

## ЛЕГКИЕ БЕТОНЫ НА МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛАХ

**Столевич А.С., к.т.н., проф., Костюк А.И., к.т.н., доц.,  
Столевич И.А., к.т.н., доц.**

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

Бетон и железобетон в XXI веке остается основным строительным материалом, в котором главным компонентом, во многом определяющим их свойства, является вяжущее, в качестве которого применяется портландцемент с разного вида добавками и наполнителями.

В настоящее время одним из основных направлений развития строительства является снижение трудоемкости и материалоемкости при использовании строительных материалов и конструкций, уменьшение энергоемкости и использование местных материалов.

Ресурсосбережение признано важной социально – экономической задачей.

Легкий бетон на пористых заполнителях представляет собой универсальный строительный материал, позволяющий при его рациональном использовании решать многие актуальные задачи современного строительства и одновременно решать экологические, ресурсосберегающие и экономические проблемы за счет технологических и техногенных отходов при применении и изготовлении местных пористых заполнителей.

Применение в разных областях строительства легких бетонов на пористых заполнителях вызывает большой интерес во многих странах. Вопросы совершенствования структуры и свойств легких бетонов, а также их особенностей и преимуществ нашли отражение во многих отечественных и зарубежных исследованиях. Наиболее общие правила конструирования легкого бетона как композиционного материала – это обоснованный выбор вяжущего с учетом предъявляемых требований к изделию, конструкции и сооружению, а также рациональный подбор отдельных составных компонентов с учетом минимальной их стоимости.

Дополнительный экономический эффект можно получить при использовании для строительства зданий и сооружений легких бетонов на местных заполнителях юга Украины (керамзит, кералит) и конструкций на их основе.

Кералитобетон – новый местный материал для южных районов Украины, этот аналог керамзиту получен, впервые в мире, обжигом при высокой температуре гранул из морских илов.

Дефицит мелких заполнителей для бетонов многих регионов страны может быть восполнен путем широкого применения для их производства отходов камнепечения карбонатных пород (пористых известняков и известняков-ракушечников). Проведенные ранее исследования показали техническую возможность и экономическую целесообразность использования известнякового (карбонатного) песка в бетонах на искусственных пористых заполнителях, и в первую очередь в керамзитобетоне, составляющем около 70% общего объема легких бетонов.

Исследование керамзитобетона, кералитобетона и карбонатного бетона на мелких заполнителях (карбонатном и кварцевом песках) проводились в лабораториях кафедры ЖБ и КК ОГАСА и ЗЖБК ООО «Кулиндоровского индустриального концерна».

В исследованиях использовали:

- портландцемент ОАО «ЮГ цемент» марки 400;
- известь Александровского силикатного завода активностью 60% на СаО;
- золу-унос Ладыжинской ТЭС с удельной поверхностью  $S_{уд}=3000$  см<sup>2</sup>/г, при добавлении не больше 40% от веса вяжущего;
- керамзитовый гравий Кулиндоровского завода из глин Орловского и Фонтанского месторождения Одесской области фракций 5...10 и 10...20мм в соотношении по объему  $V_{5...10}/V_{10...20} = 1,5$ ;
- кералитовый гравий Кулиндоровского ЗЖБК ПО «Одесжелезобетон». В качестве сырья использовали илистые грунты из береговых гидротоувалов портов Белгород-Днестровский, Усть-Дунайск и Южный (Аджельский лиман) фракций 5...10 и 10...20мм;
- карбонатный песок Орловского месторождения Одесской области, полученный из отходов камнепечения известняка-ракушечника;
- песок речной плотный, модуль крупности 1,36;
- пластификатор С-3 в качестве 0,3...0,6% от массы цемента.

Физико-механические характеристики керамзита и кералита приведены в табл. 1.

Подбор составов и изучение свойств конструкционных легких бетонов производили расчетно-экспериментальным методом. Данные обрабатывали с помощью экспериментально-статического (ЭС) моделирования, которое позволило оценить степень влияния каждого из выбранных факторов на прочностные и деформативные свойства легких бетонов.

Таблица 1.

## Физико-механические характеристики керамзитового и кералитового гравия

Размер фракции, мм	Прочность (при сдавливании в цилиндре) $R_{сдв}$ , МПа	Насыпная плотность, $R_{нас.}$ , кН/м <sup>3</sup>	Коэффициент конструктивного качества, ккк	Удельная плотность, $R_{уд.}$ , г/см <sup>3</sup>	Плотность в цементном тесте, $R_{к.т.т.}$ , кН/м <sup>3</sup>	Водопоглощение w, %	Объем межзерновых пустот, $V_{м.п.}^k$ , %	Содержание расколотых зерен, % по массе	Марки гравия по насыпной плотности (ДСТУ Б.В.2.7-17-95)
<b>Керамзит</b>									
5 – 10	2,8-4,67	504-583	559-801	2,31-2,48	955-1507	16,2-22,7	30-38,2	6,2	550-600
10 – 20	2,4-2,91	462-541	519-538	2,31-2,48	890-1493	20,8-24,9	38-41,1	8,7	500-550
смесь	2,5-3,96	474-569	429-696	2,31-2,48	946-1502	18,2-24,1	33-40,1	7,9	500–600
<b>Кералит</b>									
5 – 10	3,38	537	629	2,51	1100	11,2	37,8	3,2	550
10 – 20	2,79	349	799	2,51	975	9,8	43,2	4,4	350
смесь	3,15	462	682	2,51	1050	10,6	40,0	3,7	500

Применение карбонатного песка в качестве мелкого заполнителя для различных бетонов, в том числе и для легкого бетона, регламентировано РСТ УССР 5014-82 [88] и подтверждено многочисленными исследованиями.

Химический состав известняков-ракушечников указанного месторождения и усредненные данные по месторождениям Украины приведены в табл.2.

По химическому составу известняки-ракушечники Орловского месторождения можно отнести к чистым известнякам. Полученные из них карбонатные пески не содержат вредных примесей: они чисты и годны к применению.

Таблица 2.

Химический состав известняков-ракушечников, % по массе

Месторождение	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Потери при прокаливании
Орловское	3,36	2,68	0,82	51,0	1,34	0,07	40,7
Главанское	4,2	2,82	0,9	50,2	1,0	0,06	41,8
Усредненное по Украине	1,7	1,21	1,21	53,3	0,92	0,67	42,4

Сопоставление химического состава известняков - ракушечников месторождений Украины показывает их незначительное отличие. Учет этого обстоятельства в сочетании с имеющимися данными о мощности Орловского месторождения, а также реальными возможностями промышленной поставки карбонатного песка из этого месторождения обосновывает его использование при производстве легких бетонов.

Как показывали исследования, карбонатный заполнитель не является инертным материалом, а вступает в активное физико-химическое взаимодействие с клинкерным цементом. Это положительное свойство карбонатных заполнителей дополняется их способностью создавать эффект самовакуумирования, что приводит к увеличению прочности в бетоне, как самого песка, так и контактного слоя с цементным камнем. Кроме того, следует отметить, что карбонатная пыль фракции (< 0,14 мм) играет роль микрозаполнителя цемента, так как имеет с ним не только химическое сходство, но и близка по размеру частиц.

Учет этого обстоятельства позволяет снизить расход цемента в равнопрочных бетонах, способствует улучшению удобоукладываемости бетонной смеси и повышению водонепроницаемости бетона.

Основные физико-механические характеристики карбонатного песка определены по ГОСТ 8735-88. Прочность песка при сжатии в цилиндре определена по РСТ УССР 5014 – 82. Перед испытанием отсеивалась фракция более 5 мм, содержание которой составляло в среднем 4% от массы.

Усредненные результаты испытаний партий карбонатного песка, приведенные в табл. 3, показали, что такой песок удовлетворяет требованиям ГОСТ 8736-85 и РСТ УССР 5014-82 и может быть использован для получения легких бетонов прочностью до 30 МПа.

Опыт многочисленных отечественных и зарубежных исследований, производственная практика показывают, что лёгкие бетоны на пористых заполнителях различных видов по-прежнему являются эффективным материалом конструкционного, конструкционно-теплоизоляционного и теплоизоляционного назначения.

Таблица 3

Основные физико-механические характеристики карбонатного песка  
Орловского месторождения

Гранулометрический состав		Частные остатки на контрольных ситах %	Прочность исходной породы R <sub>исх.п.</sub> , МПа	Прочность песка при сдавливании в цилиндре R <sub>ц.</sub> , МПа	Насыпная плотность ρ <sub>нас.</sub> , кг/м <sup>3</sup>	Плотность в цементном тесте ρ <sub>ц.т.</sub> , кг/м <sup>3</sup>	Пустотность П, %	Водопоглощение W, %	Модуль крупности М <sub>к</sub>	Удельная плотность руд, г/см <sup>3</sup>	Содерж. Отдельно глинистых частиц, %
17,4	2,5										
12,4	1,25										
17,0	0,63										
15,7	0,315										
17,4	0,14										
19,8	менее 0,14										
0,9											
1,6											
1160											
2390											
42											
5,4											
2,38											
2,99											
0,48											

### Выводы

1. Легкие бетоны юга Украины могут быть рекомендованы для изготовления бетонных и железобетонных конструкций прочностью 5...30 МПа.
2. Проведенные исследования подтвердили высокую эффективность легких бетонов на пористых заполнителях, значительную экономию портландцемента, целесообразность использования перечисленных ранее легких бетонов для жилых и общественных зданий.
3. Экономическая эффективность применения керамзитобетона и кералитобетона на карбонатном песке очевидна, так как сырьем для бетона служат бросовые грунты дноуглубления и отходы камнепиления известняков ракушечников.

## Summary

**Strength and deformation properties of different kinds of concrete: calcareous, ceramist concrete and ceralit concrete on carbonated and quartz small fillers, and constructions from them, including preliminary strained constructions, were investigated**

## *Литература*

1. Бужевич Г.А., Корнев Н.А. Керамзитобетон. - М.: Госстройиздат, 1963. – 236 с.
2. Легкие бетоны. Проектирование и технология. А. Шорт, П.В. Аблес, Б.К. Бардхен Рой и др. Пер. с англ. Под редакцией Ярмановского В.Н.: Стройиздат, 1981. – 240 с.
3. Вознесенский В.А. Современные методы композиционных материалов. - Киев: "Будівельник", 1983. - 144 с.
4. Столевич А.С., Макаров С.В., Столевич И.А., Мадии К.М., Кравченко С.А. Конструкционные легкие бетоны//Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. № 17 Одеса Зовнішрекламсервіс. 2005. – С. 246-255.
5. Дорофеев В.С., Зинченко С.В., Луцкий Е.С., Столевич А.С. Конструкционные элементы из кералитобетона//Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. № 13 Одеса Зовнішрекламсервіс. 2004. – С. 154-159.
6. Костюк А.И., Столевич А.С., Макаров С.В. Влияние структуры на прочностные и деформативные свойства керамзитобетона на карбонатном песке// Строительные конструкции: Респ. межведомств. науч.-техн.сб. – Киев.: Будівельник, 1991. – С.104-107.