

SLIVKA D.N., POYTA P.S., KLEBANYUK D.N., SHVEDOVSKY P.V. Features of construction and calculation of the slabby and slabby and pile bases with system of the closed cavities under multystoried buildings in the composite engineering-geological conditions

Article is devoted to problems of decrease in a material capacity and cost of the bases under multystoried and high-rise buildings in the composite engineering-geological conditions. It is offered to use systems of the closed cavities formed by blockouts of modules of hollow designs "Eco-Line" or "Slim-Line" produced from secondary polypropylene.

Calculations for the experimental objects – 10-, 22-and 32-floor buildings of frame type which showed that for 12-15 floor buildings application of the proposed technical solution as the area of system of the closed cavities can reach for the mild ground bases – 32% and strong – 43% of the total area of the slabby base is rather efficient are executed.

Recommendations about optimization of structures of the slabby and slabby and pile bases in the composite engineering-geological conditions are made.

УДК 624.042.5:624.014.2

Пушкар Н.В., Пашинский В.В.

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕПАДОВ ТЕМПЕРАТУРЫ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СТАЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КАРКАСОВ

Введение. Несмотря на то, что изменения температуры атмосферного воздуха могут вызывать значительные внутренние усилия и перемещения в несущих элементах строительных конструкций, Строительные нормы и правила СССР [1] разрешали не учитывать температурные воздействия при условии использования температурных блоков определенных размеров. Затем эта условность была заимствована нормативными документами большинства стран СНГ [2, 3, 4, 5, 6], и применяется при проектировании конструкций по сегодняшней день.

Изначально такое упрощение обуславливалось высокой сложностью ручного расчета несущих конструкций на температурные воздействия, особенно в пространственной постановке задачи. Существовавшие на тот момент ЭВМ были не слишком распространены, а стоимость их машинного времени – крайне высока, особенно, если учитывать несовершенство и ограничения программных комплексов прошлых лет для расчета зданий. Таким образом, использование температурных блоков вместо расчета на температурные воздействия обуславливалось невозможностью выполнять такие расчеты в массовом порядке.

Современные программные комплексы (САПР) позволяют моделировать и рассчитывать несущие строительные конструкции даже в пространственной постановке. При этом усилия, которые необходимо затратить для учета влияния климатической температуры, сопоставимы по трудозатратам с учетом других нагрузок и воздействий.

Частично степень влияния климатической температуры на НДС строительных конструкций одноэтажных каркасных зданий представлена в работах [7, 8], а в работе [9] продемонстрировано, что в некоторых случаях нагрузка от климатической температуры может превышать и снеговую, и ветровую.

Целью данной работы является проверка предположения о целесообразности учета температурных воздействий при проектировании стальных и железобетонных каркасов одноэтажных зданий.

Описание объектов исследования. Влияние перепадов климатической температуры на НДС строительных конструкций исследовалось на примере одноэтажных каркасных зданий. Такой выбор объектов исследования обусловлен не только их конструктивной простотой, но и массовостью строительства – от производственных зданий до складов и торговых центров.

Для железобетонных каркасов были смоделированы колонны с размерами поперечного сечения 60×40 см, высотой 9,6 м, расположенные с шагом 12 м. В качестве ригелей использовались двускатные железобетонные балки двутаврового сечения пролетом 18 м. Покрытие здания выполнено из типовых ребристых железобетонных плит.

Для стальных каркасов в зависимости от нагрузки (без учета температурных воздействий) подобраны колонны двутаврового се-

чения высотой 8 м, расположенные с шагом 12 м. Ригеля рамы приняты из прокатных двутавров и смонтированы с уклоном 1:4 (14°) с целью организации водоотведения. Высота конькового узла составила 11 м, а пролет рамы – 24 м. Покрытие выполнено из стального профнастила.

Следует уточнить, что рассмотрена традиционная схема соединения элементов железобетонных и стальных каркасов. Различные конструктивные решения со специальными, например, эластичными соединениями элементов, могут уменьшить влияние температурных воздействий, но в массовом строительстве они применяются довольно редко. Также в работе поставлена задача исследовать наиболее опасный случай воздействия перепадов климатической температуры на жесткую схему соединения элементов каркаса.

Методика и результаты численного эксперимента. Для уменьшения количества моделируемых элементов выбран двухфакторный план эксперимента Хартли [10]. В качестве исследуемых факторов приняты габариты здания в плане. Их значения принимались так, чтобы можно было исследовать как каркасы, которые находятся в пределах максимального размера температурных блоков, рекомендуемого нормативными документами, так и значительно превышающие его.

Влияние высоты каркаса исследовалось отдельно [9] и в данной работе не освещено.

Исследуемые каркасы в количестве 18 штук моделировались в среде программного комплекса Robot Structural Analysis Professional. Все нагрузки приняты характерными для территории Украины, а именно: снеговая нагрузка – 1,7 кПа, активное и пассивное давление ветра – 0,62 кПа и 0,38 кПа, перепады температуры при зимнем и летнем замыкании каркаса – +31°С и –39°С.

Рассматривались следующие комбинации нагрузок:

- 1) без влияния перепадов температуры;
- 2) с учетом перепада температуры при зимнем замыкании каркаса;
- 3) с учетом перепада температуры при летнем замыкании каркаса.

В результате расчетов получены следующие параметры НДС для железобетонных каркасов:

M_B – изгибающие моменты в колонне (в плоскости рамы);

M_L – изгибающие моменты в колонне (из плоскости рамы);

Δ_B – перемещения карнизного узла поперек здания (в плоскости рамы);

Δ_L – перемещения карнизного узла вдоль здания (из плоскости рамы).

Для стальных каркасов:

M_K – изгибающие моменты в колонне (в плоскости рамы);

Пушкар Наталья Владимировна, к.т.н., профессор кафедры Железобетонных и каменных конструкций Одесской государственной академии строительства и архитектуры.

Пашинский Виктор Викторович, к.т.н., ассистент кафедры Железобетонных и каменных конструкций Одесской государственной академии строительства и архитектуры.

Украина, 65029, г. Одесса, ул. Дидрихсона, 4.

Таблица 1 – Основные параметры НДС железобетонных каркасов

Номер каркаса	Длина и ширина в метрах	Вариант комб. усилий	Изгибающие моменты, кН×м		Перемещения, мм	
			M_B	M_L	Δ_B	Δ_L
1	2	3	4	5	6	7
1	90×84	1	166,51	8,58	0,2	1,9
		2	305,18	64,29	1,8	3,6
		3	269,77	52,39	1,5	3,3
2	18×84	1	465,95	8,58	0,1	5,7
		2	493,78	61,55	1,8	6
		3	481,34	49,68	1,4	6
3	90×36	1	131,11	8,58	0,2	1,4
		2	269,79	31,49	0,9	3,2
		3	234,38	26,42	0,8	2,8
4	18×36	1	358,32	8,58	0,1	4,3
		2	386,14	28,58	0,8	4,7
		3	373,7	23,53	0,7	4,6
5	54×84	1	240,94	8,58	0,2	2,8
		2	324,22	63,6	1,8	3,9
		3	300,29	51,71	1,5	3,7
6	54×36	1	187,81	8,58	0,2	2,2
		2	271,08	30,71	0,9	3,2
		3	247,15	25,63	0,7	3
7	90×60	1	154,71	8,58	0,2	1,7
		2	293,37	47,86	1,4	3,5
		3	257,96	39,36	1,1	3,1
8	18×60	1	429,57	8,58	0,1	5,2
		2	457,4	45,08	1,3	5,6
		3	444,95	36,62	1	5,5
9	54×60	1	223,21	8,58	0,2	2,6
		2	306,48	47,14	1,3	3,7
		3	282,56	38,66	1,1	3,4

Таблица 2 – Основные параметры НДС стальных каркасов

Номер каркаса	Длина и ширина в метрах	Сечения колон и ригелей	Вариант комб. усилий	Изгибающие моменты, кН×м		Напряжения, МПа		Перемещения, мм	
				M_K	M_P	σ_K	σ_P	Δ_B	Δ_L
1	300 216	70Ш5 100Б1	1	1944	1954	226	226	70,8	5,5
			2	2244	2254	270	261	99,5	57,9
			3	1566	1935	197	183	34,8	73,2
2	300 24	70Ш3 90Б1	1	1367	1375	210	213	21,7	1,7
			2	1384	1391	226	221	25,6	54,0
			3	1347	1355	221	215	16,8	64,0
3	108 216	70Ш4 90Б2	1	1694	1702	225	230	60,0	2,9
			2	1935	1943	267	267	90,3	21,9
			3	1391	1515	202	209	22,0	20,9
4	108 24	60Ш2 80Б1	1	990	995	237	207	41,9	12,7
			2	1000	1006	255	215	45,8	19,6
			3	977	982	251	211	37,1	35,3
5	300 120	70Ш3 90Б1	1	1492	1500	227	231	17,3	5,6
			2	1619	1627	257	256	35,9	58,2
			3	1333	1547	219	250	6,2	60,6
6	108 120	70Ш3 90Б1	1	1479	1487	225	229	47,6	3,2
			2	1605	1612	256	254	66,0	22,1
			3	1321	1547	219	241	24,4	20,6
7	204 216	70Ш4 90Б2	1	1692	1700	224	230	60,3	4,5
			2	1931	1939	266	267	90,7	40,2
			3	1391	1524	201	214	21,9	40,5
8	204 24	70Ш3 90Б1	1	1373	1381	211	213	21,5	1,3
			2	1389	1397	226	221	25,4	36,8
			3	1352	1360	222	216	16,6	43,4
9	204 120	70Ш3 90Б1	1	1488	1488	225	229	47,0	4,8
			2	1613	1613	243	248	65,2	42,8
			3	1330	1551	203	246	24,1	43,0

M_P – изгибающие моменты в ригеле (в плоскости рамы);

σ_K – напряжения в колонне;

σ_P – напряжения в ригеле;

Δ_B – перемещения карнизного узла поперек здания (в плоскости рамы);

Δ_L – перемещения карнизного узла вдоль здания (из плоскости рамы).

Полученные параметры НДС представлены в таблице 1 для железобетонных каркасов и в таблице 2 – для стальных каркасов. Следует уточнить, что в таблицах отображены наибольшие в пределах исследуемых каркасов значения усилий и перемещений.

Анализ данных из таблицы 1 показал, что все смоделированные железобетонные каркасы обладают достаточной жесткостью, так как вследствие центрального опирания ригелей на колонны изгибающие моменты и перемещения верхушек колонн вызываются только ветровой нагрузкой.

Несмотря на то, что учет температурных воздействий заметно увеличивает перемещения верхних карнизных узлов, при всех размерах температурных блоков они не превышают предельно допустимой величины, которая согласно ДСТУ [11] составляет 1/150 высоты колонны или 64 мм. Таким образом, перемещения карнизных узлов для железобетонных каркасов находятся в допустимых пределах даже при превышении максимально разрешенных размеров температурного блока, а потому не могут считаться лимитирующим параметром, и в дальнейшем не анализируются.

Анализ таблицы 2 показал, что лимитирующими параметрами для стальных каркасов могут выступать как приросты перемещений, так и приросты напряжений от воздействия климатической температуры.

С целью анализа степени влияния температуры на параметры НДС элементов каркасов вычислены отношения (в процентах) усилий и напряжений от действия температуры к максимальным значениям в тех же элементах, полученным без учета температуры. Это дает представление об относительном вкладе температурных воздействий в величины суммарных напряжений. Согласно плану Хартли, зависимости процентов отклонения контролируемых параметров от длины и ширины температурного блока описаны квадратными полиномами вида:

$$Y = A_0 + A_{B1}B + A_{B2}B^2 + A_{L1}L + A_{L2}L^2 + A_{BL}BL \quad (1)$$

или приближенно – линейными функциями вида:

$$Y = A_0 + A_{B1}B + A_{L1}L \quad (2)$$

Сравнение исходных значений с результатами аппроксимации по формулам (1) и (2) показало достаточно высокую точность аппроксимации формулой (1). Наиболее вероятные отклонения теоретических значений, полученных по формуле, от экспериментальных при обеспеченности 0,9 не превышают 1,6%, что находится в пределах общепринятых требований к точности инженерных расчетов.

Более простая формула (2) с линейной аппроксимацией показала недостаточную точность и в дальнейшем не может быть использована.

Общее представление о полученных зависимостях удобнее получить при помощи объемных изображений, которые позволяют достаточно точно устанавливать размеры температурного блока в зависимости от предельно возможного значения контролируемых параметров (рис. 1, 2).

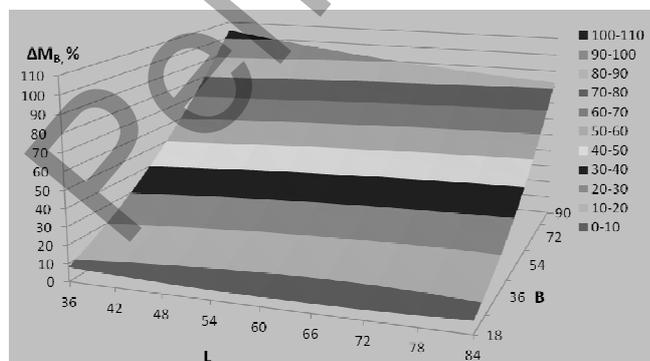


Рисунок 1 – Приросты изгибающих моментов для железобетонных каркасов в плоскости рамы по формуле (1)

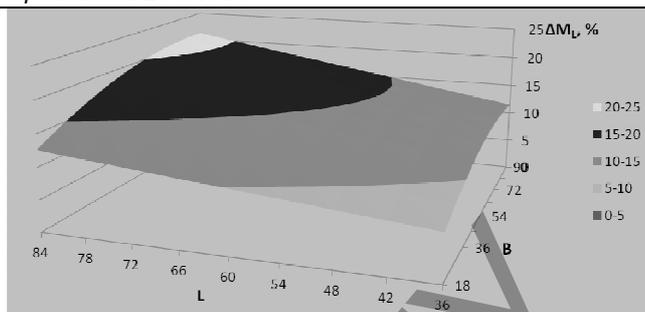


Рисунок 2 – Приросты изгибающих моментов для железобетонных каркасов из плоскости рамы по формуле (1)

Используя рисунки 1 и 2, можно устанавливать размеры температурного блока в зависимости от величины процента прироста моментов в колонне, которыми мы можем пренебречь. Например, при размерах здания в плане 60×60 м для исследованных железобетонных каркасов дополнительный момент в плоскости рамы от воздействия климатической температуры составил 44,6%, а из плоскости рамы – 15,9%. Традиционно считается точность инженерных расчетов 5%, однако она была превышена даже в наименьшем из рассмотренных каркасов 18×36 м. Соответственно, для исследованных каркасов рекомендуется либо уменьшать предельный размер температурного блока, либо всегда выполнять расчет на температурные воздействия.

Аналогичным образом была выполнена аппроксимация и для стальных каркасов, для которых расчетными параметрами были выбраны приросты напряжений в колоннах крайних рядов и суммарные приросты перемещений в плоскости рамы от влияния постоянной, ветровой и температурной нагрузок при зимнем замыкании каркаса (рис. 3, 4).

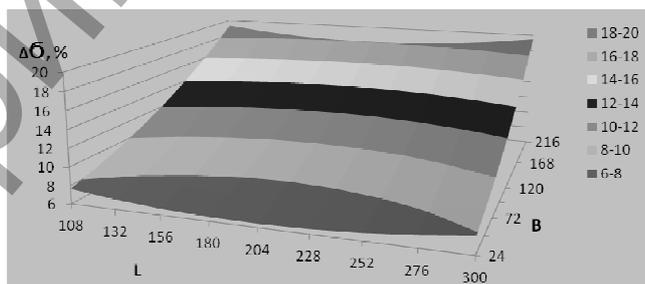


Рисунок 3 – Приросты напряжений в колоннах крайних рядов стальных каркасов по формуле (1)

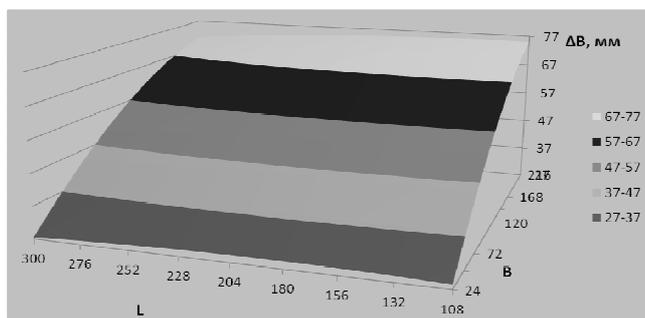


Рисунок 4 – Суммарные приросты перемещений в плоскости рамы для стальных каркасов по формуле (1)

Предельно допустимые нормативными документами перемещения $\Delta_B = 53$ мм достигаются при ширине температурного блока около 100 м, что значительно меньше допустимого, согласно нормам, значения $B = 150$ м.

Температурные напряжения в колоннах, изменения которых показаны на рисунке 3, в целом возрастают при увеличении ширины каркаса и мало изменяются в зависимости от его длины. Уже в однопролетных каркасах шириной 24 м прирост напряжений вследствие действия температуры превышает 5%. Увеличение напряжений от

температурного воздействия по сравнению с суммарными напряжениями от других нагрузок на 10% реализуется при ширине каркасов 80÷110 м, а на 15% – при ширине 160÷180 м.

Заключение. На основании изложенного материала можно сделать следующие выводы:

1. Разработанная методика позволяет оценивать степень влияния климатической температуры на одноэтажные каркасные здания и сооружения при использовании произвольных размеров температурного блока.
2. Для исследуемых стальных и железобетонных каркасов использование предельно допустимых размеров температурных блоков может привести к существенному росту внутренних усилий и / или перемещений. Это может существенно снизить надежность конструкций.
3. Несмотря на то, что полученные в ходе исследования результаты справедливы только для рассмотренных конструкций, вывод о существенном влиянии климатической температуры на напряженно-деформированное состояние стальных и железобетонных каркасов имеет общий характер.
4. Так как при проектировании с использованием современных программных комплексов существует возможность достаточно просто учесть воздействие климатической температуры, рекомендуется рассмотреть возможность отказа от традиционного понятия температурного блока и всегда выполнять расчеты аналогичных каркасов по пространственной схеме с учетом температурных нагрузок.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нормы проектирования. Стальные конструкции: СНиП II-23-81*. – Москва: ЦИТП, 1988. – 96 с.
2. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.6.2-98:2009. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
3. Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу: ДБН В.2.6-163:2010. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 202 с.
4. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84) / ЦНИИПромзданий Госстроя СССР, НИИЖБ Госстроя СССР. – Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 192 с.
5. Нормы проектирования. Стальные конструкции: СНиП II-23-81*. – Москва: ЦИТП, 2011. – 172 с.
6. BS EN 1992-1-1:2004 – Design of concrete structures. General rules and rules for buildings.
7. Пушкар, Н.В. Нормативні методики визначення температурних впливів на несучі будівельні конструкції / Н.В. Пушкар, В.В. Пашинський // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск № 49. Частина 1. – Одеса: ОДАБА, 2013. – С. 275–281.
8. Пушкар, Н.В. Влияние температуры замыкания на НДС стальных каркасов зданий / Н.В. Пушкар, В.В. Пашинский // Сборник материалов XIV Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии». – Тула: ТГУ, 2013. – С. 102–103.
9. Пашинський, В.В. Температурні кліматичні впливи на несучі конструкції будівель і споруд: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01: захищена 03.11.2015 / Пашинський Віктор Вікторович. – Одеса, 2015. – 206 с.
10. Джонсон, Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. / Н. Джонсон, Ф. Лион; пер с англ. – Москва: Мир, 1977. – 610 с.
11. Прогини і переміщення. Вимоги проектування: ДСТУ Б В.1.2-3:2006. – Київ: Мінбуд України, 2006. – 15 с.

Матеріал посту́пав в редакцію 26.04.2017

PUSHKAR N.V., PASHYNSKYI V. V. The influence of temperature changes on stress-strain state of steel and reinforced concrete frames

The results of a study of the effect of climatic temperature changes on the stress-strain state of elements of load-bearing structures of one-storey buildings are presented, depending on their dimensions (length, width and height). Frameworks were modeled in the Robot Structural Analysis Professional software environment, 9 pieces each for reinforced concrete and steel structures. As a result of the numerical experiment, the values of the forces and displacements in the frame elements are obtained, and three-dimensional images that allow to accurately set the size of the temperature block are constructed depending on the maximum possible value of the monitored parameters.

УДК 625.012

Ахмедов К.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ И СПОСОБОВ УЛУЧШЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Введение. Азербайджанская Республика является лидером среди стран СНГ по темпам экономического роста. Доля транспортных услуг в общем объеме ВВП составляет 6 %. В современных условиях развития экономики главной задачей является приведение сети международных автомобильных дорог в соответствии с ростом интенсивности дорожного движения, повышением нагрузки на ось и с потребностями государства.

Существующие дороги в стране сформированы в 1965–1990 годы. Вначале они были запроектированы для движения автомобилей с нагрузкой на ось равной 6 т, а впоследствии, в 90-е годы, с нагрузкой 10 т. Современный тяжеловесный транспорт с нагрузкой на ось – 13 т разрушает дороги. Около 80 % дорог в Азербайджанской Республике требуют усиления дорожной одежды.

Исследование температурных режимов. Жаркий климат Азербайджанской Республики вызывает пластические деформации в асфальтобетоне, приводящие к колебанию, в связи с этим необходимо использовать более вязкие битумы.

Результаты исследований являются актуальными в связи с тем, что если до 1997 года темпы ежегодного роста интенсивности движения на дорогах I-III категорий составляли 3...4 %, то в настоящее время они возросли и достигли на дорогах II-III категорий 10...12 % (в отдельные годы до 15...18 %), а на дорогах I категории – 20...25 %. Существенно поменялась и структура транспортного потока, в составе потока до 20...25 % автомобильного транспорта составляют автопоезда.

Учитывая, что трещины в дорожных покрытиях присутствуют во всех географических зонах страны, как в жарком, так и в холодном климате были выбраны опытные участки в разных климатических регионах. Большое колебание температур ночью и днем, летом и зимой усиливает старение вяжущего и способствует трещинообразованию. В свою очередь возрастающие транспортные нагрузки еще больше способствуют распространению трещин и приводит к образованию выбоин.

На возникновение дефектов в дорожных одеждах отражается не только повышение нагрузки на ось, но также конструкция самого автомобиля. Известно, что расстояние между осями автомобиля сказыва-

Ахмедов К.М., к.т.н. Азербайджанской Республики.

Строительство и архитектура