

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КАРКАСНО-КАМЕННЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА

Деркач¹ В. Н., Кривицкий² П. В.

*¹ Д. т. н., профессор, профессор кафедры строительных конструкций
УО «Брестский государственный технический университет»
Брест, Беларусь, v-derkatch@yandex.by*

*² К. т. н., доцент, заведующий отраслевой лаборатории
«Научно-исследовательский центр инноваций в строительстве»
УО «Брестский государственный технический университет»
Брест, Беларусь, krivitskiyp@mail.ru*

Первый практический опыт применения каркасно-каменных зданий или каркасных зданий с опережающим возведением каменного заполнения (англ. «confined masonry buildings») относится еще к 1908 году. Данное конструктивное решение применялось при восстановлении зданий, разрушенных в результате сильнейшего землетрясения в Месине (Италия). Каркасно-каменные здания представляют собой конструктивную систему, состоящую из несущих наружных и внутренних стен из каменного заполнения (кладка стен в пределах этажа опережает возведение каркаса) и обрамляющих их вертикальных (колонн, англ. «tie-columns»), горизонтальных (плит и балок, англ. «tie-beams») элементов железобетонного каркаса. Такой вариант возведения зданий позволяет получить жесткое соединение элементов заполнения с несущими конструкциями каркасами, тем самым повышает сопротивление каменного заполнения изгибу и сдвигающим усилиям, возникающим в плоскости стен и перпендикулярно их поверхности. Кроме этого, включение в работу стен снижает внутренние усилия в колоннах каркаса, уменьшая материалоемкость конструкций, повышается пространственная жесткость здания в целом и сопротивление его динамическим воздействиям.

В мировой практике строительства такой тип зданий получил широкое распространение на территориях с высокой сейсмоактивностью. Строительство зданий опережающей кладкой каменного стенового заполнения применяется в ряде Европейских стран (Хорватия, Румыния, Польша, Италия, Северная Македония, Словения и Сербия), а также в Латинской Америке (Колумбия, Чили, Перу, Мексика, Аргентина и Венесуэла), на Ближнем и Дальнем Востоке (Алжир, Иран, Марокко и Китай), в Южной Азии (Индия и Индонезия). Первые экспериментально-теоретические исследования каркасно-каменных зданий и последующее их практическое внедрение в вышеуказанных странах проходило по результатам анализа последствий разрушительных землетрясений (технического состояния зданий), состоявшихся в период с 1930 по 1974 годы. Так, например, во время нескольких сильных землетрясений, таких как землетрясение 2007 года в Писко (Чили), 2010 года в Мауле (Чили) и в Гаити были зафиксированы единичные факты обрушения каркасно-каменных зданий, а количество человеческих жертв и общий объем разрушений были незначительными, учитывая интенсивность землетрясений.

В СССР фундаментальными экспериментально-теоретическими исследованиями напряженно-деформированного состояния каменного заполнения в каркасно-каменных зданиях, а также исследованиями, посвященными изучению влияния заполнения в общей работе стенового ограждения в гражданских каркасных зданиях при статических и динамических воздействиях, занимались профессора Л. И. Онищик, С. В. Поляков, Ю. В. Измайлов, Я. М. Айзенберг, Э. Е. Хачиян и др. В постсоветский период отдельные работы по данному направлению выполнялись Э. Н. Кодышем, Н. Н. Трекиным, Х. М. Авада и были направлены на уточнения совместной работы каменного заполнения и конструкций железобетонного каркаса с применением технологий конечно-элементного численного моделирования. В Республике Беларусь следует отметить научно-практический вклад профессора В. Н. Деркача в исследования данной проблемы.

В большинстве действующих применимых для проектирования каркасно-каменных стен нормативно-технических стандартах INPRES-CIRSOC 103, Part III (Аргентина), NCh 2123.Of97 (Чили), NTC-M (Мексика), NT E.070 (Перу), GB 50003-2011 (Китай), EN 1998-1:2004 и EN 1996-1-1:2005, CSA S304.1-04 (Канада), FEMA 306 и FEMA 274 (США) отсутствуют конкретные указания по расчету их сопротивления внешним силовым воздействиям. В перечисленных нормах и стандартах представлены общие указания по проектированию: требования по расположению раскрепляющих элементов (вертикальных и горизонтальных несущих конструкций железобетонного каркаса), их геометрическим размерам и армированию, требования по размещению конструктивного армирования и соединительных элементов на участках совместной работы (зоне контакта) каменной кладки и колонн каркаса, в зонах усиления проемов.

Согласно Указу Президента Республики Беларусь от 07.05.2020 №156 «О приоритетных направлениях научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы», одним из приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы является «Энергетика, строительство, экология и рациональное природопользование», где отмечаются «энергетическая эффективность, энергосбережение» и «новые строительные материалы и конструкции». Современный строительный рынок гражданского домостроения требует применение строительных материалов с высокими энергоэффективными показателями при минимальной себестоимости для получения технико-экономически целесообразных конструктивных систем.

Анализ экспериментально-теоретических исследований зарубежных и отечественных авторов показывает, что определяющим фактором в сопротивлении каркасно-каменных зданий силовым воздействиям является вид применяемого материала стенового заполнения, а именно его физико-механические характеристики. Еще С. В. Поляков в своих работах отмечал необходимость выполнения экспериментально-теоретических исследований с применением эффективных материалов стенового заполнения.

Согласно СТБ 1117-98 «Блоки из ячеистых бетонов стеновые. Технические условия» и СТБ EN 771-3-2014 «Требования к изделиям для каменной кладки. Часть 3. Изделия из бетонов на плотных и пористых заполнителях», при использовании эффективных каменных материалов допускается возводить здания с несущими стенами высотой до 5 этажей (общей высотой до 15 м). Применение конструкционного керамзитобетона при возведении вертикальных и горизонтальных несущих элементов каркаса здания с включением его в совместную работу со стеновым заполнением позволяет получать здания высотой до 7–8 этажей. При этом решается ряд других вопросов:

- уменьшается собственный вес несущих конструкций, что обеспечивает снижение нагрузок на нижерасположенные конструкции и на фундаменты, снижая тем самым материалоемкость конструкций и здания в целом;
- повышается устойчивость к динамическим нагрузкам благодаря меньшему модулю упругости бетона, по сравнению с тяжелыми бетонами (бетонами нормального веса), повышенной гибкости и более быстрому затуханию колебаний в конструкциях;
- уменьшается теплопроводность и повышается морозостойкость бетона (склонность к образованию конденсата на поверхности стен и конструкций);
- повышается коррозионная стойкость арматуры в бетоне за счет медленного распространения процесса карбонизации;
- повышенная огнестойкость конструкций за счет более надежной защиты арматуры от температурных деформаций при пониженной теплопроводности бетона.

Исследований по совместной работе каркаса здания и каменного заполнения из материалов со схожими с керамзитобетоном физико-механическими характеристиками в мировой практике гражданского строительства не проводились, что дает возможность с большой вероятностью утверждать, что данное направление является актуальным и требует дальнейшего исследования.