

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КИРПИЧНЫХ СТЕН ИЗ МЕСТНЫХ
МАТЕРИАЛОВ ЗАПОЛНЕНИЯ НА РАБОТУ СТЕРЖНЕВЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ МОНОЛИТНЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ
РЕСПУБЛИКИ БУРУНДИ**

МИКЕРЕГО Эммануэль, аспирант,
А.С.МАРКОВИЧ, канд. тех. наук., доцент
Ю.К. БАСОВ, канд. тех. наук., доцент
Российский университет дружбы народов,
Ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419
mikeregoemmanuel@hotmail.com; markovich.rudn@gmail.com;

В статье изложены результаты численных исследований работы колонны и ригеля монолитного каркасного здания, где в качестве межколонного заполнения использовалась кирпичная кладка. Проведено сравнение продольных усилий, возникающих при совместном действии вертикальных и ветровых нагрузок, а также исследовано рас-пределение усилий в каркасе при выходе из строя кирпичных стен заполнения нижнего этажа. Помимо этого, проведена количественная оценка продольных внутренних усилий, передаваемых на систему фундамента кирпичными стенами заполнения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: каркасные здания, кирпичные стены, колонны, ригели, продольные внутренние усилия.

Введение. В республике Бурунди кирпич является относительно недорогим строительным материалом, поэтому кирпичная кладка активно применяется в межколонном заполнении монолитных каркасных зданий. В инженерных расчетах влияние стенового заполнения на пространственную работу каркаса не учитывается. Тем временем, согласно исследованиям [1, 4], кирпичные стены в каркасных зданиях приводят к перераспределению внутренних усилий в элементах каркаса. Установлено, что в системе «колонны – кладка – ригели» первичную роль играют колонны [3], последние отвечают за совместную работу монолитного каркаса с кирпичными стенами заполнения. Колонны в таком случае работают на сжатие со случайным эксцентриситетом [2].

Обзор литературных источников свидетельствует о недостаточности исследований распределения внутренних усилий в колоннах и ригелях при учете стенового заполнения в пространственной работе каркаса. В связи с этим актуальность данной статьи заключается в общей количественной оценке внутренних усилий, возникающих в монолитном каркасном здании с кирпичными стенами заполнения.

Объект исследования. В качестве исследуемого объекта рассматривается пространственная модель девятиэтажного каркасного здания с кирпичными стенами из местных материалов заполнения республики Бурунди. В основании здания располагается скальный грунт. Физико-механические характеристики кладки были определены экспериментально-теоретическими методами. Принималось, что железобетонные элементы каркаса изготовлены из бетона класса В25. Толщина кирпичных стен составляла полтора кирпича (380 мм). По архитектурным соображениям ширина поперечного сечения колонн и ригелей была принята равной толщине кирпичных стен (рис. 1).

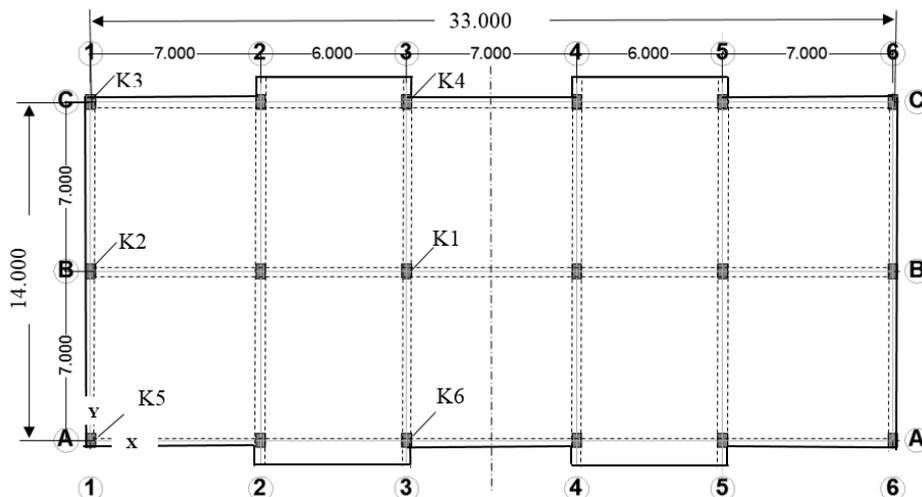


Рис. 1. Схема с указанием исследуемых колонн с учетом их расположения в плане

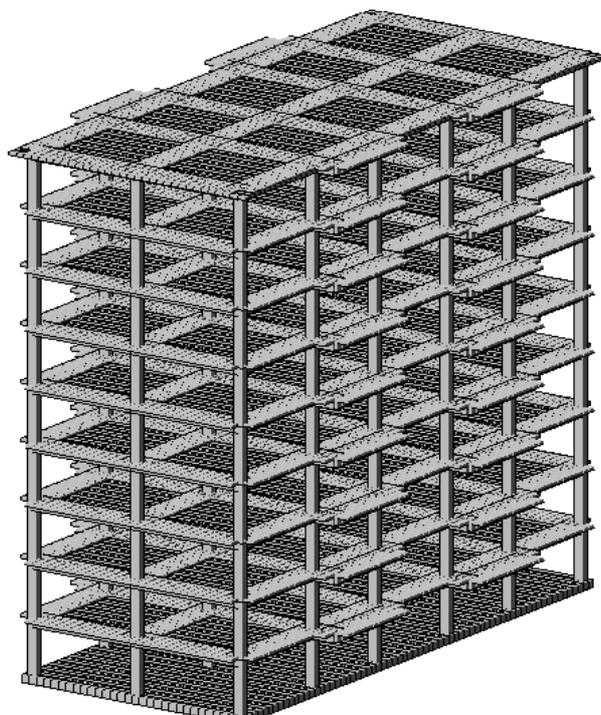


Рис. 2. КЭ модель «1» монолитного каркасного здания без учета влияния стенового заполнения

Железобетонные колонны и ригели таврового сечения моделировались пространственными стержневыми конечными элементами (КЭ). Плиты межэ-

тажных перекрытий и кирпичные стены заполнения моделировались плоскими оболочечными КЭ и КЭ типа «балка-стенка» соответственно [6,7].

По контуру кирпичной стены заполнения принималась шарнирная связь с железобетонными элементами каркаса. Деформационные характеристики железобетонных элементов были приняты согласно рекомендациям [5], учитывающим нелинейную работу железобетона и возможность образования трещин.

Для проведения численных исследований были разработаны 3 дискретные пространственные конечно-элементные модели монолитного каркасного здания КЭ модель «1» монолитного каркасного здания состоит из 21326 узлов, 24368 элементов и 99760 неизвестных узловых перемещений (рис. 2). В этой модели не учитывалось влияние стен заполнения на пространственную работу каркаса. Нагрузка от собственного веса заполнения рассматривалась как линейная равномерно распределенная, приложенная на ригели каркаса.

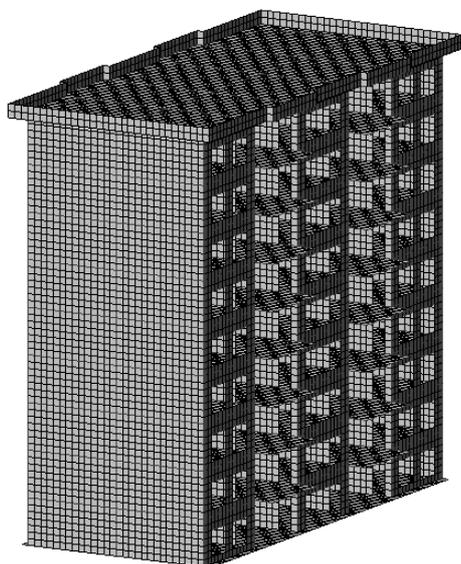


Рис. 3. КЭ модель монолитного каркасного здания с учетом влияния стенового заполнения

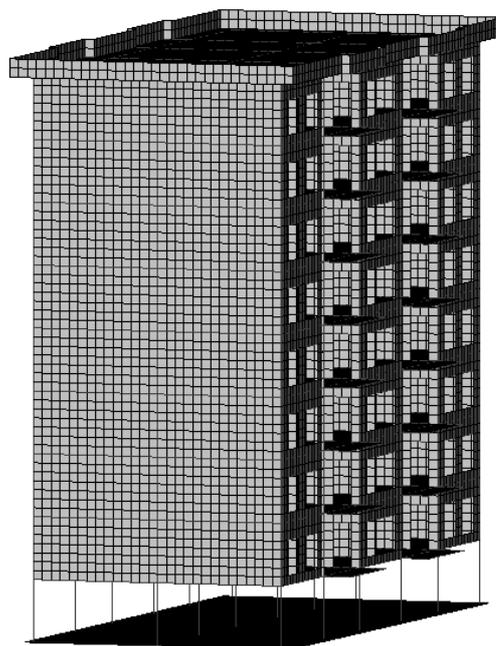


Рис. 4. 3D конечноэлементная модель монолитного каркасного здания с кирпичными стенами заполнения

В отличие от модели «1» КЭ модель «2» учитывает влияние кирпичного заполнения на напряженно-деформированное состояние каркаса и состоит из 37024 узлов, 43370 элементов и 166830 неизвестных узловых перемещений (рис. 4). Для предотвращения возможного прогрессирующего обрушения при выходе из строя стенового заполнения нижнего этажа была разработана специальная КЭ модель, которая состояла из 35436 узлов, 41416 элементов и 160272 неизвестных узловых перемещений.

Методика проведения исследования. В ходе проведения численного исследования каркаса здания рассматривалось 3 варианта сочетания нагрузок. В первом варианте проведен анализ работы железобетонных колонн и ригелей при постоянных и эксплуатационных воздействиях без учета ветровой нагрузки, данный вариант обозначался (1-БВН). Во втором варианте рассматривался случай, когда на здание кроме эксплуатационных нагрузок, воздействует ветровой напор со средней скоростью 25м/с перпендикулярно продольной стороны здания, этот вариант обозначался (2-СВН). И наконец, в третьем варианте (3-

ВСС) рассматривался случай выхода из строя стенового заполнения нижнего этажа при постоянных и эксплуатационных нагрузках.

Для исследования влияния деформативности кладки на усилия в элементах монолитного каркаса отдельно рассматривались 3 различных модуля упругости кладки стен заполнения: $E_1 = 1000 \text{ МПа}$; $E_2 = 2000 \text{ МПа}$; $E_3 = 3000 \text{ МПа}$. Полученные при этом согласно моделям «2» и «3» значения продольных усилий в колоннах и ригелях, сравнивались со значениями, вычисленными по модели «1», в которой не учитывалась деформативность стенового заполнения ($E_0 = 0$). В последнем варианте нагрузка от собственного веса стенового заполнения учитывалась как дополнительная линейная нагрузка на ригели каркаса.

Таким образом, для принятого j -ого этажа, уменьшения (η_j) продольных внутренних усилий определялись по выражению (1), как отношение продольных усилий $N_{j(E_0)}$ в монолитном каркасе без учета влияния стенового заполнения (КЭ модель «1») к продольным усилиям $N_{j(E_i)}$, определяемым с учетом влияния стенового заполнения на пространственную работу каркаса (КЭ модели «2», «3»):

$$\eta_{j(E_i)} = N_{j(E_0)} / N_{j(E_i)} \quad (1)$$

Результаты исследования. Анализ результатов расчета дискретных компьютерных моделей исследуемого здания позволил определить продольные усилия в колоннах и ригелях. Возникновение продольных усилий в ригелях обусловлено влиянием эксцентриситета, деформативностью нижележащей кладки, препятствующей изгибу ригеля, а также пространственной работой монолитного каркасного здания в целом. Результаты показали, что выход из строя кирпичных стен заполнения нижнего этажа приводит к увеличению продольных (растягивающих) усилий в ригелях первого этажа (рис. 5).

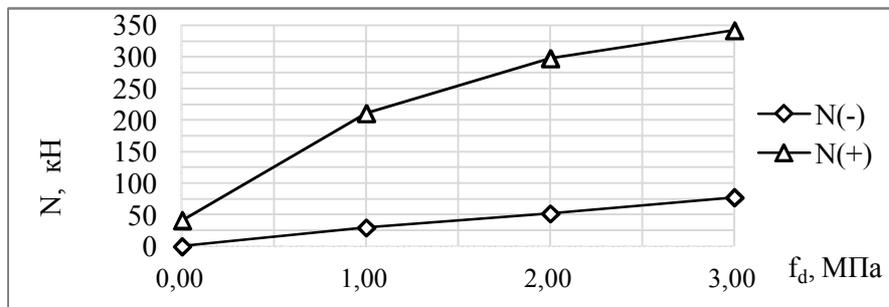


Рис. 5. Зависимость максимальных значений продольных усилий в ригелях нижнего этажа от расчетной прочности (f_d) кладки заполнения на сжатие

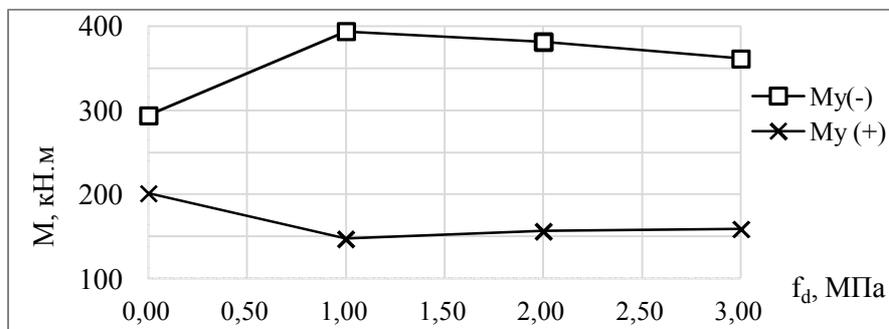


Рис. 6. Зависимость максимальных значений изгибающих моментов в ригелях первого этажа от расчетной прочности (f_d) кладки заполнения на сжатие

Чем выше оказывается несущая способность кладки заполнения, тем больше наблюдается увеличение продольных растягивающих усилий в ригелях первого этажа. Выход из строя стен заполнения нижнего этажа приводит к существенному увеличению изгибающих моментов в ригелях (рис. 6), которые превышают изгибающие моменты, получаемые согласно КЭ модели «1».

Анализ результатов расчета показал, что учет в пространственной работе каркаса кирпичных стен заполнения приводят к уменьшению продольных усилий (рис. 7; рис. 8; рис. 9). Максимальное и минимальное уменьшение продольных сил наблюдается на нижних и верхних этажах соответственно.

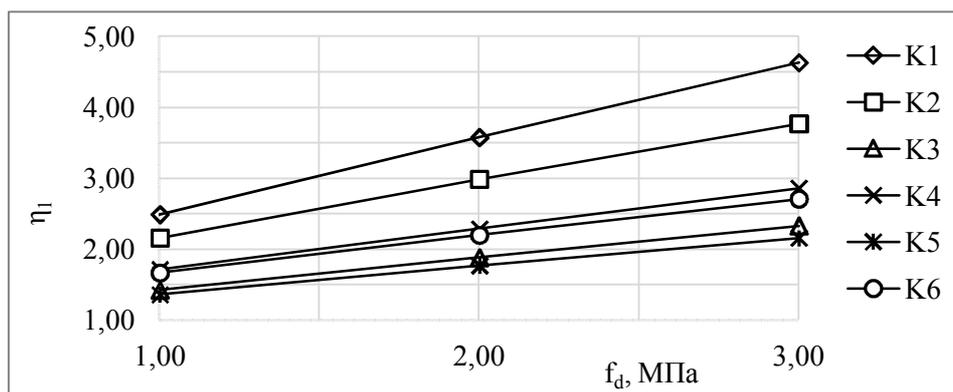


Рис. 7. Зависимость уменьшений продольных сил в колоннах первого этажа от несущей способности кладки по варианту «1-БВ»

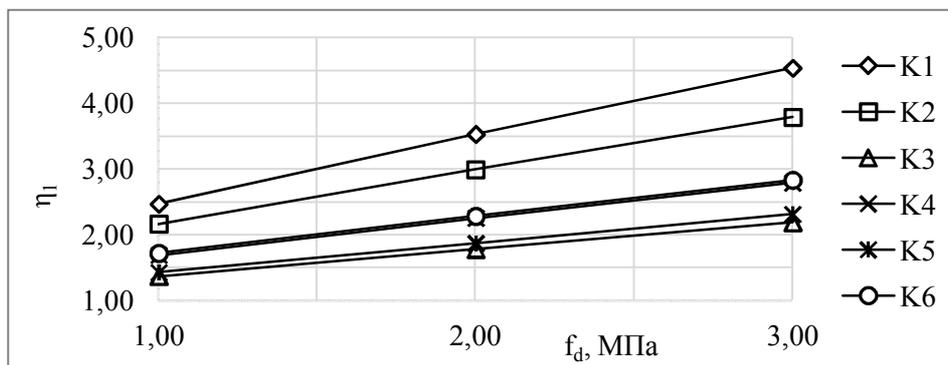


Рис. 8 - Зависимость уменьшений продольных сжимающих усилий в колоннах первого этажа при варианте с учетом ветровой нагрузки.

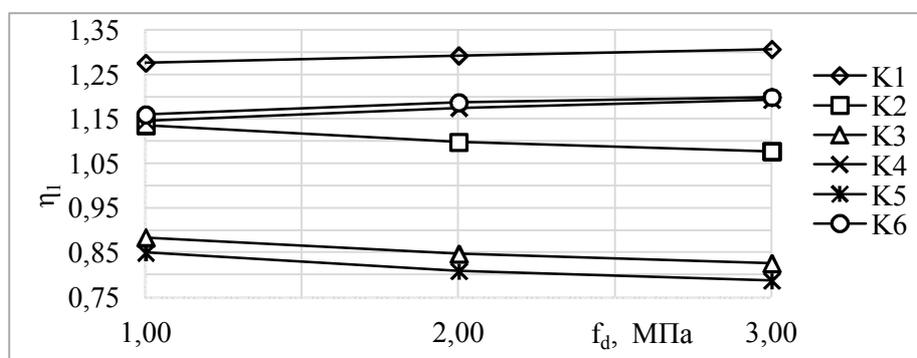


Рис. 9. Зависимость уменьшений продольных сжимающих усилий в колоннах первого этажа при выходе из строя стен первого этажа от расчетной прочности (f_d) кладки заполнения

Результаты проведенных исследований показывают, что при выходе из строя стен заполнения нижнего этажа, в угловых колоннах продольные усилия превышают значения, получаемые при исследовании каркаса без учета влияния стенового заполнения на его пространственную работу. В угловых колоннах, внутренние продольные усилия увеличиваются на 27,07%. Во внутренних и наружных не угловых колоннах, продольные усилия снижаются на 23,45% (рис. 10).

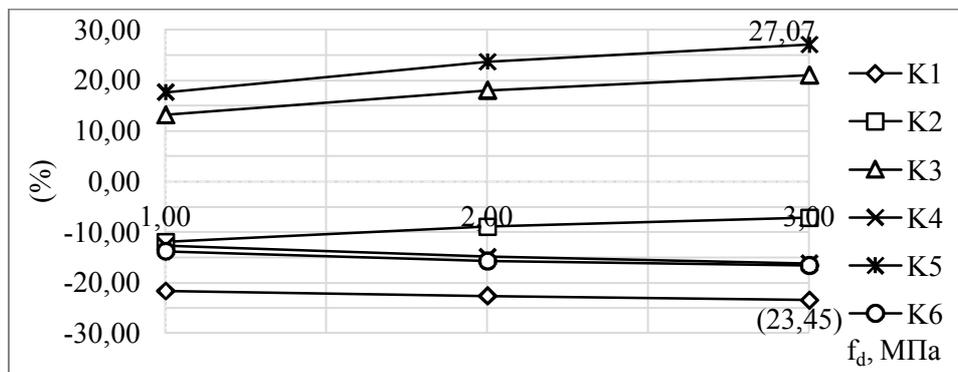


Рис. 10. Диаграмма уменьшений и увеличений (в процентах) продольных внутренних усилий в колоннах при выходе из строя стен нижнего этажа

Также результаты исследований показывают, что в монолитных каркасных зданиях кирпичные стены заполнения передают на фундамент значительную долю продольных вертикальных усилий (рис. 11).

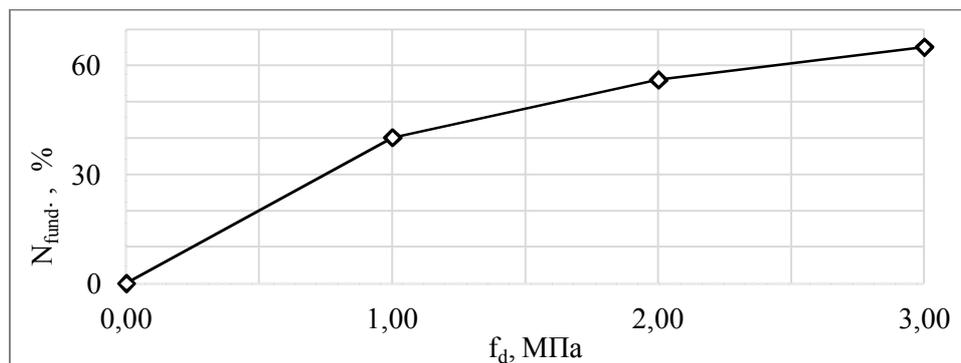


Рис. 11. Зависимость передаваемых на фундамент стенами заполнения продольных усилий от расчетной прочности кладки заполнения на сжатие

Выводы. По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- кирпичные стены заполнения влияют на пространственную работу монолитных каркасных зданий независимо от величины горизонтальных воздействий;
- кирпичные стены перераспределяют внутренние усилия в колоннах и ригелях;
- выход из строя стен заполнения нижнего этажа приводит к перегрузке угловых колонн и разгрузке остальных (не угловых) колонн, увеличению внутренних растягивающих усилий и изгибающих моментов в ригелях первого этажа;
- уменьшение продольных усилий в колоннах зависит от прочности кирпичной кладки и места расположения колонны в плане и по высоте здания;

■ кирпичные стены заполнения передают на фундамент существенную долю вертикальных усилий.

Заключение

При проектировании и расчете монолитных каркасных зданий с кирпичными стенами заполнения следует учитывать особенность работы железобетонных стержневых элементов для армирования сечений железобетонных колонн и ригелей.

Л и т е р а т у р а

1. *Авада Х.М.Х.* Железобетонные каркасные здания с включением заполнений (эксперимент, расчет, проектирование): Дис. ... д-ра наук, Москва. – 1996. – 488с.
2. *Борцов В.О.* Особенности работы железобетонных колонн в зданиях со скрытым каркасом: Автореф. дис. ... канд. тех. наук, Самара. – 1999. – 21с.
3. *Васильев М.В.* Численное моделирование каркасно-каменных панелей// Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь. – 2010. – Вып. 33–34. – С. 57–64.
4. *Деркач В.Н., Орлович Р.Б.* Несущая способность каменного заполнения каркасных зданий // Строительство и реконструкция. – 2011. – №3 (35). – С. 3–8.
5. *СП 52-103-2007.* Монолитные железобетонные конструкции зданий. Москва – 2007. – 22с.
6. *Агапов В.П.* Метод конечных элементов в статике, динамике и устойчивости конструкций. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Ассоциация строительных вузов, 2004. – 248 с.
7. *Перельмутер А.В., Сливкер В.И.* Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 600 с.

References

1. *Avada, H.M.H.* (1996). Reinforced concrete frame buildings with wall' fillings (experiment, calculation, design). Thesis for the degree of doctorate of science, Moscow, 488 p.
2. *Bortsov, V.O.* (1999). Features of the concrete columns in buildings with hidden frame. Synopsis of thesis for scientific degree of candidate of technical sciences, Samara, 21p.
3. *Vasilief, M.V.* (2010). Numerical modeling of skeleton stone panels, *Construction and Technogenic Safety*, Simferopol, Iss. 33– 34, p. 57– 64.
4. *Derkach, V.N.* (2011). The bearing capacity of the stone filling frame buildings, *Construction and Reconstruction*, №3(35), p. 3–8.
5. *SP 52-103-2007. Monolithic Reinforced Concrete Structures Buildings*, Moscow, 2007, 22 p.
6. *Agapov, V.P.* (2004). *The Finite Element Method in Statics, Dynamics and Stability of Structures*, 2nd ed. and ext., Moscow: Izd-vo ASV, 248 p.
7. *Perelmuter, A.V., Slivker, V.I.* (2007). *Computational Models of Structures and the Possibility of their Analysis*, Moscow: DMK Press, 600 p.

INFLUENCE OF BRICK WALLS FROM LOCAL-MATERIALS ON THE WORK OF LINEAR ELEMENTS IN MONOLITHIC FRAME BUILDINGS IN REPUBLIC OF BURUNDI

Mikerego Emmanuel, A.S. Markovich, Yu.K. Basov
Peoples' Friendship University of Russia.
Ordzhonikidze str.3, Moscow, Russia, 115419

The article presents the results of numerical research on the work of columns and beams in monolithic frame building where the fillings are the brick walls from local-materials in Republic of Burundi. A comparison of the longitudinal forces arising in linear elements from the combined action of vertical and wind loads is fulfilled. The distribution of forces in the frame in case of failure of brick walls in the ground floor is studied. In addition, the quantitative assessment of the internal longitudinal forces transmitted to the foundation by the brick walls is given.

KEY WORDS: frame building, brick' walls, columns, beams, longitudinal internal forces.