

**К ОЦЕНКЕ ТОЧНОСТИ МЕТОДИК РАСЧЕТА
СОПРОТИВЛЕНИЯ ОСЕВОМУ МЕСТНОМУ СЖАТИЮ
ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ КОНСТРУКЦИОННОГО
КЕРАМЗИТОБЕТОНА**

БОНДАРЬ В. В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Введение. Перспективы роста объемов строительства в странах Таможенного союза, Евросоюза, а также стран дальнего зарубежья, постоянно возрастающая конкуренция на рынке строительных услуг и материалов, предъявляют новые требования по дальнейшему улучшению не только прочностных и деформативных характеристик бетонных и железобетонных конструкций, но и параметров бетона и бетонных смесей, характеризующих долговечность, удобоукладываемость, плотность, эксплуатационную пригодность.

Основными направлениями технического прогресса в указанных областях можно признать следующие: облегчение веса зданий и сооружений, расширение использования предварительно напряженных железобетонных конструкций, в том числе с применением самонапрягающихся и самоуплотняющихся бетонов, повышение качества применяемых материалов, совершенствование конструкций, технологии их изготовления, организации и методов производства работ.

С учетом вышеизложенного, вопрос о применении легких бетонов и, в частности, керамзитобетона в ограждающих и несущих конструкциях, приобретает чрезвычайно важное и особое место. В то же время полное обоснование экономичности применения керамзитобетона в любых конструкциях зданий и сооружений различного функционального назначения является задачей сложной, требующей прежде всего комплексного подхода и в ряде случаев проведения трудоемких научных исследований.

Современное состояние теории расчета бетонных и железобетонных конструкций, опыт их применения нашли свое отражение в нормах проектирования бетонных и железобетонных конструкций

[0]. Указанные нормы по расчету бетонных и железобетонных конструкций, действующие в Республике Беларусь, распространяются на конструкции из бетонов со средней плотностью от 2000 до 2800 кг/м³. В связи с этим до сего времени проектирование конструкций из легкого бетона необходимо выполнять по нормам бывшего СССР [2], либо по недавно введенным на территории Республики Беларусь Европейским нормам [3].

Тем не менее, целый ряд вопросов, касающихся расчета и конструирования элементов из легкого бетона, нуждается в дальнейших исследованиях. Одним из таких вопросов является сопротивление местному сжатию неармированных и армированных керамзитобетонных элементов в сложных напряженных состояниях, например, в условиях местного сжатия. Решение этого вопроса позволит с большей надежностью и более экономично проектировать узлы сопряжения легкобетонных конструкций каркаса зданий, а также узлы сопряжения элементов каркаса зданий и сооружений из тяжелого бетона с ограждающими и несущими конструкциями из легкого бетона.

Краткий обзор методик расчета сопротивления местному сжатию элементов из керамзитобетона.

В содержащихся в нормах [2, 3, 4, 5, 6] методиках расчета сопротивления местному сжатию элементов из легкого бетона используются эмпирические зависимости, по сути лишённые физического смысла. В результате этого, как показано в публикациях [7, 8, 9], происходит существенное, до 23%, занижение сопротивления местному сжатию керамзитобетонных элементов. Кроме того, обнаруживается еще и низкая точность теоретических функций сопротивления, содержащихся в указанных нормах, что выражается в неприемлемо высоких значениях коэффициента вариации [9].

В различных исследованиях по результатам проведенных экспериментов [10-14] предложены отличающиеся от нормативных методики расчета сопротивления местному сжатию элементов из легкого бетона.

Как указано в публикации [9], выборка доступных экспериментальных данных по сопротивлению элементов из легкого бетона (неармированных) при осевом местном сжатии до недавнего времени (до проведения исследований [14]) составляла менее 100 образцов. При этом количество образцов из керамзитобетона, подвергавшихся испытаниям местному сжатию (без дополнительного од-

ноосного или двухосного обжатия, либо применения дополнительного армирования в виде рамок из арматуры, как это было сделано в работе [11]) составляло менее 30 штук (работы [10] и [13]).

Данная публикация является логическим продолжением исследования [7-9, 14] и направлена на решение следующих вопросов:

1. Проверка применимости и оценка точности методик расчета, в работах [10, 11, 13] для условий концентричного местного сжатия, на фоне экспериментальных данных исследования [14];

2. Оценка точности предложенной в исследованиях [14] методики расчета на фоне экспериментальных данных исследований [14] для условий концентричного местного сжатия;

Анализ результатов проверки применимости и оценки точности различных методик расчета сопротивления керамзитобетонных элементов при местном сжатии на фоне экспериментальных данных различных исследований. Анализ результатов представлен ниже в порядке рассмотрения перечисленных выше вопросов.

1. Основные результаты расчета (поправочные коэффициенты b к среднему значению и соответствующие им коэффициенты вариации V_{δ} вектора ошибок, вычисленные согласно приложению D норм [15]), представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1 точность предложенной в работе [14] методики расчета вполне удовлетворительная.

В тоже время предложенная авторами работы [13] методика расчетов несколько завышает сопротивление керамзитобетонных элементов при местном сжатии при неприемлемо высоком значении коэффициента вариации V_{δ} вектора ошибок (таблица 1).

Методики расчета, предложенные в работе [11] и, в особенности, в работе [10], также завышают сопротивление керамзитобетонных элементов при местном сжатии при приемлемых значениях коэффициента вариации V_{δ} вектора ошибок (таблица 1).

Таблица 1

Основные результаты расчетов по предложенным в работах [10, 11, 13] методикам расчета для условий концентричного местного сжатия на фоне экспериментальных данных исследования [14]

Автор методики расчета	Поправочный коэффициент b к среднему значению	Коэффициент вариации V_{δ} вектора ошибок
Г.Д. Цискрели и др. [10]	0,857	0,149
С.Ю. Цейтлин, Д.И. Яровский [11]	0,973	0,184
Б.С. Соколов, И.И. Мустафин [13]	0,928	0,314
В.В. Бондарь, Рак Н.А [8, 9, 14]	0,993	0,144

2. Основные результаты расчета расчетов по предложенной в исследованиях [14] методики расчета на фоне экспериментальных данных исследований [14] для условий концентричного местного сжатия представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчетов по методике расчета [14] по экспериментальным данным исследований [10, 13] при концентричном местном сжатии

Автор исследований	Маркировка группы образцов	Отношение A_{c1} / A_{c0}	Опытные значения разрушающей нагрузки $N_{ult,obs}$ кН	Теоретические значения разрушающей нагрузки $N_{ult,cal}$, кН	$N_{ult,obs} / N_{ult,cal}$
Цискрели Г.Д., Пирадов А.Б. [10]	Z-6-100-a	2	2	212,88	1,080
	Z-6-50-a	4	125	106,74	1,171
	Z-6-30-a	6,67	78	64,11	1,217

	Z-7-100-a	2	420	391,07	1,074
	Z-7-50-a	4	197	186,52	1,056
	Z-7-30-a	6,67	104	109,75	0,948
Соколов Б.С., Мустафин И.И. [13]	M-6	3,33	62	70,82	0,875
	M-7	3,33	60	77,71	0,772
	M-8	3,33	65	70,82	0,917
	M-11	1,667	148	136,28	1,086
	M-12	1,667	146	136,28	1,071
	M-13	1,667	173	151,35	1,143
	M-14	1,667	172	136,28	1,262
	M-17	1,25	187	198,19	0,944
	M-18	1,25	187	198,19	0,944
Поправочный коэффициент b к среднему значению					1,054
Коэффициент вариации V_{δ} вектора ошибок					0,099

2. Наилучшей сходимостью опытных и расчетных значений, а также наибольшей точностью обладает методика расчета, основанная на результатах экспериментальных исследований [14] и разработанная в развитие положений норм [0]. По своей точности, как отмечено в публикациях [8, 9], предложенная методика расчета значительно превышает точность методик расчета норм [2, 3, 5]. Более того, данная методика, в большинстве случаев, по своей точности превышает точность методик расчета, предложенных другими исследователями в работах [10-13].

3. С учетом вышеизложенного, методика работы [14], разработанная для расчета сопротивления местному сжатию элементов из керамзитобетона плотностью от 1200 до 1800 кг/м³ и прочностью от 6,0 до 23 МПа может быть рекомендована для включения в отечественные ТНПА в области расчета бетонных и железобетонных конструкций. В связи с возможностью получения при использовании керамзита, изготовленного на Петриковском керамзитовом заводе ОАО «Гомельский ДСК», керамзитобетона прочностью кубов на сжатие 30 МПа и более для проверки надежности этой методики

расчета сопротивления местному сжатию необходимо проведение дополнительных экспериментальных исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01–02 с изменениями №1-5. – Введ. 01.07.03. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2003. – 132 с.

2. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования: СНиП 2.03.01-84*. – Введ. 20.08.84. – М: ЦИТП Госстроя СССР, 1989.– 80 с.

3. ТКП EN 1992-1-1-2009*. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий. – Введ. 01.01.2010. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2015. – 205 с.

4. ACI 318-14. Building Code Requirements for Reinforced Concrete. ACI 318-14 and Commentary. (318-14R). – American Concrete Institute, Farmington Hills. Mich., 2014. – 524 pp.

5. СП 63.13330.2012. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Институт ОАО НИЦ «Строительство». – М, 2013. – 152 с.

6. DIN 1045-1:2008-08. Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 1: Bemessung und Konstruktion – 148 p.

7. Рак, Н.А. Сравнение отечественных и зарубежных норм по расчету элементов из легкого бетона при местном сжатии / Н.А. Рак, В.В. Бондарь // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Респ. Беларусь: Сборник научных трудов Междунар. науч.-метод. межвузовского семинара, Могилев, 16-18 ноября 2005 г. / Белорусско-Российский университет. – Могилев, 2005 – С. 399-403.

8. Рак, Н.А. Методика расчета прочности при местном сжатии элементов из легкого бетона / Н.А. Рак, В.В. Бондарь // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки.– 2011.– №16 – С. 40-47.

9. Бондарь, В.В. Сопротивление элементов из легкого бетона при местном сжатии / В.В. Бондарь, Н.А. Рак // Современные проблемы расчета железобетонных конструкций зданий и сооружений на аварийные воздействия: сб. докладов Междунар. научной конфе-

ренности, посвященной 85-летию кафедры железобетонных и каменных конструкций и 100 летию со дня рождения Н.Н. Попова / Министерство образования и науки РФ, НИ МГСУ;. - Москва, НИ МГСУ. – 2016. – С. 62-67.

10.Цискрели, Г.Д. Прочность легкого бетона на смятие / Г.Д. Цискрели, А.Б. Пирадов, А.С. Кубанейшвили, О.М. Годрия // Бетон и железобетон. – 1970. - № 6. – С. 18-20.

11.Цейтлин, С.Ю. Прочность бетона на смятие по очень малым площадкам / С.Ю. Цейтлин, Д.И. Яровский // Бетон и железобетон. - 1992. - № 11.- С. 16-17.

12.Соколов, Б.С. Исследования керамзитобетонных элементов при местном действии нагрузки / Б.С. Соколов, И.И. Мустафин // Изв. Вузов. Строительство, 1995, №1.– С. 7–10.

13.Соколов, Б.С. Прочность керамзитобетонных элементов при действии местной нагрузки / Б.С. Соколов, И.И. Мустафин // Инженерные проблемы современного железобетона: Сб. ст.– Иваново, ИВИСИ, 1995.– С. 381–387.

14.Бондарь, В.В. Соппротивление местному сжатию элементов из конструкционного керамзитобетона / В.В. Бондарь // Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – Минск, 2017. – 160 с.

15.ТКП ЕН 1990-2011. Еврокод. Основы проектирования строительных конструкций. – Введ. 01.07.2012. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2012. – 70 с.

УДК 624.426.5

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. ОБЗОР ОПРЕДЕЛЕНИЙ И КОНЦЕПЦИЙ

ВЕРЁВКА Ф. А., НАДОЛЬСКИЙ В. В, МАРТЫНОВ Ю. С.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В статье выполнен обзор текущих положений об устойчивом развитии в строительстве. На основании анализа ряда зарубежных источников выделены основные признаки устойчивости в области строительства, а также приведены исчерпывающие определения и