

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАМЕННОГО ЗАПОЛНЕНИЯ НА КАРКАС ЗДАНИЯ ИЗ КЕРАМЗИТОБЕТОНА

Н.И. Кулаков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> инженер, отраслевая лаборатория «Научно-исследовательский центр инновация в строительстве, НИЧ», УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, ул. Московская, 267; nikula.by@gmail.com.

**АННОТАЦИЯ.** В современном строительстве при проектировании жилых домов каркасного типа требуется экономия строительных материалов и уменьшение собственного веса возводимых из них конструкций, чего можно достигнуть применением легких бетонов и прочных каменных кладок малой плотности. Одной из существенных проблем при расчете и проектировании жилых домов со стенами из каменной кладки является ее игнорирование при создании расчетных моделей в программных комплексах САПР. В данном случае кладка рассматривается как распределенная нагрузка, а несущая способность кладки не учитывается. В действительности, стены подвергаются воздействию нагрузок, особенно ветровых при высотном строительстве, что может приводить к перенапряжению кладки и образованию в ней трещин, а иногда к более тяжким последствиям.

В работе описывается создание расчетной модели жилого здания каркасного типа из керамзитобетона с учетом работы каменной кладки. Модель представляет собой часть высотного здания с 4-мя вариантами расположения колонн.

**Предмет исследования:** расчет и анализ 3D модели жилого объекта с учетом работы каменной кладки и ее влияния на каркас здания с применением современных программных комплексов.

**Цели:** анализ работы и влияния на каркас здания включения в работу каменной кладки в зависимости от конструктивных параметров.

**Материалы и методы:** метод компьютерного моделирования.

**Результаты:** рассчитаны и проанализированы различные 3D модели жилого дома, изучены принципы задания прочностных и механических характеристик каменной кладки, а также выведены изополя стен главных и касательных напряжений в узлах поверхностей при различных конструктивных решениях.

**Выводы:** по полученным изополям главных и касательных напряжений при расчете моделей с разным шагом колонн в здании можно оценить включение каменной кладки в работу каркаса, какое соотношение размеров ячейки (расстояния между колоннами к высоте этажа) наиболее оптимально, а также уточнение величины «сцепления» каменного заполнения и каркаса при задании поверхностей как стенового заполнения в программных комплексах.

## ВВЕДЕНИЕ

В многоэтажных каркасных зданиях на уровне каждого этажа все чаще заполнением наружных стен выступают каменные материалы. В кладке под действием одной из определяющих нагрузок – собственным весом заполнения и облицовки высотой всего в 1 этаж вызывается сжатие. Другой нагрузкой,

вызывающей напряжения в каменном заполнении каркасных стен, является горизонтальная ветровая нагрузка. Прежде всего отметим, что ветер заставляет работать кладку из плоскости стен.

Смоделируем часть высотного дома (выделим 3 этажа) с каркасом из керамзитобетона и определенным образом разместим несущие колонны вдоль длинной стороны здания с шагом, кратным высоте этажа (см. рисунок 1).

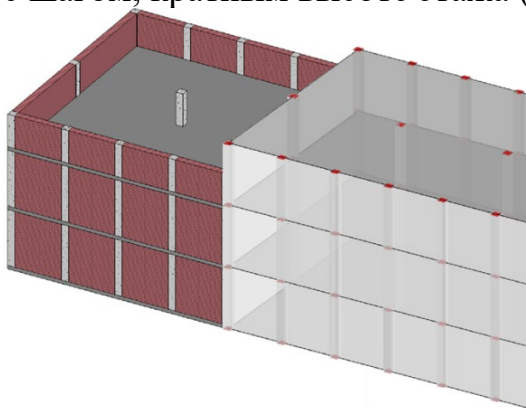


Рис. 1. Пример совмещенной аналитической и расчетной модели

В данном случае получаем 4 варианта соотношения шага к высоте этажа – 1:0.5, 1:1, 1:2 и 1:3 (см. рисунок 2).

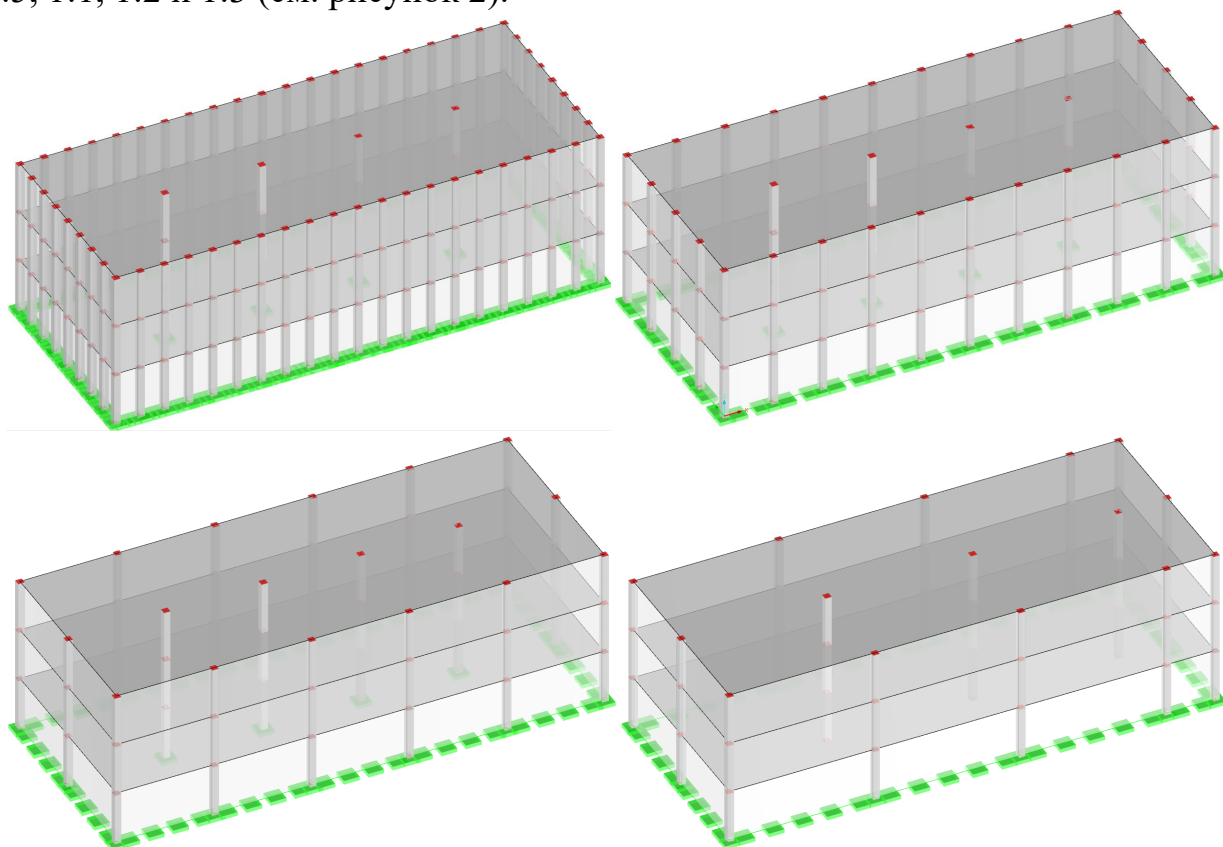




Рис. 2. Расчетные модели с разным шагом колонн (1.5 м, 3 м, 6 м, 9 м)

Высоту этажа (пол-пол) принимаем равной 3.30 м. Толщина перекрытий составляет 200 мм. Толщину кладки принимаем по ширине каменных блоков 380 мм. В расчетной модели пренебрегаем смещением центральных осей стен и колонн ввиду его незначительности.

Класс керамзитобетона принят равным LC 30/33. Механические характеристики керамзитобетона и керамического камня представлены ниже в таблице 1. Расчет и анализ проводится для здания с каркасом из керамзитобетона, как более легкого и такого же прочного по сравнению с тяжелым бетоном.

Табл. 1. Характеристики применяемого керамзитобетона и керамокамня

	Показатель	Значение
	Легкий бетон LC 30/33	
	Модуль упругости E, МПа	17000
	Модуль сдвига G, МПа	7080
	Коэффициент Пуассона	0.20
	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	1750
	Коэфф. темп. расширения	0.000010
	Поризованный керамокамень	
	Модуль упругости E, МПа	8500
	Модуль сдвига G, МПа	3456
	Коэффициент Пуассона	0.23
	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	900
	Коэфф. темп. расширения	0.000005

Основными нагрузками в модели являются собственный вес каркаса и вес каменных стен, функциональная нагрузка 150 кг/м<sup>2</sup>, ветровая и снеговая нагрузка. Снег и ветер рассчитываем для местности г. Минска, причем ветровое давление прикладываем по расчету для 7-9 этажа. Все нормативные нагрузки дополнительно умножаем на коэффициенты безопасности согласно строительным нормам Республики Беларусь. Далее составляем несколько сочетаний в зависимости от направления ветра с умножением на коэффициенты сочетаний согласно нормам.

При создании поверхностей наружных стен между колоннами нужно учитывать жесткость соединения. Можно создать жесткое соединение или шарнирное, тем не менее, в действительности соединение является полужестким, которое также можно задать численно в программе. Для сравнения 4 схем в данном случае ограничимся жестким соединением и покажем разницу в работе на эпюрах главных и касательных напряжений.

Целью данной работы является анализ влияния на каркас каменной кладки и его сравнение в разных расчетных моделях, изучение корректного задания прочностных и механических характеристик кладки в программных комплексах.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Условия работы кладки в стенах каркасных зданий рассматривает в своей книге С. Поляков, говоря о том, что наружные стены могут работать из плоскости стен при приложении горизонтального ветрового давления. В этом случае работа заполнения может быть уподоблена работе сплошной или с проемами пластинки, опертой по четырем сторонам, с размерами, равными высоте этажа и расстоянию между смежными колоннами каркаса. Тем не менее, когда заполнение по каким-либо причинам имеет значительную ширину, например в отапливаемых зданиях, напряжения, возникающие в кладке при

работе из плоскости, незначительны и, также как и напряжения от собственного веса, не вызывают опасения в прочности кладки [1].

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Методы – метод компьютерного моделирования в программных комплексах САПР.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

После расчета всех моделей по одному из сочетаний нагрузок с присутствием одного из двух вариантов действия ветра, наблюдаем следующие эпюры.

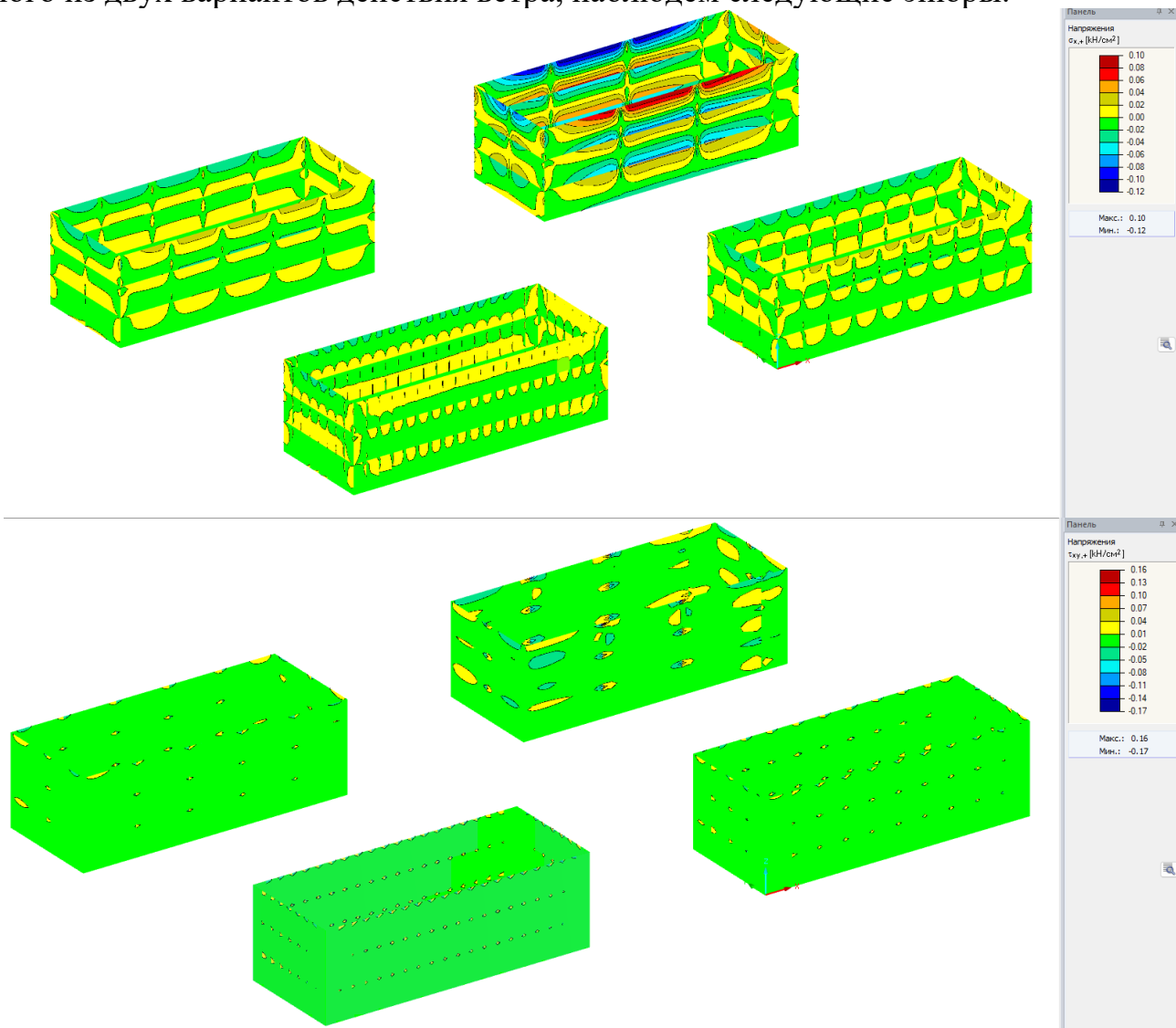


Рис. 3. Результаты по главным напряжениям всех моделей зданий

Аналогичным образом, в дальнейшем можно провести расчеты при шарнирном и полужестком соединении.

### **ВЫВОДЫ**

По полученным эпюрам главных напряжений для схемы при жестком соединении стен можно оценить включение каменной кладки в работу каркаса. Полностью жесткое, как и шарнирное, соединение стен с каркасом недопустимо, поэтому в дальнейшем для определения жесткостных характеристик при задании поверхностей в программных комплексах требуется произвести расчеты для схем с шарнирным соединением в качестве сравнения.

С конструктивной точки зрения, при конструировании железобетонных элементов каркаса (колонны и перекрытия) схемы 1 и 4 (шаг колонн 1.5 м и 9 м) нецелесообразны и будут иметь неоправданно большой перерасход армирования за счет количества элементов (схема с шагом колонн 1.5 м) или больших пролетов между колоннами (схема с шагом 9 м). Поэтому данные схемы приводятся только для сравнения результатов в самой кладке. Наиболее оптимальный вариант, как для кадки, так и для железобетонного каркаса это здания с шагом колонн от 3 до 6 м.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Поляков С.В. Каменная кладка в каркасных зданиях (Исследование прочности и жесткости каменного заполнения) / С.В. Поляков. – Москва, ЦНИПС, 1956. – 189 с.
2. Измайлов Ю.В. Сейсмостойкость каркасно-каменных зданий / Ю.В. Измайлов. – Кишинев, Издательство «Картя Молдовеняскэ», 1975. – 311 с.
3. Воздействия на строительные конструкции, здания и сооружения / В.В. Тур, А.Б. Шурин [и др.]; под ред. В.В. Тура, А.Б. Шурина. – Брест : Издательство БрГТУ, 2022. – 102 с.
4. СН 2.01.04-2025. Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Снеговые нагрузки / Введ. 03.02.2025. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2025. – 13 с.
5. СП 5.03.01-2020. Бетонные и железобетонные конструкции / Введ. 16.09.2020. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2022. – 237 с.