



УДК 691.5

А.О. Лутай, Ю.Е. Кукина
ВКГТУ им Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА
ЦЕМЕНТНО-ШУНГИТОВОЙ КОМПОЗИЦИИ**

Промышленность строительных материалов - это комплексная отрасль, включающая ряд самостоятельных отраслей, многие из которых насчитывают в своем составе несколько производств. При этом каждая отрасль образует свой рынок, который функционирует самостоятельно, образуя в совокупности общий рынок строительных материалов.

Основной предпосылкой формирования рынка строительных материалов является существование потребностей населения в строительных материалах для строительства жилья и других, необходимых в быту построек для их периодического восстановления, ремонта, реконструкции, а также потребности народнохозяйственного комплекса в строительных материалах для строительства предприятий, офисов, производственных комплексов и ремонта жилых зданий государственного и общественного фонда. На сегодняшний день отечественная промышленность строительных материалов способна удовлетворять лишь часть потребностей строительного комплекса Казахстана, и, как следствие, существенную долю на рынке практически по всем видам строительных материалов занимает импортная продукция.

Таким образом, основными задачами строительной индустрии Казахстана являются:

- увеличение валовой добавленной стоимости в строительной индустрии;
- увеличение доли отечественного производства строительных материалов;
- увеличение производительности труда [1].

Одним из направлений является изучение влияния добавок на качество строительных материалов.

Использование добавок в цементе и бетонной смеси является в настоящее время распространенным технологическим приемом. Современные специальные цементы и бетоны невозможно получить без использования добавок, которые позволяют повысить плотность, водонепроницаемость, морозостойкость, огнеупорность, стойкость к действию агрессивных сред и другие свойства бетонов [2].

Однако при большем содержании минеральных добавок в вяжущем происходит нарушение сплошности цементной матрицы в результате непосредственного отсутствия контакта зерен вяжущего и добавки, что приводит к уменьшению прочности материала. Более того, при наполнении цементных композиций породами, имеющими развитую внутреннюю поверхность частиц, отмечается значительное изменение подвижности цементного теста, увеличение его водопотребности, что также сказывается на снижении прочности цементного камня.

Таким образом, при введении в состав цемента минеральных добавок, повышающих прочность цементного камня (воластонит, диопсид, диабаз) или регулирующих сроки схватывания цементного теста (гипс), наблюдаются четко выраженные максимальные значения прочности, соответствующие оптимальному количеству добавок. Если плот-

ность добавки близка к плотности клинкерных минералов и дисперсность добавок и цемента примерно одинакова, то рассматривая цементное тесто как систему с плотной упаковкой твердых частиц и равномерным распределением добавок, можно оценить оптимальное количество добавки как близкое к 8 % [3].

При анализе влияния концентрации добавок на свойства цементных материалов предполагается, что частицы как цемента, так и добавок имеют сферическую форму и одинаковые размеры, и частицы добавки распределены по объему равномерно. В этом случае в качестве аналога примем модель формирования структуры при укладке шаров. В таких структурах возможны два случая: кубическая упаковка (КПУ) и гексагональная упаковка (ГПУ) (рис. 1) [4, 5].

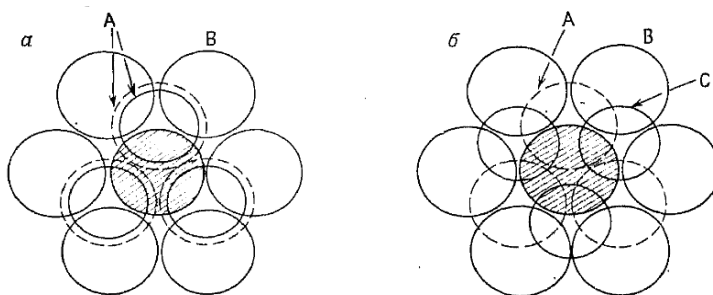


Рисунок 1 - Модель формирования структуры при укладке шаров:
а – структура с ГПУ; б – структура с КПУ

В моделируемых структурах частицы цемента занимают 74,05 % общего объема, 25,95 % приходится на пустоты между шарами. При цементном тесте нормальной густоты водоцементное отношение близко к этой величине. Таким образом, можно полагать, что цементное тесто нормальной густоты представляет собой систему из шаровидных частиц, при этом пространство между частицами заполнено водой [3].

Если взять шары одинакового размера, то наибольшее количество шаров можно уместить в данный объем при условии, что расстояния между соседними шарами будут равны удвоенному их радиусу. На основании этого предположим, что одну частицу окружают 12 соседних частиц, то есть каждый шар касается 12 других шаров. В этом случае будет достигаться максимально возможный контакт частиц добавки с частицами цемента. При этом объемная доля одной частицы составит $1/12$ от объемной доли структуры, то есть 8,3 %. Если плотность добавки отличается от плотности минералов цемента, то массовая доля добавки (в %) может быть определена по соотношению плотностей. В условиях, когда размер частицы добавки в два раза меньше размера частиц цемента, будет наблюдаться большое количество пустот и соответственно количество соседних частиц цемента уменьшится. Предположим, что каждая частица будет окружена 8 соседними шаровидными частицами в соответствии с принятой моделью объемно-центрированной кубической структуры (рис. 2).

В этом случае объем частиц добавки составит $1/8$ от объема частиц цемента, то есть 12,5 %. В таких структурах частицы цемента и добавки занимают 68,02 % общего объема, остальные 31,98 % приходятся на пустоты. Таким образом, количество частиц добавки и необходимое количество воды затворения увеличивается.

Следует также отметить, что сама модель с плотной упаковкой частиц в цементном тесте, предложенная Г.И. Бердовым, Л.В. Ильиной [3], применена в данной работе (с со-

ответствующими оговорками) для определения оптимального содержания шунгитовой добавки и цемента в композиционной смеси при помощи математического моделирования и прогноза.

На базе лаборатории ВКГТУ им. Д. Серикбаева были проведены исследования. В качестве исходных материалов были взяты портландцемент М400 Д20 и шунгитовая добавка. Все необходимые расчеты проводили при помощи средств Microsoft Excel.

Для проведения эксперимента в качестве переменных факторов были приняты: содержание портландцемента – x_2 и содержание шунгитовой добавки – x_1 в композиционной смеси, x_3 – заданное количество воды. В ячейках А2, В2 и С2 указываем плотность шунгита, плотность цемента и плотность воды. Ячейки А3, В3 и С3 являются расчетными. Ячейка Е2 представляет собой значение целевой функции. Ячейки Е5:Е9 – заданные ограничения в соответствии с математической моделью. Ячейки D5:D9 – соответствующие результирующие значения.

В данные расчеты мы ввели дополнительное ограничение, заключающееся в том, что масса шунгита не должна составлять менее 2 % от массы цемента, так как опытным путем было доказано, что при добавлении добавки в количестве 2 % результаты непостоянны за счет неравномерного распределения шунгита в цементе.

Используя команду «Поиск решения», мы получили результаты оптимального содержания шунгита и цемента при одинаковой дисперсности, представленные на рис. 3.

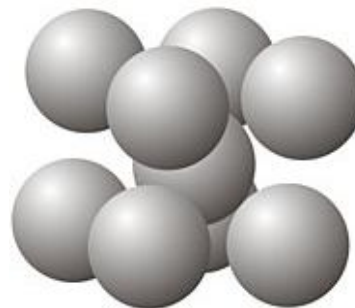


Рисунок 2 – Объемно-центрированная кубическая структура

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	x1	x2	x3					
2	2,5	3,1	1		331,934			
3	6,69355	93,3065	25,95					
4								
5	1	1	0	100	100			
6	1	0	0	6,69355	2			
7	1,24	0	0	8,3	8,3			
8	0	0	1	25,95	25,95			
9	1	1	1	125,95	100			
10								

Рисунок 3 - Результаты расчета оптимального количества шунгита и цемента при одинаковой дисперсности

Из данного рисунка видно, что оптимальное количество добавки в цементе составляет примерно 7 % - ячейка А3, соответственно цемента 93 % - ячейка В3. Значение целевой функции составляет 332 ед. Значение ячейки А7 соответствует значению отношения плотности цемента к плотности шунгита.

Рассмотрим вариант, когда дисперсность добавки в два раза меньше дисперсности цемента, тогда во второе и третье ограничение модели вносим соответствующие изменения

(рис. 4).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	x1	x2	x3					
2	2,5	3,1	1		335,932			
3	10,0806	89,9194	31,98					
4								
5	1	1	0	100	100			
6	1	0	0	10,0806	2			
7	1,24	0	0	12,5	12,5			
8	0	0	1	31,98	31,98			
9	1	1	1	131,98	100			
10								
11								

Рисунок 4 - Результаты расчета оптимального количества шунгита и цемента при различной дисперсности

Как видно из рис. 4 количество шунгитовой добавки увеличилось на 3 % - ячейка A3. Значение целевой функции увеличилось до 336 ед.

Таким образом, используя математические вычисления, был сделан прогноз изменения прочности цементного камня при добавлении шунгитовой добавки при различной дисперсности. За основу в данных расчетах была принята модель формирования структуры при укладке шаров, которая позволяет определить примерное расположение частиц цемента и добавки.

На основании предложенной математической модели можно проводить лабораторные исследования и получить экспериментальные данные. Обработка полученных экспериментальных данных с использованием статистических методов позволяет выявить грубые погрешности измерений и проверить соответствие результатов лабораторных исследований результатам, полученным при помощи математических расчетов.

Предложенную модель математического прогноза можно использовать не только в теоретических, но и в практических целях для экономии дорогостоящих материалов и уменьшения количества проводимых лабораторных экспериментов.

Список литературы

1. Аязбаева Г.Н. Производство строительных материалов в Республике Казахстан / Г.Н. Аязбаева, Ж.Г. Косшигулова // Перспективные вопросы мировой науки 2012. Строительство и архитектура. - [Электрон. ресурс]. - 2012. - Режим доступа: http://www.rusnauka.com/36_PVMN_2012/Stroitelstvo/4_124223.doc.htm. - Загл. с экрана. - Яз. рус.
2. Бердов Г.И. Экспрессный контроль и управление качеством цементных материалов / Г.И. Бердов, В.Л. Аронов. - Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1992. - 252 с.
3. Бердов Г.И. Влияние количества и дисперсности минеральных добавок на свойства цементных материалов / Г.И. Бердов, Л.В. Ильина // Строительство. - 2010. - № 11-12. - С. 11-16.
4. Вест А. Химия твердого тела. Теория и приложения. - Пер. с англ. / А. Вест. - М.: Мир, 1988. - 558 с.
5. Плотнейшие упаковки частиц в кристаллах. - [Электронный ресурс]. - 2012. - Режим доступа: <http://do.gendocs.ru/docs/index-234565.html>. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

Получено 5.03.2013

УДК 624.012

В.Ф. Шевляков

ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

Т.Г. Артюхина

ТОО «Подводстрой», г. Усть-Каменогорск

**СРАВНЕНИЕ УСИЛИЙ В ОДНОПРОЛЕТНОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ РАНДБАЛКЕ,
НАГРУЖЕННОЙ ВИСЯЧЕЙ СТЕНОЙ, ОПРЕДЕЛЕННЫХ РАСЧЕТАМИ ПО НОРМАМ И ПК SCAD**

В настоящее время все большее количество расчетов конструкций зданий выполняется с применением метода конечных элементов и программных комплексов (ПК) Лира, SCAD [4], Мономах и других. Нормативных документов с методиками и примерами расчета железобетонных конструкций методом конечных элементов с применением ПК нет. В документации ПК имеются отдельные примеры, которые в общем виде рассматривают процедуры выполнения расчета по программам и не приводят конкретных методик и указаний по расчету для разных конструкций. При этом одну и ту же конструкцию по ПК можно рассчитать разными способами. Проектировщиками замечено, что результаты расчетов по ПК и без применения ЭВМ по существующим пособиям к СНиП отличаются. В частности, разные результаты расчетов были получены при проектировании рандбалок, нагруженных стенами, называемыми в нормах висячими. В настоящей работе решается задача сравнения по усилиям расчетов однопролетных рандбалок, полученных по нормам без применения ЭВМ и с применением ПК SCAD. Величины усилий M и Q в рандбалке, нагруженной вышерасположенной стеной с перекрытиями, определяются следующими факторами: нагрузка от стены и перекрытий; стадия расчета (эксплуатационная или возведения) и вид каменного материала, из которого изготовлена стена; жесткость ($E \delta$) и геометрия (δ) стены; жесткость ($E \cdot I$) и геометрия (b, h) рандбалки; проемность стены; конструкция опор рандбалки; способ расчета усилий. В нормах [1], [2] влияние данных факторов установлено в формулах при расчете без применения ЭВМ, а для расчета по ПК SCAD методом конечных элементов таких комментариев нет, хотя предполагается, что расчет по ПК SCAD должен соответствовать нормам. Существующие точные методы расчета балок-стенок сложны, поэтому нормы дают упрощенный метод расчета, но без применения ЭВМ, а расчеты с применением ПК не имеют примеров и не приводятся методики расчета для решаемой задачи. Нормы [1] дают методику расчета эпюр давлений и стены, а для определения усилий в балке и ее расчета отсылают к нормам [3], где также не уточнена методика расчета в части принятия величины расчетного пролета и расчетной длины эпюр давлений в зависимости от условий опирания.

В настоящей работе на основе двух примеров из [2] выполнены расчеты усилий M и Q в рандбалках без применения ЭВМ и с применением ПК SCAD. В первом примере (рис. 1) однопролетная рандбалка в промышленном здании нагружается висячей стеной с проемом, расположенным на участке эпюры давления и выходящим на верхнюю грань рандбалки, который перемещается на участке эпюры давления с целью определения положения с максимальными усилиями. Во втором примере (рис. 2) рандбалка нагружается висячей многоэтажной стеной с двумя рядами оконных проемов, симметрично расположенных в пролете рандбалки и образующих средний простенок. Для определения влияния проемности варьировались ширина среднего и крайних простенков, а также изменялась ширина проемов. Для установления влияния конструкции опор принято опирание рандбалки на кирпичную

стену непосредственно и через распределительную плиту. При опирании рандбалки на стену центр опоры принят расположенным на $1/3 \ell_{оп}$ от внутренней грани опоры, а при опирании рандбалки на распределительную плиту центр опоры располагается на $1/2 \ell_{оп}$ от внутренней грани опоры (от внутренней грани распределительной плиты).

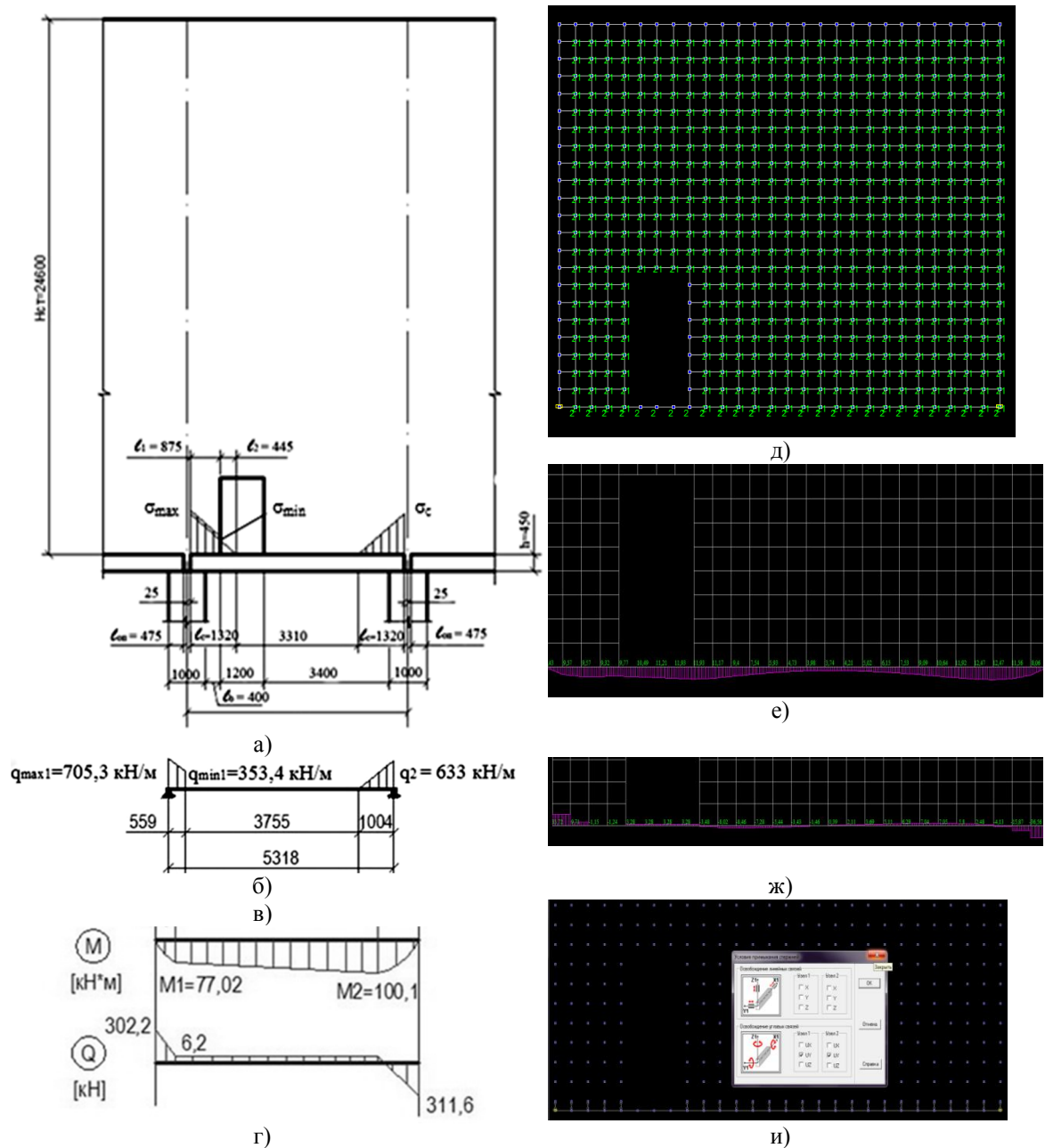


Рисунок 1 - Конструктивная (1,а) и расчетная с эпюрами давления (1,б) схемы, эпюры М (1,в) и Q (1,г) в рандбалке для варианта 1 первого примера, фрагмент схемы балки-стенки с разбивкой на КЭ (1,д), эпюры М (1,е) и Q (1,ж), схема с шарнирами и связями (1,и) для варианта 1s второго примера

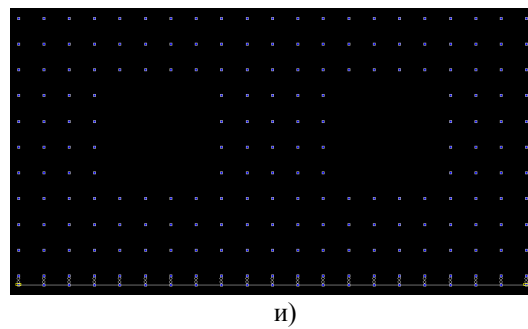
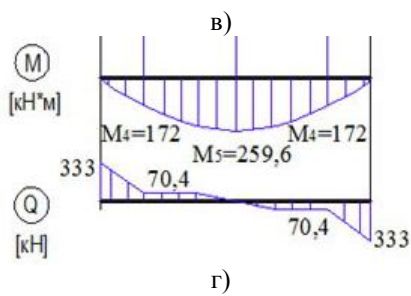
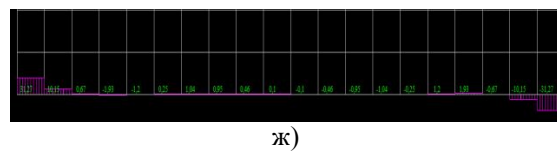
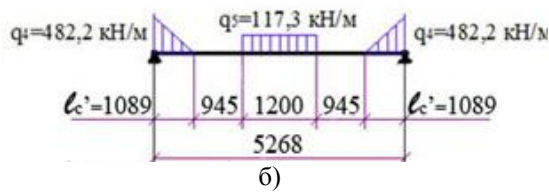
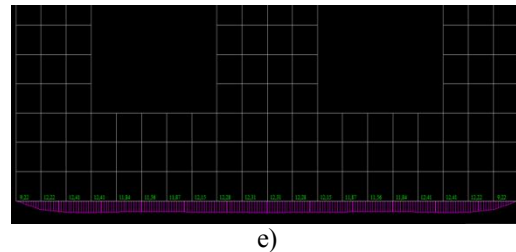
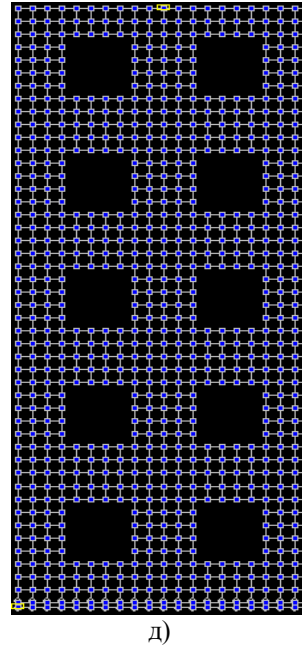
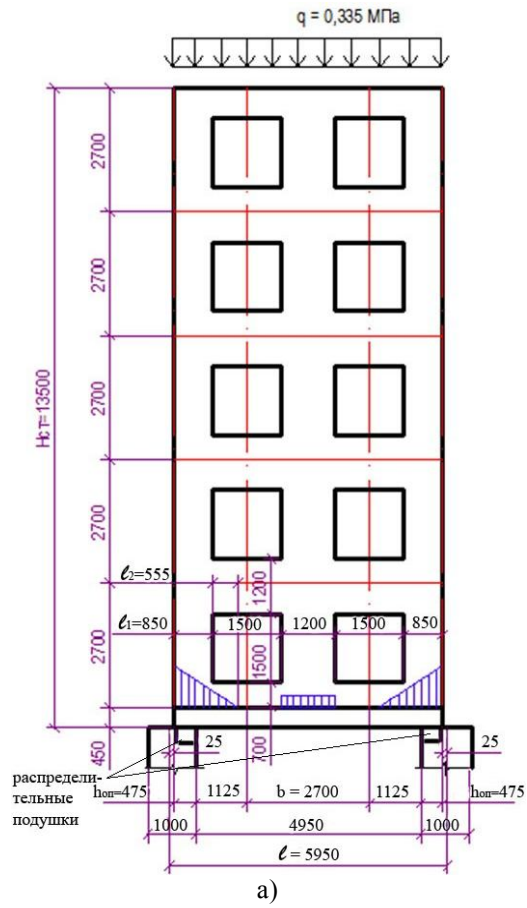


Рисунок 2 - Конструктивная (2,а) и расчетная с эпюрами давления (2,б) схемы, эпюры M (2,в) и Q (2,з) для варианта 3 первого примера, фрагмент схемы балки-стенки с разбивкой на КЭ (2,д), эпюры M (2,е) и Q (2,ж), схема с шарнирами и связями (2,и) для варианта 3s второго примера

Центр опоры принят расположенным на $1/3 l_{оп}$, а не ≤ 7 см от внутренней грани стены, в связи с тем, что эпюра давления, определяющая усилия, при расположении центра опоры ≤ 7 см очень мала. Характеристики материалов приняты: в 1 примере - кирпич М100, раствор М50, бетон М250 (В20); во 2 примере - кирпич М100, раствор М50, бетон В25. Исходные данные для расчета приведены в табл. 1. Варианты 1s'-7s' от 1s-7s отличаются введением дополнительных соединительных элементов длиной 0,1 м с шарнирами на первом и последнем элементе между стеной и рандбалкой. Варианты 1-7 просчитаны без распределительных подушек, а варианты 1'-7' – с распределительными подушками. Результаты расчетов приведены: для вариантов первого примера – табл. 2 (без применения ЭВМ) и табл. 4 (по ПК SCAD); для вариантов второго примера – табл. 3 (без применения ЭВМ) и табл. 5 (по ПК SCAD), соотношения расчетных усилий М и Q, определенных по нормам и ПК SCAD - табл. 6 и 7.

Таблица 1

Исходные данные для расчета (в сантиметрах)

Вариант	Рандбалка				Висячая стена							
	l	h	$l_{ос}$	$l_{оп}$	$h_{под}$	δ	$l_{св}$	$H_{ст}$	l_1	$l_{пр}$	l_b	$l_{прост.}$
1, 1', 1 _s , 1 _s '	595	45	600	47,5	-	38	500	2460	87,5	120	40	-
2, 2', 2 _s , 2 _s '	595	45	600	47,5	-	38	500	2460	132	120	84,5	-
3, 3', 3 _s , 3 _s '	590	45	595	47,5	70	51	495	1350	85	150	37,5	120
4, 4', 4 _s , 4 _s '	590	45	595	47,5	70	51	495	1350	119,5	150	72	51
5, 5', 5 _s , 5 _s '	590	45	595	47,5	70	51	495	1350	47,5	150	0	195
6, 6', 6 _s , 6 _s '	590	45	595	47,5	70	38	495	1350	55,5	150	37,5	120
7, 7', 7 _s , 7 _s '	590	45	595	47,5	70	51	495	1350	33,5	200	12,5	120

Примечание. l и h - длина и высота рандбалки; δ - толщина стены; $l_{оп}$ - длина площадки опирания; $h_{под}$ - высота стены от верхней грани рандбалки до низа оконного проема; $l_{ос}$ - расстояние между центрами опор (длина рандбалки в осях); $l_{св}$ - расстояние в свету между внутренними гранями опор; $H_{ст}$ - высота стены; l_1 - расстояние от торца балки до грани проема; $l_{пр}$ - ширина проема; l_b - расстояние от внутренней грани опоры до проема; $l_{прост.}$ - ширина простенка между окнами

Таблица 2

Результаты расчета без применения ЭВМ усилий М и Q вариантов первого примера

Вариант	Расчет							
	M_{max} у левой опоры кНм	M_{max} у правой опоры кНм	Q_{max} у левой опоры кН	Q_{max} у правой опоры кН	M_{max} у левой опоры кНм	M_{max} у правой опоры кНм	Q_{max} у левой опоры кН	Q_{max} у правой опоры кН
	<i>Без учета распределительных подушек</i>				<i>С учетом распределительных подушек</i>			
1	77,02	100,1	302,2	311,6	102,9	126,5	359,5	363,4

2	106,4	106,4	317,8	317,8	115	115	369,7	369,7
---	-------	-------	-------	-------	-----	-----	-------	-------

Таблица 3

Результаты расчета без применения ЭВМ усилий M и Q вариантов второго примера

Вариант	M_{\max} , кНм	Q_{\max} , кН	Вариант	M_{\max} , кНм	Q_{\max} , кН
Без учета распределительных подушек			С учетом распределительных подушек		
3	259,6	333	3'	287,3	372,4
4	228,4	324,2	4'	255,6	365,1
5	140,6	273,3	5'	163,3	310,8
6	230,9	291,2	6'	281,7	332,9
7	262,2	310,3	7'	287,9	345,5

Таблица 4

Результаты расчета по ПК SCAD усилий M и Q в рандбалке для вариантов первого примера

Вариант	Расчет			
	M_{\max} у лев. опоры, кНм	M_{\max} у прав. опоры, кНм	Q_{\max} у лев. опоры, кН	Q_{\max} у прав. опоры, кН
Без учета дополнительных элементов				
1s	119,3	124,7	337,2	365,6
2s	106	124,4	352,9	365,2
С вводом дополнительных стержневых элементов				
1s'	191,1	148,7	434,3	406,2
2s'	196,4	148,2	424,2	406,2

Таблица 5

Результаты расчета по ПК SCAD усилий M и Q в рандбалке для вариантов второго примера

Вариант	M_{\max} , кНм	Q_{\max} , кН	Вариант	M_{\max} , кНм	Q_{\max} , кН
Без учета дополнительных элементов			С вводом доп. стержневых элементов		
3s	124,1	312,7	3s'	155,1	341
4s	132,1	341,7	4s'	154,1	374,6
5s	140,4	339,2	5s'	198,4	377,2
6s	104,9	266,5	6s'	132,2	290,6
7s	225,8	380,6	7s'	304,1	409,7

Таблица 6

Соотношения M и Q при расчете по нормам и ПК SCAD для вариантов первого примера

Вариант	$M_{(O)}/M_{(B)S}$	$M_{(H)}/M_{(B)S}$	$M_{(O)}/M_{(D)S'}$	$M_{(H)}/M_{(D)S'}$	$Q_{(O)}/Q_{(B)S}$	$Q_{(H)}/Q_{(B)S}$	$Q_{(O)}/Q_{(D)S}$	$Q_{(H)}/Q_{(D)S'}$
1,1', 1s,1s'	0,646	0,863	0,403	0,538	0,896	1,066	0,696	0,828
у левой опоры								
1,1', 1s,1s'	0,803	1,014	0,673	0,851	0,852	0,994	0,767	0,895
у правой опоры								
2,2', 2s,2s'	1,004	1,085	0,542	0,586	0,901	1,048	0,749	0,872
у левой опоры								
2,2',	у правой опоры							

2s,2s'	0,855	0,924	0,718	0,776	0,870	1,012	0,782	0,910
--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Таблица 7

*Соотношения M и Q при расчете по нормам и ПК SCAD
для вариантов второго примера*

Вариант	$M_{(O)}/M_{(B)}S$	$M_{(H)}/M_{(B)}S$	$M_{(O)}/M_{(D)}S'$	$M_{(H)}/M_{(D)}S'$	$Q_{(O)}/Q_{(B)}S$	$Q_{(H)}/Q_{(B)}S$	$Q_{(O)}/Q_{(D)}S'$	$Q_{(H)}/Q_{(D)}S'$
3,3', 3s,3s'	2,092	2,315	1,674	1,852	1,065	1,191	0,977	1,092
4,4', 4s,4s'	1,729	1,935	1,482	1,659	0,949	1,068	0,865	0,975
5,5', 5s,5s'	1,001	1,163	0,709	0,823	0,806	0,916	0,725	0,824
6,6', 6s,6s'	2,201	2,685	1,747	2,131	1,093	1,249	1,002	1,146
7,7', 7s,7s'	1,161	1,275	0,862	0,947	0,815	0,908	0,757	0,843

На основании вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. В нормах [1] и [3] нет однозначных указаний по определению расчетной длины (центра опор) для расчета усилий M и Q в рандбалке, нагруженной висячей стеной, а также нет указаний по учету участка эпюры давления, находящегося за центрами опор (вне участка расчетной длины), при расчете усилий M и Q в рандбалке.

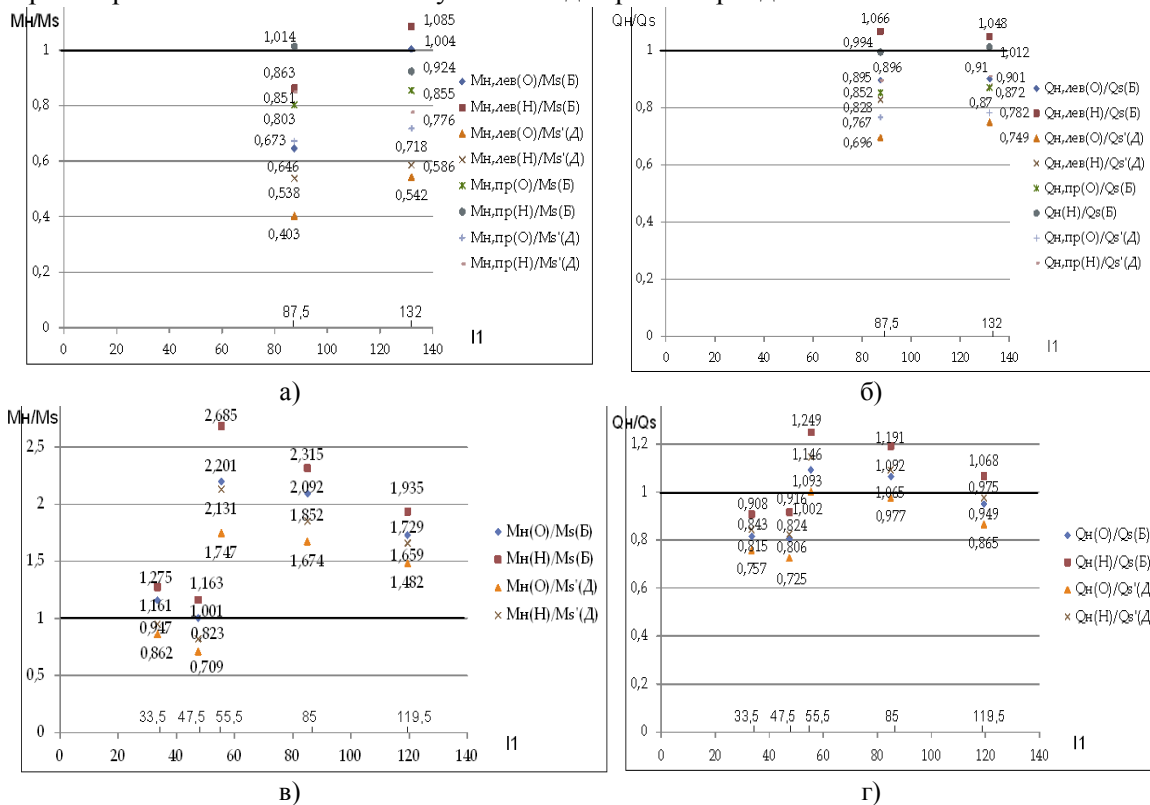
2. В документации ПК SCAD отсутствуют примеры и методики расчета однопролетной железобетонной рандбалки, нагруженной одно- или многоэтажными кирпичными стенами.

3. Усилия M и Q, полученные в расчетах по ПК SCAD с вводом дополнительных элементов всегда больше усилий, полученных при расчетах по ПК SCAD без ввода дополнительных элементов. Из табл. 6-7 и рис. 3 следует, что расчет по ПК SCAD дает значения как больше, так и меньше максимальных расчетных усилий M и Q в рандбалке, определенных по нормам. Для первого примера расчета при расположении дверного проема на верхней грани рандбалки усилия M и Q, полученные при расчете по ПК SCAD, практически всегда больше, чем усилия, рассчитанные по нормам (рис. 3,а и 3,б), что дает возможность выполнения расчета по ПК SCAD, соответствующего требованиям норм. Для второго примера расчета при размещении в многоэтажной стене двух рядов оконных проемов, симметрично расположенных в пролете рандбалки и образующих средний простенок, расчет по ПК SCAD дает в большинстве случаев усилия M и Q меньше рассчитанных по нормам без применения ЭВМ (рис. 3,в и 3,г), что исключает возможность выполнения расчетов по ПК SCAD для подобных примеров, вследствие не соответствия требованиям норм.

4. Необходима разработка рекомендаций (в том числе и коэффициентов соответствия) для расчета по ПК SCAD однопролетных рандбалок, нагруженных висячей стеной, учитывающих всевозможные случаи загрузки рандбалок и поясняющих методику расчета, позволяющую получить результаты, соответствующие требованиям норм.

5. До выпуска рекомендаций расчет усилий в однопролетных рандбалках можно выполнять по ПК SCAD, используя методику расчета и результаты настоящей работы (для рассмотренных случаев), либо производить одновременно по ПК SCAD и нормам с вы-

бором варианта с максимальными усилиями для расчета рандбалки.



Примечание. Индексы в усилиях M и Q означают: О – расчет по нормам при отсутствии опорной распределительной подушки; Н – расчет по нормам при наличии опорной распределительной подушки; Б – расчет по ПК SCAD без учета дополнительных элементов; Д – расчет по ПК SCAD с учетом ввода дополнительных элементов

Рисунок 3 - Соотношение значений M (3,а) и Q (3,б) вариантов первого примера и M (3,в) и Q (3,г) вариантов второго примера при расчете по нормам и ПК SCAD (нормы/ПК SCAD)

Список литературы

1. СНиП II-22-81. Каменные и армокаменные конструкции / Госстрой России. - М.: ГУПЦПП, 1999. - 40 с.
2. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81) / ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1999. - 152 с.
3. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. - 80 с.
4. Константинов И.А. Строительная механика. Применение программы SCAD для решения задач теории упругости: Учеб. пособие / И.А. Константинов, В.В. Лалин, И.И. Лалина. - СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2005.

Получено 16.01.2013

