

DOI: 10.12737/article_5b6d5847c3d153.97115322

Донченко О.М., канд. техн. наук, проф.,
Аль-Хашими Омар Исмаел, аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕОРИИ СОПРОТИВЛЕНИЯ И МЕТОДОВ РАСЧЕТА КЛАДКИ ИЗ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ КАМНЕЙ ПРИ СЖАТИИ

Благодаря своим хорошим физико-механическим свойствам искусственные бетонные камни высотой 200–300 мм сейчас широко применяются при строительстве наружных и внутренних стен мало- и многоэтажных гражданских зданий, существенно потеснив традиционный керамический и силикатный кирпич. Из пустотелых керамзитобетонных и полнотелых ячеистобетонных камней автоклавного изготовления возводят более 65 % стен таких зданий. Учитывая низкую теплопроводность, их применяют для устройства однослойных наружных несущих стен малоэтажных и самонесущих стен многоэтажных и высотных зданий, опирающихся на перекрытия. Более широкое применение новых наиболее эффективных ячеистобетонных материалов автоклавного изготовления, являющихся наиболее действенными для снижения материалоемкости нашего строительства, сдерживается отсутствием достоверной и физически обоснованной теории сопротивления и удовлетворительной нормативной методики расчета их кладки.

Ключевые слова: сопротивление сжатию кладки, центральное сжатие, прочность при внецентренном сжатии, изгибающий момент, кладка из ячеистобетонных камней.

Рекомендуемые нормами [1] и отдельными стандартами [2, 3] применяемые на практике методы ее расчета разрознены по форме и существу, противоречивы и несовершенны. Даже по самому главному фактору – расчетному сопротивлению кладки при сжатии R в официальных документах [1, 2, 3] единства их количественной оценки нет.

Так, если для камней различной прочности на сжатие классов от В 1,5 до В 15 на растворах марок от М 25 до М 100 расчетное сопротивление кладки R по Стандартам [2, 3] в среднем на 15–20 % больше, чем по нормам [1], то по сравнению с результатами, получаемыми по известной зависимости проф. Л.И. Онищика [4], на которой основаны нормы [1], такие превышения являются более значительными (50–75 %).

Существенное снижение расчетных сопротивлений кладки R из таких камней по зависимости проф. Л.И. Онищика [4].

$$R^H = AR_1 \left(1 - \frac{a}{b + R_2 / 2R_1} \right) \cdot \eta, \quad (1)$$

где R_1 и R_2 – сопротивление сжатию, соответственно, камня и раствора, а коэффициент конструктивного качества камня определяется по еще одной эмпирической зависимости:

$$A = \frac{100 + R_1}{100m + nR_1}, \quad (2)$$

можно объяснить неточностью большого количества эмпирических коэффициентов (a ; b ; η ; m и n), поскольку в годы ее создания массового производства ячеистобетонных камней автоклавного изготовления не было, но занижение расчет-

ных сопротивлений кладки по нормативной методике [1] по сравнению с данными стандартов [2, 3] объяснить трудно.

Если по нормативной методике [1] центрально сжатая кладка в действительности есть и ее расчеты осуществляются по простой и хороша знакомой для пользователей, короткой формуле:

$$N \leq m_g \cdot \varphi \cdot A \cdot R, \quad (3)$$

где m_g – коэффициент, учитывающий влияние нагрузки N_g и определяемый по зависимости

$$m_g = 1 - \eta \frac{N_g}{N_n} \left(1 + \frac{1.2 e_{0g}}{h} \right), \quad (4)$$

при $e_{0g} = 0$, а индексы φ и A обозначают, соответственно, коэффициент продольного изгиба и площадь поперечного сечения элемента, то по стандартам [2, 3] такого нагружения и деформирования кладки из ячеистобетонных камней нет и она всегда работает в условиях внецентренного сжатия.

При этом, расчетные формулы стандартов [2, 3] кардинально и по форме и по существу отличаются от расчетной зависимости норм [1] для внецентренно сжатой кладки. Так, по стандарту [2] прочность кладки из ячеистобетонных камней при внецентренном сжатии от вертикальных нагрузок и изгибающих моментов определяется по формуле:

$$N \leq R \cdot \gamma_{b2} \cdot \gamma_{b9} \cdot \gamma_{b11} \cdot \gamma_c \cdot m_g \cdot \varphi_1 \cdot b \cdot h \cdot \left(1 - \frac{2e_0}{h} \right), \quad (5)$$

Где индексы обозначают, γ_{b2} – коэф. условий работы, учитывающий длительность дей-

ствия нагрузки и равный 0,85; γ_{b9} – коэф. условий работы для неармированных конструкций и равный 0,9; γ_{b11} – коэф. условий работы, учитывающий влажность камней более 25 % и равный 0,85; γ_c – масштабный коэф. для столбов и простенков площадью сечения менее 0,3 м² за вычетом длины площадок для опирания перемычек и равный 0,8; b – ширина простенка (за вычетом длины площадок для опирания перемычек) и h – толщина стены.

В зависимости (5) коэффициент продольного изгиба элемента при внецентренном сжатии определяется по формуле:

$$\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_s}{2}, \quad (6)$$

где φ – такой же коэф. для всего сечения в плоскости действия изгиба; φ_s – аналогичный коэф. но только для сжатой части этого сечения; e_0 – сумма случайного (0,02 м) и моментного (M/N_n) эксцентриситетов, где M – изгибающий момент от перекрытия и ветровой нагрузки, а N – сумма всех вертикальных нагрузок.

По Стандарту [3] такая формула для определения прочности кладки при внецентренном сжатии содержит такие же многочисленные эмпирические коэффициенты и отличается от аналогичной зависимости Стандарта [2] только заменой простого множителя в скобках на другой множитель в сложные формы с отрицательным показателем степени

$$N = R \cdot \gamma_{b2} \cdot \gamma_{b9} \cdot \gamma_{b11} \cdot \gamma_c \cdot m_g \cdot \varphi_1 \cdot b \cdot h \cdot \left[12 \left(\frac{b}{h} \right)^2 + \frac{6e_0}{h} + 1 \right]^{-0,5}, \quad (7)$$

Однако, по существу зависимость (7) существенно отличается от расчетных формул норм [1] и Стандарта [2], поскольку высота сжатой части поперечного сечения здесь равняется $h_c = 1,5(h - 2e_0)$. Но это небольшое изменение коренным образом изменяет физическую сторону рассматриваемого явления. Если нормативная методика [1] и Стандарт [2] в сжатой зоне принимают прямоугольную эпюру сжатия и наделяют ячеистый бетон свойствами упруго-пластичности, то Стандарт [3] уже рассматривает другой материал, а именно упругий с треугольной эпюрой сжатия в предельном состоянии.

Стандарты [2, 3] вообще не учитывают влияние краевого эффекта на повышение сопротивления материала при внецентренном сжатии, которое в нормативной методике [1] отражается множителем ω , повышающим несущую способность элемента до 45 %.

$$N \leq m_g \cdot \varphi_1 \cdot R \cdot A_c \cdot \omega, \quad (8)$$

Но в отличие от нормативной методики [1], Стандарты [2, 3] дают расчетные формулы со-

противления внецентренному сжатию армированной кладки из ячеистобетонных камней путем замены расчетного сопротивления неармированной кладки R на R_{sk} , определяемого по зависимости:

$$R_{sk} = R + \frac{2\mu_s R_{sw}}{100}, \quad (9)$$

где $\mu_s = \frac{V_s}{V_k} * 100$ – процент объемного армирования, а V_s и V_k – соответственно, объемы арматурных сеток и кладки. При этом максимальное значение R_{sk} ограничивается величиной 1,24R, а процент косвенного армирования – значением 0,3 %. Этот подход Стандартов [2,3] является чисто эмпирическим в связи отсутствием соответствующего теоретического решения, но и отличается от нормативного [1] отсутствием учета влияния величины относительного эксцентриситета при назначении сопротивления R_{sk} , который присущ нормативной методике [1] при расчете кладки из камней высотой до 150 мм при внецентренном сжатии.

Такой диссонанс в теории работы и методиках расчета, действующих официальных нормативных материалах, вносит неразбериху в дальнейшее исследование, проектирование и применение конструкций из эффективного ячеистого бетона. Да и в отличие от СНиП и нормативной методики [1] Стандарты [2, 3] обозначают элементы из ячеистого бетона высотой 200–300 мм не камнями, а блоками.

Анализируя аналитические решения опубликованных в последнее время работ других исследований [5, 6, 7], где изучали сопротивление и работу неармированных и армированных кладок из ячеистобетонных камней при сжатии, следует отметить, что в них не поднимались вопросы теоретического решения сопротивления кладок из таких материалов, а лишь осуществлялись попытки нахождения других уточняющих эмпирических коэффициентов для общеизвестных формул проф. Л.П. Онищика [4] и нормативной методики [1]. Однако добиться более общих и более точных коэффициентов для этих решений пока не удалось.

На основании вышеизложенного необходимо отметить, что состояние теории сопротивления и методики расчета кладки из эффективных ячеистобетонных элементов при сжатии оставляет желать много лучшего и возможно лишь на основании других физически обоснованных теоретических решений и предпосылок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 11-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования». М., Стройиздат, 1983, 61 с.

2. СТО 501-52-01-2007 Стандарт организации. Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации. М., Ассоциация Строителей России, 2007, 41 с.

3. СТО НААГЗ.1-2013 Стандарт организации. Конструкции с применением автоклавного газобетона в строительстве зданий и сооружений. Правила проектирования и строительства, Национальная Ассоциация производителей автоклавного газобетона, 2013, 171 с.

4. Онищик Л.И. Каменные конструкции. Госстройиздат, М., 1939, 208 с.

5. Гойкалов А.Н. Прочность и деформативность сжатых элементов кладки из мелких ячеистобетонных блоков с косвенным армированием. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук, Воронеж, 2005, С. 4–12.

6. Долев А.А. Эффективные клеевые композиции для омоноличивания стеновых блоков». Автореферат диссертации на соиска е ученой степени канд. техн. наук. М., 2003. С. 5–13.

7. Дегтев И.А., Донченко О.М., Тарасенков В.И. Прочность и деформативность каменной кладки при силовом сжатии. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015, 174 с.

Информация об авторах

Донченко Олег Михайлович, кандидат технических наук, профессор кафедры строительства и городского хозяйства.

E-mail: saltanova.ev@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Омар Исмаел Аль-Хашими, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

E-mail: OOMMAARR2011@yahoo.com

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в марте 2018 г.

© Донченко О.М., Аль-Хашими Омар Исмаел, 2018

O.M. Donchenko, Al-Hashimi Omar Ismael

PRESENT STATE OF THE RESISTANCE THEORY AND METHODS OF CALCULATION MASONRY OF AERATED STONES WHILE COMPRESSION

Due to their good physic- mechanical properties, artificial concrete stones of 200–300 mm in height are now widely used in the construction of exterior and interior walls of small and multi- storey civil buildings, substantially replacing traditional ceramic and silicate bricks. Of hollow haydite-concrete and full-bodied aerated concrete stones of autoclave manufacture erect more than 65% of the walls of such buildings. Given the low thermal conductivity, they are used for the construction of single-layer outer bearing walls of low-rise and self-supporting walls of multi-storey and high-rise buildings, supported by ceilings. The wider use of new most efficient cellular concrete materials of autoclave manufacturing, which are the most effective for reducing the material consumption of our construction, is hampered by the lack of a reliable and physically based resistance theory and a satisfactory normative methodology for calculating their masonry.

Keywords: *compression resistance of masonry, central compression, strength at eccentric compression, bending moment, masonry of cellular stone.*

REFERENCES

1. SNiP 11-22-81 “Stone and reinforced structures. Norms of designing”. М., Stroiizdat, 1983, 61 p.

2. СТО 501-52-01-2007 The standard of the organization. Designing and erection of enclosing structures of residential and public buildings with the use of cellular concrete in the Russian Federation. М., Association of Builders of Russia, 2007, 41 p.

3. СТО НААГЗ.1-2013 The standard of the organization. Designs using autoclaved aerated concrete in the construction of buildings and structures.

Design and Construction Rules, National Association of Autoclaved Aerated Concrete Manufacturers, 2013, 171 p.

4. Onishchik L.I. Stone constructions. Gosstroyizdat, М., 1939, 208 p.

5. Gojkalov A.N. Strength and deformability of compressed masonry elements from small cellular concrete blocks with indirect reinforcement. The dissertation author's abstract on competition of a scientific degree kand. tech. Sciences, Voronezh, 2005, pp. 4–12.

6. Dolev A.A. Effective glue compositions for monolithic wall blocks. "The dissertation author's

abstract on the competition of a scientific degree
kand. tech. sciences. M., 2003, pp. 5–13.

7. Degtev I.A., Donchenko O.M., Tarasenkov
V.I. Strength and deformability of masonry under
force compression. Belgorod: BSTU, 2015, 174 p.

Information about the author

Oleg M. Donchenko, PhD, Professor.

E-mail: saltanova.ev@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, Str. Kostyukova 46.

Omar Ismael Al-Hashimi, Postgraduate student.

E-mail: OOMMAARR2011@yahoo.com

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, Str. Kostyukova 46.

Received in March 2018

Для цитирования:

Донченко О.М., Аль-Хашими Омар Исмаел Современное состояние теории сопротивления и методов расчета кладки из ячеистобетонных камней при сжатии // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №8. С. 44–47. DOI: 10.12737/article_5b6d5847c3d153.97115322

For citation:

Donchenko O.M., Al-Hashimi Omar Ismael. Present state of the resistance theory and methods of calculation masonry of aerated stones while compression. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 8, pp. 44–47. DOI: 10.12737/article_5b6d5847c3d153.97115322