

2. **Kovalenko V. V.** Nelinejnye aspekty chastichno infinitnogo modelirovaniya v evolyutsionnoj gidrometeorologii.– S.-Pb.: RGGMU, 2002. – 158 s.

3. **Zemlyannikova M. F., Fartukov V. A.** Obobshchennyye nelinejnye uravneniya lokal'noj nestatsionarnosti // Ecologicheskaya ustojchivost' prirodnyh system i rol' prirodobustrojstva v ee obespechenii: sb. materialov konferentsii. – M.: MGUP, 2003. – S. 136–137.

4. **Zemlyannikova M. F., Fartukov V. A.** Kachestvennaya otsenka dinamicheskoy sistemy nelinejnyh kolebaniy pryzhkovogo sopryazheniya bjefov // Rol' prirodobustrojstva v obespechenii ustojchivogo funkcionirovaniya i razvitiya ecosystem: materialy mezhdun. konferentsii. /мРоль природобустройств в обеспечении устойчивого функциони– Ч. 1. – M.: MGUP, 2006. – S. 398–401.

5. **Blackman R. B., Tukey J.** The measurement of power spectral from the point of view of communication engineering. – New York: Dover, 1958.

6. **Kovalenko V. V.** Modelirovaniye

gidrologicheskikh protsessov. – S.-Pb.: Gidrometeoizdat, 1993. – 256 s.

7. **Illarionov A. V.** Informatsionno-izmeritel'nyy complex dlya experimental'nyh issledovaniy quasi-periodicheskikh yavlenij v otkrytyh vodnyh potokah (Electronnyy resurs). – URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/164.pdf> (Data obrashcheniya 10.03.2016).

Received on 10.03.2016.

Information about the authors

Fartukov Vasilij Alexandrovich, candidate of technical sciences, associate professor; general director ZAO «Bureau of service and operation»; 119330, Moscow, ul. Mosfilmovskaya, d. 17 B; tel.: +7-916-653-17-59; e-mail: vasfar@mail.ru.

Zemlyannikova Marina Vladimirovna, candidate of technical sciences, professor of the chair «Hydrology, hydrogeology and runoff regulation»; FSBEI HERSAU – MAA named after C. A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d.19; tel.: +7-910-404-84-21.

УДК 502/504:624.94.012.45

МИКЕРЕГО ЭММАНУЭЛЬ

Федеральное государственное автономное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский Университет Дружбы Народов», г. Москва

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КИРПИЧНЫХ СТЕН ИЗ МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗАПОЛНЕНИЯ НА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ РЕСПУБЛИКИ БУРУНДИ

Статья посвящена количественной оценке максимальных вертикальных и горизонтальных перемещений пространственного 9 этажного монолитного каркасного здания с кирпичными стенами из местных материалов в Республике Бурунди. На основе построенной пространственной численной модели типового монолитного каркасного здания количественно оцениваются максимальные вертикальные и горизонтальные перемещения здания с кирпичными стенами заполнения. Перемещения исследовались при действии вертикальных и ветровых нагрузок, а также при выходе из строя кирпичных стен нижнего этажа. При использованных расчетных прочностях кладки заполнения установлено, что в пространственной модели монолитного каркасного здания максимальные вертикальные перемещения будут в плитах перекрытия верхних этажей. Также установлено, что максимальные горизонтальные перемещения возникают в верхней точке исследованной пространственной модели монолитного каркасного здания с кирпичными стенами заполнения. Полученные результаты показывают, что значительное снижение вертикальных и горизонтальных перемещений монолитных каркасных зданий наблюдается в железобетонных элементах верхних этажей и вызвано включением стеновых заполнений в пространственную работу исследованного объекта.

Каркасные здания, местные материалы заполнения, вертикальные и горизонтальные перемещения, численная модель.

Введение. В республике Бурунди в качестве конструктивного решения многоэтажных каркасных зданий применяется каркасная система с кирпичными стенами заполнения. С 1990 годов в республике Бурунди такое конструктивное решение актуально при разработке проектов и возведении серийных монолитных каркасных зданий квартирного типа.

Заметим, что в республике Бурунди при расчетах каркасных зданий с кирпичными стенами не учитывается влияние самих заполнений на работу железобетонных элементов. Одна из причин этого заключается в том, что в республике Бурунди местные материалы заполнения каркасных зданий не исследованы с целью дальнейшего учета их влияния в каркасных зданиях. При этом, по проведенным экспериментальным и численным исследованиям влияния кирпичных стен в монолитных каркасных зданиях [1, 2] установлено, что кирпичные стены заполнения влияют на работу монолитных каркасных зданий.

Учитывая темпы возведения каркасных зданий с кирпичными стенами в республике Бурунди, и состояние сведений о влиянии заполнения в каркасных зданиях, вопрос оценки влияния местных материалов заполнения на вертикальные и горизонтальные перемещения монолитных каркасных зданий становится актуальным для Бурунди, как одного из этапов необходимых при проектировании монолитных каркасных зданий с кирпичными стенами заполнения.

Поэтому в данной статье проводится количественная оценка влияния местных материалов заполнения на вертикальные и горизонтальные перемещения пространственной модели исследуемого монолитного каркасного здания.

Объект исследования. Для проведения исследования построена пространственная численная модель 9 этажного каркасного здания. В основании здания располагается скальный грунт. Высота этажа равна 3,40 м. Плановые габаритные размеры исследуемого монолитного каркасного здания указаны на рисунке 1. 3D конечно-элементная расчетная модель (рис. 2) исследуемого здания без учета деформационных характеристик кирпичных стен заполнения состоит из 21326 узлов, 24368 элементов и 99760 неизвестных перемещений.

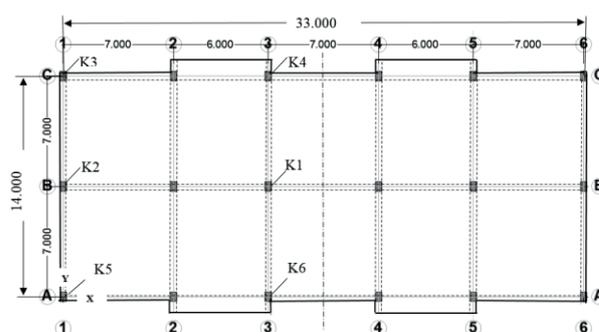


Рис. 1. План типового этажа, исследуемого монолитного каркасного здания с кирпичными стенами заполнения

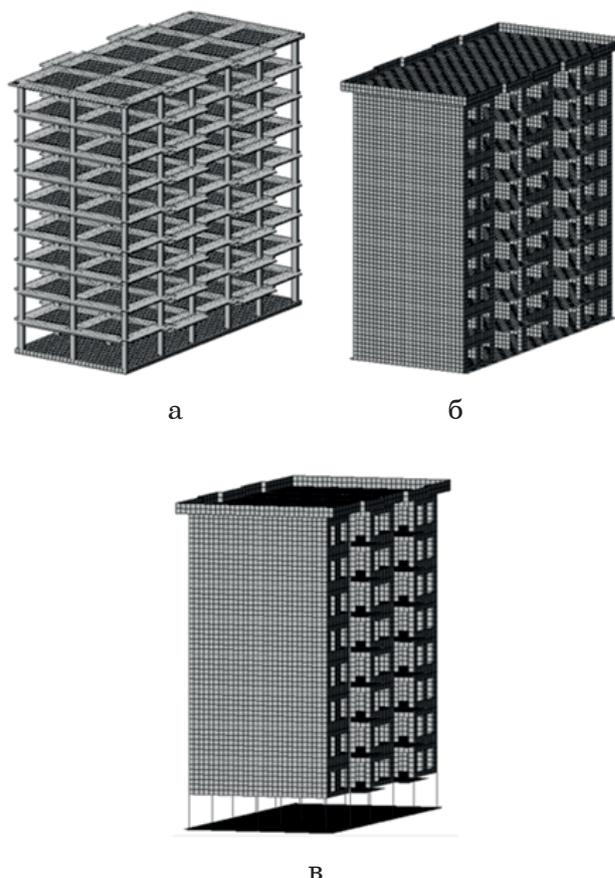


Рис. 2. 3D конечно-элементная расчетная модель: а) без учета деформационных характеристик кирпичных стен заполнения; б) с учетом деформационных характеристик кирпичных стен заполнения; в) с выходом из строя стен нижнего этажа.

3D конечно-элементная расчетная модель исследуемого объекта в которой учитываются деформационные характеристики кирпичных стен заполнения состоит из 37024 узлов, 43370 элементов и 166830 неизвестных перемещений.

3D конечно-элементная расчетная

модель с предположением выхода из строя кирпичных стен нижнего этажа состоит из 35436 узлов, 41416 элементов и 160272 неизвестных перемещений.

Несущие железобетонные элементы выполнены из бетона В25. Проверкой несущей способности колонн и обеспечением общей устойчивости формы исследуемого здания назначено сечение (380x600 мм) для колонн. Ширина колонны равна толщине кирпичной стены заполнения. Также по архитектурным соображениям ширина ригеля назначена равной толщине стены заполнения. Толщина перекрытий назначена равной 18 см.

Железобетонные колонны и ригели моделировались пространственными стержневыми конечными элементами. Плиты перекрытий и кирпичные стены заполнения моделировались плоскими оболочечными конечными элементами и конечными элементами типа «балка-стенка».

Вводимые в численную модель деформационные характеристики железобетонных элементов снижены согласно рекомендациям [2].

Применяемые в расчетах модули упругости кладки кирпичных стен E приняты равными половине значений $E_{\text{эксп}}$, найденных экспериментально-теоретическими исследованиями деформационных характеристик кирпичных стен из местных материалов каркасных зданий в республике Бурунди, по выражению:

$$E = 0,5 E_{\text{эксп}}$$

Методика проведения исследований. Вертикальные и горизонтальные перемещения определялись при нормативных нагрузках. Допускаемые вертикальные перемещения Z_{adm}^G пространственной модели монолитного каркасного здания определялись по формуле $Z_{\text{adm}}^G = L/250$, а горизонтальные перемещения Y_{adm}^G определялись по формуле $Y_{\text{adm}}^G = H/300$. В формулах перемещений L и H представляют собой соответственно наибольшую длину пролета плиты перекрытия и высоту исследуемого здания.

При исследовании варьировались расчетные модули упругости $E_{\text{кладка}}$ кладки стены заполнения и принимались соответственно равными: $E_1 = 1000$ МПа; $E_2 = 2000$ МПа и $E_3 = 3000$ МПа.

Модули упругости кирпичных кладок заполнения были определены

экспериментально-теоретическим путем при исследовании деформационных характеристик кирпичных стен из местных материалов заполнения монолитных каркасных зданий республики Бурунди, по формуле:

$$E_{\text{кладка}} = K_E f_{\text{ки}}$$

где K_E – коэффициент, подобный упругой характеристике кирпичной кладки, принимаемый в расчетах равным 1000 [3]; $f_{\text{ки}}$ – прочность кирпичной кладки заполнения, определенная экспериментально-теоретическим путем.

Вертикальные Z^G и горизонтальные перемещения Y^G были определены для трех рассмотренных вариантов пространственной модели исследуемого здания:

первый вариант – вариант без учета ветровой нагрузки (1-БВН);

второй вариант – вариант с учетом ветровой нагрузки (2-СВН), с ветровой скоростью наблюдаемой в республике Бурунди (25 м/с);

третий вариант – вариант с предположением выхода из строя стен нижнего этажа (3-ВСС) при действии постоянных и эксплуатационных вертикальных нагрузок.

Диаграммы, отражающие результаты исследования, представлены как диаграммы, описывающие зависимости перемещений от исходной принятой расчетной прочности кладки стен заполнения f_a .

Результаты исследований. Проведенные исследования показали, что для разработанной пространственной модели, в которой не учитываются прочностные характеристики кирпичных стен заполнения, максимальное допускаемое вертикальное перемещение не должно превышать 28 мм.

Полученные результаты показали, что вертикальные деформации не превышают допускаемой величины. Присутствие кирпичных стен заполнения в монолитных каркасных зданиях приводит к существенному снижению (до 9 раз) вертикальных перемещений (рис. 4). Проведенные численные исследования показали, что для рассмотренной пространственной модели монолитного каркасного здания, значение максимального горизонтального перемещения (30 мм) верхней точки меньше теоретической допускаемой величины горизонтального перемещения (102 мм). Для исследованной модели горизонтальное перемещение верхней точки в 3,43 раз меньше допускаемого значения. Также, кирпичные стены заполнения в монолитных каркасных зданиях значительно снижают горизонтальные перемещения (рис. 5).

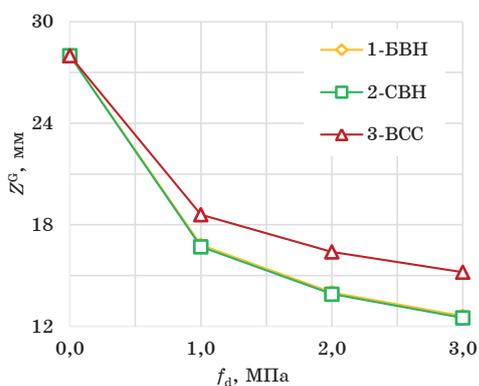


Рис. 4. Зависимость максимальных вертикальных перемещений от расчетной прочности кладки заполнения

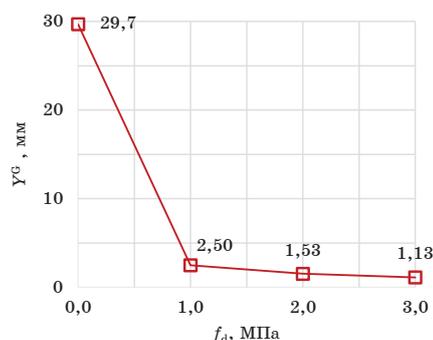


Рис. 5. Зависимость максимальных горизонтальных перемещений от расчетной прочности кладки заполнения с учетом ветровой нагрузки

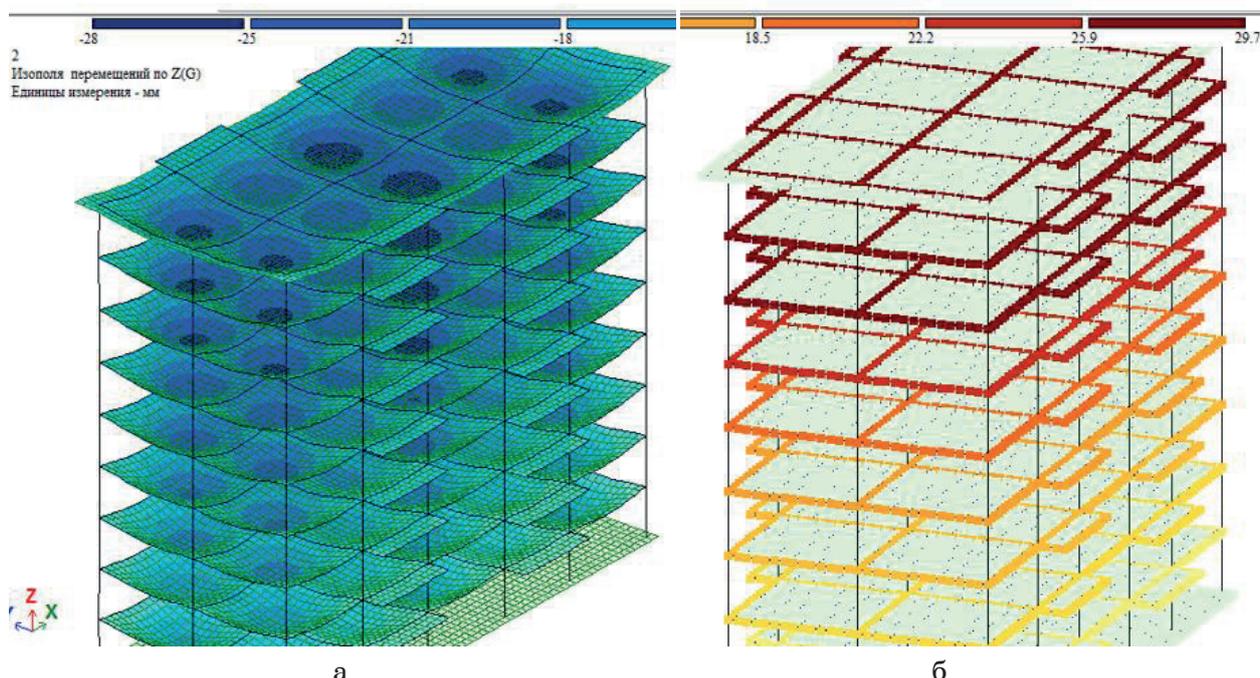


Рис. 3. Изополюса перемещений 3D конечно-элементной модели монолитного железобетонного каркаса: а) вертикальные перемещения в плитах перекрытий; б) горизонтальные перемещения.

Выводы

По проделанной работе можно сформулировать следующие основные выводы:

кирпичные стены заполнения влияют на вертикальные и горизонтальные перемещения монолитных каркасных зданий независимо от величины горизонтальных воздействий;

кирпичные стены заполнения существенно снижают (до 9 раз) вертикальные перемещения. Максимальное снижение вертикальных перемещений наблюдается в плитах перекрытий верхних этажей и минимальное в плитах перекрытий нижних этажей;

выход из строя стен нижнего этажа

приводит к дополнительному увеличению на 17,7 % возникающих вертикальных перемещений, по сравнению с результатами рассмотренных вариантов (1-БВН и 2-СВН);

для рассмотренного монолитного каркасного здания установлено, что кирпичные стены заполнения значительно снижают (до 26 раз) горизонтальные перемещения.

Библиографический список

1. Васильев М. В. Численное моделирование каркасно-каменных панелей // Строительство и техногенная безопасность: сб. научн. трудов. – Симферополь: – 2010. – Выпуск 33–34. – С. 57–64.
2. СП 52-103-2007. Железобетонные

монолитные конструкции зданий. – М.: ФГУП ЦПП, 2007. – 22 с. – 2010. – Vol.10, – № 4. – P. 35–40.

3. EN 1996 Eurocode 6: Design of masonry structures (Электронный ресурс). – URL: http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/WS2009/2_6_Pluijm.pdf (Дата обращения 18.06.2016).

4. Kashif M., Rashadul I., Amin A. Study the reinforced concrete frame with brick masonry infill due to lateral loads // International Journal of Civil and Environmental Engineering (IJCEE-IJENS).

Материал поступил в редакцию 14.04.2016.

Сведения об авторе

Микерего Эммануэль (Бурунди), аспирант кафедры строительных конструкций и сооружений; ФГАБОУ ВО РУДН; 115419, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3; тел: +7-968-981-22-07; e-mail: mikeregoemmanuel@hotmail.com.

MIKEREGO EMMANUEL

The Federal state autonomous budget educational institution of higher education «The Russian University of Peoples' Friendship», Moscow

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF BRICK WALLS OF LOCAL FILLING MATERIALS ON MOVEMENTS OF MONOLITHIC FRAMED BUILDINGS OF THE REPUBLIC OF BURUNDI

The article deals with the quantitative assessment of maximal vertical and horizontal movements of a spatial 9th floor monolithic framed building with brick walls of local materials in the Republic of Burundi. On the basis of the built spatial numerical model of a standard monolithic framed building there are quantitatively assessed maximal vertical and horizontal movements of the building with brick fill walls. Movements were investigated under the action of vertical and horizontal loads as well as failures of brick walls of the ground floor. When using rated strengths of fill laying it was found that in the spatial model of a monolithic framed building maximal vertical movements will be in the bridge plates of upper floors. It was also established that maximal horizontal movements occur in the upper point of the investigated spatial model of the monolithic framed building with brick fill walls. The obtained results show that a significant decrease of vertical and horizontal movements of monolithic framed buildings is observed in reinforced concrete elements of upper floors and is caused by inclusion of wall fills in the spatial work of the investigated object.

Framed buildings, filling local materials, vertical and horizontal movements, numerical model, numerical model.

References

1. Vasiljev M. V. Chislennoyemodirovanie karkasno-kamennyh panelej // Stroiteljstvo i tehnogennaya bezopasnostj: sb. nauch. trudov. – Simferopol: – 2010. – Vypusk 33–34. – S. 57–64.

2. СП 52-103-2007. Zhelezobetonnye monolitnye constructsii zdaniy. – М.: FGUP TSPP, 2007. – 22 s.

3. EN 1996 Eurocode 6: Design of masonry structures (Electronny resurs). – URL: http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/WS2009/2_6_Pluijm.pdf (Data obrashchenia 18.06.2016).

4. Kashif M., Rashadul I., Amin A.

Study the reinforced concrete frame with brick masonry infill due to lateral loads // International Journal of Civil and Environmental Engineering (IJCEE-IJENS). – 2010. – Vol.10, – № 4. – P. 35–40.

Received on 14.04.2016.

Information about the author

Mikerego Emmanuel (Burundi), post graduate student of the chair of building structures and constructions; FSABEI HERUPF; 115419, Moscow, ul. Ordzonikidze, d. 3; tel: +7-968-981-22-07; e-mail: mikeregoemmanuel@hotmail.com.