба к свойствам призмы.

Значения  $\Delta_E$ ,  $\omega \cdot 10^3$  необходимо принимать по рекомендациям /2/.

Применительно к рассматриваемому случаю имеем  $\Delta_E = 1,5$ ;  $\omega \cdot 10^3 = 2,53$ . Тогда, по истечению пятидесятилетнего срока эксплуатации ( $\tau = 50$  лет), получим

$$\gamma_{E(\tau)} = 1 - 1,0 \cdot 1,65 \cdot 1,5 \cdot 2,53 \cdot 10^{-3} \cdot 50 = 0,686.$$

Величина модуля упругопластичности бетона для крайних железобетонных диафрагм составит

$$E_{e(\tau)} = \gamma_{E(\tau)} \cdot \nu_{e(\tau)} \cdot E_e = 0,686 \cdot 0,3 \cdot E_e = 0,21 E_e; \quad (4)$$

где  $\nu_{e(\tau)}$  – величина упругопластичности бетона, соответствующая времени эксплуатации  $\tau = 50$  лет, определяемая по рекомендациям /1/, равна 0,3.

В связи с этим величины изгибных жесткостей для крайних вертикальных несущих элементов (диафрагм) будут равны

$$B_0 = B_2 = \nu_{B(\tau)0} \cdot E_B \cdot J_{\text{ред}} = 72,45 \cdot 10^9 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (5)$$

Соответственно, изгибная жесткость для средней диафрагмы составит

$$B_1 = \nu_{B(\tau)1} \cdot E_B \cdot J_{\text{ред}} = 37,95 \cdot 10^9 \approx 38 \cdot 10^9 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (6)$$

Количественная оценка влияния условий эксплуатации крайних железобетонных диафрагм на характер распределения горизонтальной нагрузки между ними сводится к определению усилия взаимодействия  $r(x)$ .

Выражение для определения усилия взаимодействия между вертикальными диафрагмами, с учетом податливости дисков перекрытий в своей плоскости, запишется в виде:

$$r(x) = \frac{\bar{q}}{k} \cdot \left[ 1 + \frac{-\cos\beta_n \cdot \text{sh}\beta_n + \sin\beta_n \cdot \text{ch}\beta_n (\sin\beta_x \cdot \text{ch}\beta_c + \cos\beta_x \cdot \text{sh}\beta_x)}{-(\cos^2\beta_n + \text{ch}^2\beta_n)} + \frac{2\cos\beta_n \cdot \text{ch}\beta_n \cdot \cos\beta_x \cdot \text{ch}\beta_x}{-(\cos^2\beta_n + \text{ch}^2\beta_n)} \right]. \quad (7)$$

Значения  $k$  и  $\bar{q}$ , входящие в уравнение (7), определяются из следующих выражений:

$$K = \frac{\varphi \cdot B}{B_1 \cdot B^*}, \quad \bar{q} = \frac{\varphi}{B_1} \cdot \left( q^\Gamma - \frac{B}{B^*} \cdot q_1'' \right), \quad (8)$$

где  $B = B_0 + B_1 + B_2$  – сумма изгибных жесткостей сплошных диафрагм «0»; «1»; «2»;

$B_1$  – изгибная жесткость средней диафрагмы «1»;  $B^* = B_0 + B_2$  – сумма изгибных жесткостей двух крайних диафрагм «0»; «2».

$q^\Gamma = q \cdot L = 1080 \text{ кг/м}$  – величина постоянной по высоте здания горизонтальной нагрузки;  $q_1''$  – погонное давление передающееся на обе крайние сплошные диафрагмы (суммарно) по закону распределения опорных реакций в неразрезной балке на жестких опорах;  $\varphi$  – коэффициент податливости междуэтажных перекрытий как горизонтальных диафрагм жесткости.

$$\varphi = \frac{1}{\delta_{11}} = \frac{1}{1 \cdot h \left[ \frac{l^3}{6E_0J_0} + \frac{1-\lambda l}{2\lambda^3} \cdot \text{th}\lambda l \cdot \left( \frac{1}{E_0J_0} - \frac{1}{\sum EJ} \right) \right]}. \quad (9)$$

Здесь  $l \cdot h$  – усилие, приходящееся на одно сборное перекрытие;  $h$  – высота этажа;  $E_0 J_0$  – приведенная жесткость сборного перекрытия как составной балки,  $\lambda$  – характеристика жесткости,  $l=L/2$  – полупролет перекрытия.

Величины коэффициентов  $k$  и  $\bar{q}$ , входящие в (7), с учетом изменения изгибных жесткостей крайних диафрагм во времени приведены в табл. 1.

Таблица 1

Зависимость коэффициентов  $k$  и  $q$  от изменения изгибных жесткостей

Расстояние между диафрагмами	3	6	12	18	24	30
$\varphi$ , кг/м <sup>2</sup>	$110,7 \cdot 10^6$	$26 \cdot 10^6$	$4,29 \cdot 10^6$	$1,36 \cdot 10^6$	$0,585 \cdot 10^6$	$0,3 \cdot 10^6$
$q_1''$ , кг/м	523	490	444	426	416	412
$\bar{q}$	1,224	0,316	0,059	0,019	0,0085	0,0044
$k$	$3,68 \cdot 10^{-3}$	$0,864 \cdot 10^{-3}$	$0,143 \cdot 10^{-3}$	$0,045 \cdot 10^{-3}$	$0,02 \cdot 10^{-3}$	$0,01 \cdot 10^{-3}$

Используя выражение (7) и данные табл. 1, вычислим значения  $\gamma(x)$  для вертикальных несущих элементов многоэтажного здания при различных расстояниях между ними.

В табл. 2 приведены значения  $\gamma(x)$  при различных расстояниях между диафрагмами.

Сопоставляя численные значения усилий взаимодействия вертикальных несущих элементов  $\gamma(x)$ , приведенных в табл. 2, с аналогичными данными табл. 2 работы [3], можно констатировать, что в результате учета влияния природно-климатических условий эксплуатации (циклическое замораживание и оттаивание) на работу крайних диафрагм жесткости наблюдается процесс изменения характера распределения горизонтальной нагрузки между вертикальными несущими элементами. Происходит уменьшение величины усилия взаимодействия  $\gamma(x)$  в среднем на 16,5 %, что, соответственно, способствует уменьшению доли нагрузки приходящиеся крайним диафрагмам и, соответственно, увеличению величины нагрузки в средней диафрагме.

## Выводы

С помощью предложенного метода можно осуществить количественную оценку влияния процесса циклического замораживания и оттаивания бетона железобетонных диафрагм многоэтажных зданий на характер распределения горизонтальной нагрузки между ними.

Таблица 2

Значения  $r(x)$  при различных расстояниях между диафрагмами

Расстояние между диафрагмами, м	$\bar{q}$	$k$	X (текущая координата), м)	$r(x)$	$q_o(x) = q_2(x) = \left(\frac{1}{2}q_1(x)\right)$	$q_I(x) = q_{II}(x)$
3	1,224	$3,68 \cdot 10^{-3}$	0	332,1539	427,6	224,9
			8,4	332,23	427,6	224,8
			16,8	333,5907	428,3	223,4
			25,2	340,1954	431,6	216,8
			33,6	290,17	406,6	266,8
			42	0	261,5	557,0
6	0,316	$0,864 \cdot 10^{-3}$	0	362,4108	426,2	327,6
			8,4	377,1382	433,6	212,8
			16,8	375,8589	433,0	214,1
			25,2	297,0847	363,5	353
			33,6	310,069	291,0	398,3
			42	0	245,0	590,0
12	0,059	$0,143 \cdot 10^{-3}$	0	475,8958	460,0	160,1
			8,4	371,5327	407,8	264,5
			16,8	344,8945	394,5	291,1
			25,2	345,9007	395	290,1
			33,6	310,069	377	326,0
			42	0	222,0	636,0
			0	532,0038	479	122
			8,4	299,2418	362,6	354,8

18	0,019	$0,045 \cdot 10^{-3}$	16,8	213,0008	319,5	441,0
			25,2	169,7504	298,0	484,2
			33,6	169,9739	298,0	484,2
			42	0	213,0	654,0
24	0,0085	$0,02 \cdot 10^{-3}$	0	516,3017	456,2	147,7
			8,4	247,4537	331,8	416,5
			16,8	213,0008	278,3	523,4
			25,2	70,01884	243	594,0
			33,6	54,88082	235,5	609
			42	0	208,0	644,0
30	0,0044	$0,01 \cdot 10^{-3}$	0	471,6694	442	196,3
			8,4	208,2898	310,2	459,7
			16,8	100,822	256,4	567,2
			25,2	23,01221	217,5	645,2
			33,6	-1,12647	205,4	669,1
			42	0	206,0	668,0

### Список литературы

1. Темикеев К., Джансериков Т.Д., Жумуков С. Аналитическое представление диафрагмы работы бетона при различных длительностях загрузки // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2004. – Вып. 2 – С. 104.

2. Алмазов В.О. Учет трещин и проектирование конструкций на основе климатического прогноза // Сб. материалов конф. «Современные технологии в строительстве. Образование, наука, практика». – Ч. 1. – М., 2001. – С. 10-13.

3. Темикеев К., Стамалиев А.К., Джумагулова Ж.С., Джаманкулов К.М. Оценка влияния фактора длительности действия вертикальной нагрузки на работу несущих элементов многоэтажных зданий в период эксплуатации // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2010. – Вып. 4. – С. 95-99.