Научно-исследовательская и проектная лаборатория
экспериментального проектирования
жилых и общественных зданий
Одесского инженерно-строительного института
(НИЛЭП ОИСИ)

Рекомендации

по производству и применению конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке

Москва Стройиздат 1988

gost.e-ecolog.ru

УДК 691.327.32:666.64–492.3

Рекомендовано к изданию решением Научно-технического совета НИЛЭП ОИСИ

Рекомендации по производству и применению конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке / НИЛЭП ОИСИ – М.: Стройиздат, 1988.– 64 с.

Изложены основные требования к исходным материалам, конструкционно-теплоизоляционному керамзитобетону на карбонатном песке и изделиям из него для жилых и общественных зданий. Приводятся указания по расчету и назначению составов бетона, приготовлению и транспортированию бетонной смеси, формованию, тепловой обработке и контролю качества изделий.

Для инженерно-технических работников предприятий по производству железобетонных изделий, строительных организаций, проектных и научно-исследовательских институтов.

Табл. 24, ил. 9.

32020000 – 298
Р ———— Инструкт.-нормат., I вып.–152–88
047(01) – 88

© Стройиздат, 1988

ПРЕДИСЛОВИЕ

Снижение массы зданий и сооружений за счет применения легких бетонов является одним из основных и существенных резервов подъема эффективности строительного производства.

Использование легких бетонов в наружных ограждающих конструкциях по-прежнему преобладает в общем объеме применения легких бетонов в строительстве: примерно 30% производимого в стране легкого бетона расходуется на изготовление таких конструкций. Существующее соотношение в данном случае обусловлено возможностью более полно компенсировать повышенную стоимость легких бетонов.

Несмотря на массовое применение легких бетонов в наружных ограждающих конструкциях, проблему рационального использования их нельзя считать окончательно решенной. Одним из основных является вопрос дальнейшего снижения плотности применяемых конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов на местных пористых заполнителях.

Конструкционно-теплоизоляционный керамзитобетон на карбонатном песке с частичной, при необходимости, заменой этого песка перлитовым, является эффективным местным строительным материалом, пригодным для применения в наружных ограждающих конструкциях – стеновых панелях, блоках и плитах покрытия. Такие конструкции отличаются одновременно высокими теплотехническими свойствами и небольшой материалоемкостью, крупными габаритами и относительно малой массой, полной заводской готовностью и возможностью изготовления с применением местных материалов.

В настоящих Рекомендациях рассмотрены практические основы технологии производства конструктивно-теплоизоляционного керамзитобетона, особенностью отдельных технологических процессов и режимов, которые следует учитывать при организации массового производства конструкций.

Рекомендации разработаны по заказу Госграждансгроя в научно-исследовательской и проектной лаборатории экспериментального проектирования жилых и общественных зданий и лабораторией легких бетонов и конструкций Одесского инженерно-строительного института Минвуза УССР (кандидаты техн. наук А.С. Столевич – ответственный за выпуск, С.В. Макаров, Р.Л. Тимчишина, инженеры В.Г. Суханов, Е.В. Лысенко, Г.Т. Филипович, А.И. Костюк, Е.В. Светличная, И.А. Столевич, П.А. Сенкевич). С участием лаборатории применения легких бетонов ЦНИИЭП жилища (кандидаты техн. наук Н.Я. Спивак, Н.С. Стронгин, Е.М. Сурманидзе).

Все замечания и предложения по содержанию настоящих Рекомендаций просьба направлять в НИЛЭП ОИСИ по адресу: 270029, г. Одесса, ул. Дидрихсона, д. 4.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие рекомендации составлены в развитие "Рекомендаций по производству и применению керамзитобетона на карбонатном песке для конструктивных элементов жилых домов" (М., Стройиздат 1985).

1.2. Рекомендации распространяются на приготовление и применение конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке, на заводское изготовление, приемку и применение сборных бетонных и железобетонных изделий для жилых и общественных зданий.

1.3. Изделия из конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона применяют для ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с относительной влажностью помещений 75%, при отсутствии агрессивных сред и температур не выше +50°С и не ниже −40°С.

1.4. Изделия, используемые в особых условиях (сейсмические районы, просадочные грунты и др.), должны удовлетворять дополнительным требованиям соответствующих нормативных документов.

1.5. Изделия из конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона по назначению подразделяют на элементы наружных стен и элементы покрытий жилых и общественных зданий (стеновые панели и блоки, плиты покрытий).

Конструкцию и тип изделий выбирают в соответствии с технико-экономическими показателями и с учетом производственных возможностей.

1.6. Рекомендации регламентируют изготовление и применение изделий из керамзитобетона на карбонатном песке по прочности на сжатие класса не более В12,5 средней плотностью $\rho = 1000...1600$ кг/м^3.

Изделия из керамзитобетона средней плотностью $\rho = 1000...1300$ кг/м^3 целесообразно изготавливать с добавкой перлитового песка в количестве до 60% от общего объема песка.

1.7. Изделия из конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке изготавливают по рабочим чертежам, утвержденным в установленном порядке на основе стандартов или технологических карт, в которых приведены указания по технологии изготовления и контролю качества. Они должны удовлетворять требованиям ГОСТ 13015.1−81* "Изделия железобетонные и бетонные. Общие технические требования" и другим действующим стандартам.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ИЗДЕЛИЯМ

2.1. Изделия из конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке должны удовлетворять требованиям действующих Государственных стандартов и рабочих чертежей на данный тип изделий.

2.2. По прочности, жесткости и трещиностойкости изделия из керамзитобетона должны удовлетворять требованиям СНиП 2.03.01–84 "Бетонные и железобетонные конструкции". По теплозащитным характеристикам СНиП II-3-79** "Строительная теплотехника".

2.3. Типы изделий из конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона должны соответствовать принятому в прил. 1 перечню.

2.4. Класс керамзитобетона по прочности на осевое сжатие должен соответствовать указанному в рабочих чертежах и быть не менее для наружных несущих стен высотой до:

5 этажей	В 3,5
9 "	В 5
12 "	В 7,5
16 "	В 12,5

2.5. Изделия из керамзитобетона на карбонатном песке изготавливают из конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона плотной однородной или поризованной структуры.

2.6. Фасадные поверхности стеновых изделий отделывают в заводских условиях: декоративным бетоном; втапливаемым декоративным щебнем, крошкой из керамических, стеклянных и других материалов; окраской стойкими гидрофобными красителями; плитками керамическими, стеклянными, стеклокерамическими, из декоративного бетона или из природного камня.

2.7. Отделка панелей должна соответствовать указаниям рабочих чертежей и утвержденному эталону панели.

Предприятие-изготовитель согласовывает эталон с проектной и генподрядной организациями.

2.8. Со стороны помещений панели наружных стен покрывают внутренним отделочным слоем, который защищает их от увлажнения.

Наружные стеновые панели для сухих помещений можно выпускать без внутреннего отделочного слоя. Наличие или отсутствие отделочного слоя панели согласовывают с проектной организацией.

Толщина фактурных слоев должна быть не менее 20 мм для наружного и 15 мм для внутреннего слоя, допускаемое отклонение ± 5 мм.

2.9. Армируют панели в соответствии с рабочими чертежами.

3. ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИОННО-ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОМУ КЕРАМЗИТОБЕТОНУ НА КАРБОНАТНОМ ПЕСКЕ

3.1. Конструкционно-теплоизоляционный керамзитобетон на карбонатном песке по структуре, плотности, прочности, деформативности и другим свойствам в изделиях должен удовлетворять требованиям проекта, соответствующих технических условий и настоящих Рекомендаций.

3.2. Конструкционно-теплоизоляционный керамзитобетон на карбонатном песке подразделяют в зависимости от основных свойств:

по средней плотности в сухом состоянии на марки D 1000; D 1100; D 1200; D 1300; D 1400; D 1500; D 1600;

по прочности при сжатии на классы В 3,5; В 5; В 7,5; В 10; В 12,5.

по морозостойкости на марки F 25; F 35; F 50; F 100.

Коэффициент вариации прочности при сжатии должен быть не более 0,135.

3.3. Отпускная прочность керамзитобетона в изделиях должна удовлетворять требованиям соответствующих ГОСТ или ТУ и быть не менее 80% проектной для бетонов класса В 3,5. . .В 10 и 70% для класса В 12,5.

3.4. Фактическая средняя плотность конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке в высушенном до постоянного веса состоянии не должна превышать указанную в рабочих чертежах плотность более чем на 5%.

3.5. Физико-технические характеристики конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке приведены в табл. 1.

3.6. Марку керамзитобетона по средней плотности для расчета панелей принимают по результатам теплотехнического расчета, используя величины коэффициентов теплопроводности, которые приведены в табл. 1 или получены на основе экспериментальных исследований. Рекомендуемая методика определения коэффициента теплопроводности изложена в прил. 8.

3.7. Ввиду того, что строгая аналитическая связь между плотностью и теплопроводностью не установлена, необходимо не реже 2-х раз в году замерять коэффициент теплопроводности изделий.

Полученные величины коэффициентов не должны превышать значений, приведенных в табл. 1, более чем на 10%.

3.8. Плотность керамзитобетона, принимаемая при проектировании изделий, не должна превышать величин, приведенных в табл. 1.

Использование бетонов большей плотности допускается только при соответствующем технико-экономическом обосновании. Изготовленные изделия должны обеспечивать необходимое сопротивление теплопередаче.

3.9. Конструкционно-теплоизоляционный керамзитобетон плотной или поризованной однородной структуры целесообразно получать, применяя воздухововлекающие добавки. Объем вовлеченного в бетонную смесь воздуха не должен превышать 12%.

3.10. Отпускная влажность бетона в изделиях по объему не должна превышать 13%.

Таблица 1

Наименование характеристик бетона	Единица измерения	Класс бетона по прочности на сжатие				
		В 3,5	В 5	В 7,5	В 10	В 12,5
Объемная плотность в сухом состоянии ρ	кг/м^3	900...1200	1000...1300	1100...1400	1200...1500	1300...1600
Средняя кубиковая прочность R	МПа	4,5	6,4	9,4	12,8	16,1
Нормативная призменная прочность R_{bn}	"	3,3	4,6	6,7	8,6	10,3
Модуль упругости при сжатии $E_b \cdot 10^{-3}$	"	4,5...6,2	6,1...8	7,4...9,5	9,2...11,5	10,5...13
Нормативное сопротивление при осевом растяжении R_{btn}	"	0,53	0,59	0,69	0,79	0,89
Сопротивление водопроницанию за 48 ч R_w	1/(т·см^2)	2	2	2	2	2
Влажность бетона по массе после пропаривания W	%	10...15	10...15	10...15	9...13	9...13
Морозостойкость F	циклов (не менее)	25	50	50	50	100
Коэффициент теплопроводности λ	Вт / (м^2 · К)	0,26...0,36	0,28...0,39	0,31...0,42	0,34...0,45	0,36...0,47

4. ТРЕБОВАНИЯ К ИСХОДНЫМ МАТЕРИАЛАМ

4.1. Для приготовления конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке рекомендуется применять местные заполнители, отвечающие требованиям действующих нормативных документов. Применение привозных заполнителей допускается только при соответствующем технико-экономическом обосновании.

4.2. В качестве крупного заполнителя рекомендуется применять керамзитовый гравий, отвечающий требованиям ГОСТ 9759–83 и ГОСТ 9758–86 с учетом следующих характеристик:

прочность при сдавливании в цилиндре, МПа . . . . . 0,8. . .2,5
насыпная плотность, кг/м^3 . . . . . 250. . .500
коэффициент конструктивного качества,
(Н см/кг) 10^3 . . . . . 320. . .500

Поставку керамзита следует производить на основании технических условий и спецификаций к договору между поставщиком и заказчиком (см. прил. 2).

4.3. Предельную крупность керамзитового гравия рекомендуется принимать не более 20 мм. Допускается ограниченное применение гравия крупностью 40 мм (п. 4.8). При этом максимальный размер крупного заполнителя должен быть не более 1/2 толщины изделия и 3/4 наименьшего расстояния в свету между стержнями арматуры.

4.4. Керамзитовый гравий должен поставляться рассортированным по фракциям 5. . .10 и 10 . . .20 мм, а также 20. . .40. По согласованию с заказчиком допускается поставлять керамзитовый гравий в виде смеси фракций при обеспечении рекомендуемого ее зернового состава.

4.5. Марку керамзитового гравия по насыпной плотности в зависимости от заданного класса керамзитобетона и его проектной плотности в сухом состоянии рекомендуется принимать по табл. 2.

Таблица 2

Класс керамзитобетона	Плотность бетона в сухом состоянии ρ, кг/м^3	Максимальная марка гравия по насыпной плотности, кг/м^3	Класс керамзитобетона	Плотность бетона в сухом состоянии ρ, кг/м^3	Максимальная марка гравия по насыпной плотности, кг/м^3
В 3,5	1000	300	В 7,5	1300	350
	1100	400		1400	450
	1200	500		1500	500
	1300	600		1600	600
В 5	1100	350	В 10, В 12,5	1400	400
	1200	400		1500	500
	1300	500		1600	600
	1400	600		1700	700

4.6. Зерновой состав крупного заполнителя рекомендуется назначать из двух фракций 5. . .10 и 10. . .20 мм в соотношении 1:1,5. . .1:2. Допускается применение фракции 5. . .20 мм.

4.7. Применение гравия фракции 20. . .40 мм не рекомендуется, особенно в подвижных бетонных смесях, вследствие тенденции таких смесей к расслоению как в процессе транспортирования, так и во время уплотнения вибрированием.

4.8. Содержание в смеси керамзитового гравия фракции 20. . .40 мм допускается не более 20% от общего объема крупного заполнителя.

При большем содержании фракции 20. . .40 мм рекомендуется пропускать заполнитель через дробилку. При этом зазор между рабочими органами дробилки должен быть в пределах 20. . .25 мм.

4.9. Превышение насыпной плотности керамзитового гравия по сравнению с браковочным максимумом не допускается. Величина браковочного максимума устанавливается техническими условиями на поставку керамзита предприятию-изготовителю (см. прил. 2).

Коэффициент изменчивости насыпной плотности для каждой партии или нескольких складируемых вместе партий должен быть не более 0,05.

Фактическая насыпная плотность $\rho_{факт}$ должна удовлетворять условию:

$$\rho_{факт} \leqslant \rho_{ту} + 2S_{\rho}, \qquad (1)$$

где $\rho_{ту}$ – насыпная плотность по техническим условиям; S_{ρ} – среднеквадратическое отклонение (стандарт) плотности от среднего значения.

4.10. Снижение прочности керамзита, определяемой сдавливанием в цилиндре, против браковочного минимума также не допускается.

Коэффициент изменчивости прочности для каждой партии или нескольких складируемых вместе партий должен быть не более 0,15.

Фактическая прочность $R_{факт}$ должна удовлетворять условию

$$R_{факт} \geqslant R_{ту} - 1{,}7\,S_R, \qquad (2)$$

где $R_{ту}$ – прочность по техническим условиям; S_R – среднеквадратическое отклонение (стандарт) прочности от среднего значения.

4.11. В качестве мелкого заполнителя для приготовления керамзитобетона применяется карбонатный песок из известняков-ракушечников, полученный путем дробления и рассева отходов камнепиления.

Допускается заменять часть карбонатного песка песком из вспученного перлита по ГОСТ 10832–83*, если это вызвано необходимостью снижения плотности и теплопроводности бетона. При этом необходимо производить поризацию смеси воздухововлекающими добавками.

4.12. Пригодность известняка-ракушечника для получения песка определяется прочностью песка, полученного дроблением исходной породы или отсеянного из отходов камнепиления.

4.13. Карбонатный песок прочностью ниже 1 МПа к применению не допускается.

4.14. Для обеспечения плотной структуры керамзитобетона зерновой состав песка после отсева зерен крупнее 5 мм должен соответствовать требованиям, указанным в табл. 3.

Таблица 3

Размеры отверстий контрольных сит, мм	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	Менее 0,14 мм
Полный остаток на контрольных ситах, % по массе	0...35	15...55	35...75	55...90	70...90	30...10

Модуль крупности карбонатного песка должен находиться в пределах 2...3. Допускается содержание в песке зерен крупностью 5...10 мм не более 5% по массе.

4.15. Вспученный перлитовый песок, применяемый в качестве заменителя части карбонатного песка, должен иметь марку по насыпной плотности не менее 150, и содержание пылевидных фракций (менее 0,14 мм) не более 20% по объему.

4.16. Содержание в карбонатном песке глинистых частиц допускается не более 1%.

4.17. Песок при обработке раствором едкого натра (калориметрическая проба на органические примеси) не должен окрашивать раствор темнее цвета эталона.

4.18. Содержание в песке водорастворимых сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO_3 не допускается более 1% по массе.

4.19. В качестве вяжущего для конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке, а также фактурных слоев рекомендуется применять портландцемент и шлакопортландцемент и их разновидности марок 300, 400, отвечающие требованиям ГОСТ 10178–85.

4.20. Для приготовления декоративного бетона фактурного или фасадного отделочного слоя следует применять портландцемент белый по ГОСТ 965–78 и портландцемент цветной по ГОСТ 15825–80.

4.21. Для уменьшения расхода песка, улучшения удобоукладываемости керамзитобетонной смеси и уменьшения плотности конструкционно-теплоизоляционного бетона рекомендуется применять воздухововлекающие добавки.

В качестве воздухововлекающих добавок используют смолу нейтрализованную воздухововлекающую (СНВ), омыленный древесный пек (ЦНИПС-1), смолу древесную омыленную (СДО).

При ограниченном воздухововлечении (до 6%) и малом времени выдержки смеси до формования (не более 20 мин) можно применять также добавки ВЛКХ-1, СПД, НЧК и КЧНР.

4.22. Вода для затворения керамзитобетонных и растворных смесей должна удовлетворять требованиям ГОСТ 23732–79.

4.23. Все материалы, используемые как компоненты бетона, а также арматура, закладные детали, герметизирующие комплектующие элементы, материалы для смазки форм, отделочные материалы должны соответствовать требованиям проекта, ГОСТ, ТУ и подлежать систематическому входному контролю заводской лабораторией.

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПОДБОР И НАЗНАЧЕНИЕ СОСТАВА КОНСТРУКЦИОННО-ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНА НА КАРБОНАТНОМ ПЕСКЕ

5.1. Подбор состава керамзитобетона должен обеспечивать: требуемую подвижность или жесткость смеси; заданную плотность при проектной прочности бетона; необходимые эксплуатационные требования к изделиям.

5.2. При проектировании и подборе составов необходимо учитывать физико-механические характеристики крупного и мелкого заполнителя по реальным показателям их качества.

5.3. При проектировании состава бетонной смеси должны быть заданы:

жесткость или подвижность;

проектная марка бетона по средней плотности, класс по прочности на сжатие и другие эксплуатационные характеристики;

технология приготовления бетонной смеси, формования изделий, условия твердения.

5.4. Подбор составов керамзитобетона рекомендуется проводить одним из способов: по таблицам и графикам или используя методику планированного эксперимента.

5.5. Принятые лабораторией расчетные составы необходимо проверить в производственных условиях на рабочих исходных материалах с учетом технологии изготовления, транспортировки, формования и твердения изделий.

5.6. Пригодность исходных материалов оценивают по результатам испытаний в соответствии с действующими нормативными документами и с учетом требований разд. 4 настоящих Рекомендаций. Пригодность также можно оценить по паспортам поставщиков, в которых должны быть указаны все необходимые характеристики.

5.7. Подбор составов керамзитобетона целесообразно выполнять в следующей последовательности:

оценка пригодности исходных материалов;

расчет и назначение исходного состава;

приготовление 1-й партии опытных замесов и образцов с последующей обработкой результатов испытаний;

корректировка состава с учетом результатов испытаний;

проверка состава на действующей технологической линии;

обработка результатов испытаний и расчет характеристик изменчивости прочности и плотности бетона;

назначение рабочего состава.

5.8. При назначении исходного состава расход крупного заполнителя в зависимости от зернового состава и типа смесителя принимают: для марок керамзи-

та по прочности на сжатие 1. . .1,5 и менее в интервале 0,95. . .1,05, более высоких марок 0,9. . .0,95 $м^3/м^3$.

Если смесь приготавливают с применением воздухововлекающих добавок, объем крупного заполнителя увеличивают соответственно до 1,05. . .1,15 и 1,0. . .1,05 $м^3/м^3$.

5.9. Расход цемента для опытных замесов следует принимать по табл. 4 или по графикам (рис. 1, 2).

Таблица 4

Проектный класс бетона	Расход цемента марки 400 в зависимости от вида мелкого заполнителя, $кг/м^3$	
	карбонатный песок	карбонатный и перлитовый песок
В 3,5	200	200
В 5	220	240
В 7,5	250	260
В 10	270	290
В 12,5	310	330

Примечания: 1. В таблице приведены расходы цемента для керамзита марок по прочности 1. . .1,5 и более. Для более низких марок керамзита расход цемента следует увеличивать на 5%. 2. Для цементов марки 300 расход следует повысить на 5% для класса В 3,5; на 7% – для В 5; на 10% – для классов В 7,5 – 12,5.

5.10. При уточнении состава по результатам производственных испытаний расход цемента изменяют в пределах 10–20% от указанных в табл. 3. Минимальный расход цемента для всех составов не должен быть ниже 200 $кг/м^3$.

5.11. Агрегатно-структурный фактор $r = М/(М + К)$ для конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона классов В 3,5–12,5 следует назначать 0,25–0,4.

5.12. Жесткость смеси рекомендуется выбирать в зависимости от типа изделий, способов формования и уплотнения смеси (см. прил. 1).

5.13. Воздухововлекающие добавки рекомендуется применять в виде растворов 5% концентрации в соответствии с указаниями п. 4.22 настоящих Рекомендаций и "Руководства по применению химических добавок в бетоне", М., Стройиздат, 1981.

5.14. Расход песка в опытных замесах можно определять по формуле

$$П = \rho_{сух} - 1{,}15Ц - К, \qquad (3)$$

где П – расход мелкого заполнителя, $кг/м^3$; $\rho_{сух}$ – проектная плотность бетона в сухом состоянии, $кг/м^3$; Ц – расход цемента, $кг/м^3$ (табл. 4 или рис. 1, 2); К – содержание керамзита, $кг/м^3$.

$$К = V_К^{20...40}\rho_К^{20...40} + V_К^{10...20}\rho_К^{10...20} + V_К^{5...10}\rho_К^{5...10}. \qquad (4)$$

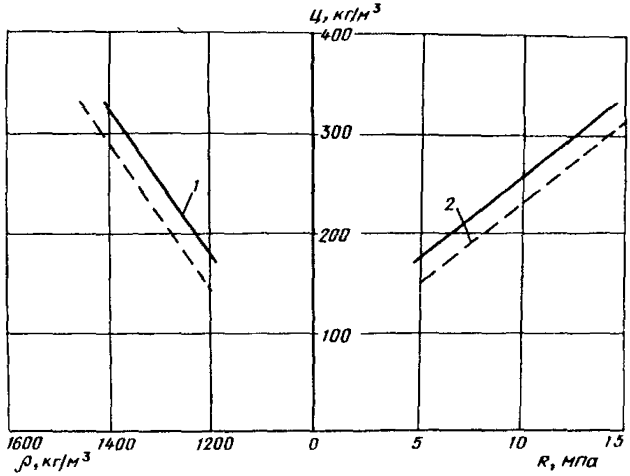


Рис. 1. Зависимость прочности и плотности керамзитобетона на карбонатном песке от расхода цемента
1 — М/(М+К) = (0,25...0,32); 2 — М/(М+К) = = (0,32...0,4)

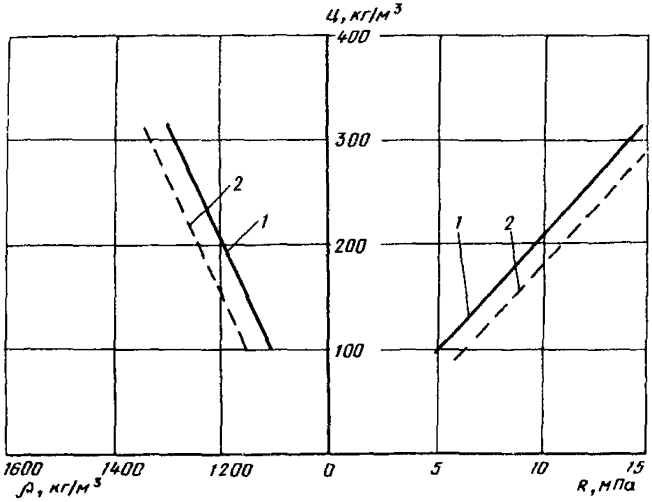


Рис. 2. Зависимость прочности и плотности керамзитоперлитобетона на карбонатном песке от расхода цемента
1 — М/(М+К) = (0,25...0,32); 2 — М/(М+К) = = (0,32...0,4)

Если в составе применяют смесь карбонатного и перлитового песка, то во внимание принимают их суммарное количество.

5.15. Для конструкционно-теплоизоляционных бетонов с воздухововлекающими добавками содержание мелкого заполнителя в смеси должно находиться в пределах 0,2. . .0,3 $м^3/м^3$.

5.16. Начальный расход воды можно принимать по табл. 5 в зависимости от значения агрегатно-структурного фактора, жесткости (подвижности) смеси.

Таблица 5

Подвижность, см	Жесткость, с	Начальный расход воды (В), $л/м^3$		
		Агрегатно-структурный фактор r = М/(М + К)		
		0,25	0,32	0,4
1. . .3	5. . .10	220	230	240
–	11. . .20	210	215	220
–	21. . .40	190	200	210

5.17. Правильность рассчитанного состава можно проверить по принципу абсолютных объемов

$$\Sigma V_{абс.} = Ц / \rho_{ц} + К / n\rho_{з.к} + П / \rho_{з.п} + В, \qquad (5)$$

где Ц, К, П – см. формулу (3); В – расход воды; $\rho_{ц}$ – плотность цемента определенная по ГОСТ 310.2–76* или принимаемая 3,1 $кг/дм^3$; $\rho_{з.к.}$ – плотность зерен керамзита в цементном тесте, $кг/дм^3$; $\rho_{з.п.}$ – плотность зерен песка в цементном тесте, $кг/дм^3$, по ГОСТ 9758–86; n – коэффициент, учитывающий увеличение объема массы зерен за счет их разрушения при перемешивании (ориентировочно можно принять для заполнителей с маркой по прочности 1. . .1,5 и более 1,05. . .1,1 и 1,1. . .1,15 для более низких марок).

5.18. Для смесей с воздухововлекающими добавками величина $\Sigma V_{абс}$ не должна превышать 1000 $л/м^3$, без добавок – 1050 $л/м^3$.

5.19. Если найденное значение $\Sigma V_{абс}$ или содержание песка в смеси не соответствуют условиям, указанным в пп. 5.15, 5.17, необходимо повторить расчет, изменив содержание керамзита.

Если после повторного расчета условия не выполняются, значит на принятых исходных материалах невозможно получить бетон плотной структуры и требуемой плотности.

В этом случае необходимо принять более легкие заполнители, если $\Sigma V_{абс}$ или содержание песка менее допустимых значений или заменить часть карбонатного песка перлитовым.

5.20. Полученный исходный состав проверяют на соответствие заданной плотности при проектировании прочности и требуемой подвижности (жесткости) смеси.

Смесь испытывают в соответствии с ГОСТ 10181.1–81 и ГОСТ 10181.2–81, а контрольные кубы по ГОСТ 12730.1–78 и ГОСТ 10180–78*.

5.21. При проведении опытных замесов уточняют расход воды для обеспечения заданной удобоукладываемости с учетом влажности крупного и мелкого заполнителей.

5.22. На основании удовлетворительных результатов проверки исходного состава назначают *номинальный расчетный состав, который проверяют* непосредственно в производственных условиях в течение нескольких смен. При этом с учетом технологических особенностей уточняют расход воды и воздухововлекающей добавки, необходимых для обеспечения удобоукладываемости, необходимой плотности, нерасслаиваемости смеси в момент формования.

5.23. Расчетный состав признают удовлетворительным, если на данном технологическом оборудовании обеспечивается получение бетона плотной однородной структуры с заданной прочностью после тепловой обработки (не ниже отпускной) и плотностью, соответствующей требованиям проекта.

5.24. По расчетному составу проверяют коэффициент теплопроводности (по методике, приведенной в прил. 8) и морозостойкость (ГОСТ 7025–78).

5.25. Для назначения рабочего состава контролируют фактические показатели качества бетона (прочность и плотность) и их статистические характеристики (коэффициенты вариации) C_{vr}, $C_{v\rho}$, а также их корреляцию $(R - \rho)$ сравнивают с регламентируемыми величинами.

Ниже приведена форма таблицы и последовательность вычислений для определения C_{vr}, $C_{v\rho}$ и $(R - \rho)$

Таблица 6

№ партии	№ образца	Прочность R_i, МПа	Объемная плотность в высушенном состоянии ρ_i, кг/м^3	$R_i - \bar{R}$	$(R_i - \bar{R})^2$	$\rho_i - \bar{\rho}$	$(\rho_i - \bar{\rho})^2$	$(R_i - \bar{R}) \times (\rho_i - \bar{\rho})$
	ΣN	$\sum_{i=1}^{N} R_i$	$\sum_{i=1}^{N} \rho_i$	$\Sigma = 0$	$\sum_{i=1}^{N} (R_i - \bar{R})^2$	$\Sigma = 0$	$\Sigma(\rho_i - \bar{\rho})^2$	

По данным таблицы определяют:
среднеарифметические значения

прочности
$$\bar{R} = \frac{1}{\Sigma N} \Sigma R_i, \qquad (6)$$

плотности
$$\bar{\rho} = \frac{1}{\Sigma N} \sum_{i=1}^{N} \rho_i; \qquad (7)$$

среднеквадратические отклонения

прочности $$S_R = \sqrt{\frac{1}{\Sigma N - 1} \Sigma (R_i - \bar{R})^2}, \quad (8)$$

плотности $$S_\rho = \sqrt{\frac{1}{\Sigma N - 1} \Sigma (\rho_i - \bar{\rho})^2}; \quad (9)$$

коэффициент вариации

прочности $$C_{vr} = \frac{S_R}{\bar{R}} < 0{,}135, \quad (10)$$

плотности $$C_{v\rho} = \frac{S_\rho}{\bar{\rho}} < 0{,}05; \quad (11)$$

оценку коэффициента корреляции между прочностью и плотностью

$$r_{\rho R} = \frac{1}{(\Sigma N - 1) \cdot S_R \cdot S_\rho} \sum_{i=1}^{N} (R_i - \bar{R})(\rho_i - \bar{\rho}) > 0{,}5; \quad (12)$$

ошибку корреляции

$$m_r = \frac{1 - r^2_{\rho R}}{\Sigma N}, \quad (13)$$

отношение оценки коэффициента корреляции к ошибке

$$\frac{r_{\rho R}}{m_r} > 3. \quad (14)$$

5.26. При удовлетворительных результатах проверки расчетный состав назначают рабочим.

Если фактические показатели качества бетона, выявленные в результате статистической обработки, не отвечают требуемым, следует произвести полный пересчет и назначение нового номинального расчетного состава или произвести корректировку технологии.

5.27. На основании полученных значений определяют среднюю расчетную плотность и ее браковочный максимум

$$\rho_{бр} \leqslant \rho_{расч} \ (1 + C_{v\rho}) \leqslant \rho_{расч} \cdot 1{,}05. \qquad (15)$$

5.28. В случае необходимости подбора нескольких составов целесообразно использовать методику планирования эксперимента. Подбор одного состава является частной задачей.

5.29. Исходный состав смеси назначают в соответствии с указаниями п. 5.9; 5.11; 5.16.

Расход заполнителей (керамзита и песков) по объему назначают по формуле

$$М + К = 1000 - Ц / \rho_{ц} - В. \qquad (16)$$

5.30. При проектировании составов с использованием планированного эксперимента независимыми переменными факторами целесообразно принимать:

расход цемента, Ц, кг/м^3 (X_1);

количество воздухововлекающей добавки Д, % от Ц (X_2);

агрегатно-структурный фактор М/(М+К) (X_3).

При использовании мелкого заполнителя в виде смеси карбонатного и перлитового песка в планируемый эксперимент рекомендуется вводить независимой переменной процентное содержание перлитового песка в общем объеме мелкого заполнителя (X_4). Интервалы варьирования факторов приведены в табл. 7.

Таблица 7

Кодированная переменная	Фактор	Единица измерения	Интервалы варьирования в % от основного уровня
X_1	Расход цемента, Ц	кг/м^3	25 . .30
X_2	Агрегатно-структурный фактор r = М / (М + К)	кг/м^3	25. . .30
X_3	Количество воздухововлекающей добавки	%	50. . .100
X_4	Содержание перлитового песка в общем объеме мелкого заполнителя	%	50. . .30

Примечание. Основной уровень соответствует значениям, которые принимают для исходных составов.

5.31. Значения факторов на соответствующих уровнях переводят в кодированные единицы. Условия кодирования каждого фактора задают соотношением

$$x_i = \frac{X_i - X_o}{\Delta X}, \qquad (17)$$

где x_i – кодированное значение фактора; X_i – натуральное значение фактора на верхнем и нижнем уровнях; X_o – натуральное значение фактора на основном уровне; ΔX – интервал варьирования фактора.

Внутри области эксперимента любому значению фактора соответствует его кодированное значение.

Для упрощения записей верхний уровень обозначают (+1), нижний (–1), основной (0).

5.32. Для проведения планированного эксперимента рекомендуется использовать планы, близкие к D-оптимальным, которые записывают в виде матриц (табл. 22, прил. 4).

Контролируемыми параметрами можно принимать прочность, плотность, стоимость, коэффициент теплопроводности и др. Для определения контролируемых параметров изготавливают серии опытных образцов для каждой строчки матрицы.

При изготовлении образцов следует контролировать фактическую плотность свежеуложенной смеси, которая не должна превышать расчетную более чем на 5%.

Испытание образцов необходимо проводить согласно действующих ГОСТов.

5.33. После реализации строчек рабочей матрицы составляют расчетную, с помощью которой проводят обработку результатов опытов и получают математическую модель соответствующего контролируемого параметра в виде полинома второй степени:

$$y = b_o + \sum_{i=1}^{N} b_i x_i + \sum_{i=1}^{N} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^{N} b_{ii} x_i ; \qquad (18)$$

где N – количество строчек (опытов) плана; x_i, x_j – кодированное значение переменных; b_o, b_i, b_{ij}, b_{ii} – коэффициенты полинома, определенные по формулам:

$$b_o = k_1 (Oy) - k_2 \sum_{i=1}^{N} (i\,i\,y); \qquad (19)$$

$$b_i = k_3 (i\,j\,y) ; \qquad (20)$$

$$b_{ij} = k_4 (i\,j\,y) ; \qquad (21)$$

$$b_{ii} = k_5 (i\,i\,y) - k_6 (Oy) - k_7 \sum_{i=1}^{N} (i\,i\,y) , \qquad (22)$$

где $(Oy) = \sum_{u=1}^{N} y_u$; $(i\,y) = \sum_{u=1}^{N} x_{iu}\, y_u$; $(i\,i\,y) = \sum_{u=1}^{N} x^2_{iu}\, y_u$; $(i\,j\,y) =$

$= \sum_{u=1}^{N} x_{iu} x_{ju} y_u$; u – номер строки матрицы плана; i, j – номера столбцов;

$k_1 \ldots k_8$ – константы, значения которых приведены в зависимости от количества факторов в табл. 8.

Таблица 8

Матрица плана	Количество опытов	Константы			
		k_1	k_2	k_3	k_4
3-факторного	17	13/71	5/72	0,102	0,125
4-факторного	30	11/114	3/114	0,0556	0,0625
		k_5	k_6	k_7	k_8
3-факторного	17	0,5	5/71	9/71	0,373
4-факторного	30	0,5	1/38	13/114	0,386

5.34. Полученные уравнения проверяют на пригодность для описания исследуемых зависимостей.

По результатам одинаковых опытов (нулевые строчки плана) определяют дисперсию эксперимента для каждого контролируемого параметра

$$S^2_y = \frac{S_E}{n_0 - 1}, \qquad (23)$$

где n_0 – количество нулевых строчек плана; $S_E = \sum_{i=1}^{n_0} (\bar{y}_0 - y_0)^2$ – сумма квадратов отклонений контролируемого параметра в нулевых строчках от среднего значения, определяемого по формуле

$$\bar{y}_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n_0} y_0}{n_0}. \qquad (24)$$

Остаточную сумму квадратов определяем по формуле

$$S_R = \sum_{i=1}^{N} (\hat{y}_i - y_i)^2, \qquad (25)$$

где $\hat{y}_i$ – расчетное значение контролируемого параметра, получаемое подстановкой кодированного значения фактора каждой строчки в модель; y_i – экспериментальное значение контролируемого параметра;

Дисперсию адекватности определяют по формуле

$$S^2_{LF} = S_{LF} / f_{LF}, \qquad (26)$$

где $S_{LF} = S_R - S_E$; $f_{LF} = N - \left[\frac{(к+2)(к+1)}{2} - (n_0 - 1) \right]$ – число степеней свободы; к – число факторов.

Адекватность, определяющая статистическую значимость (пригодность) полученной математической модели, проверяют по F-критерию Фишера:

$$F_p = \frac{S^2_{LF}}{S^2_y} < F_т, \tag{27}$$

где F_p – расчетное значение F-критерия; $F_т$ – табличное значение критерия Фишера, назначаемое по прил. 8 при принятом уровне значимости в зависимости от числа степеней свободы, с которыми вычисляют S^2_y и S^2_{LF}.

При соблюдении неравенства (27) модель адекватна и может быть использована для описания исследуемой зависимости.

5.35. Проверив адекватность, определяют значимость коэффициентов по величинам доверительных интервалов

$$\Delta b = \pm t S_b, \tag{28}$$

где t – табличное значение t-критерия Стьюдента. Для трех- и четырехфакторных планов второго порядка можно принять $t = 2$; S^2_b – среднеквадратическая ошибка коэффициентов математической модели, которую вычисляют по значениям дисперсий S^2_y по формулам:

$$S^2_{b_0} = k_1 S^2_y, \tag{29}$$

$$S^2_{b_{ii}} = k_2 S^2_y, \tag{30}$$

$$S^2_{b_i} = k_3 S^2_y, \tag{31}$$

$$S^2_{b_{ij}} = k_4 S^2_y, \tag{32}$$

где k_1, k_3, k_4, k_2 – константы, принимаемые по табл. 8.

При выполнении условия $b_i > \Delta b_i$ считают статистически значимым.

В противном случае после соответствующего анализа коэффициент может быть отброшен как статистически незначимый.

5.36. По принятым уравнениям регрессии проводят аналитическую и графическую интерпретацию результатов, анализируют влияние каждого фактора на исследуемый параметр и назначают номинальный расчетный состав.

6. ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ КЕРАМЗИТОБЕТОННОЙ СМЕСИ

6.1. Приемка и хранение заполнителей – керамзита, карбонатного и перлитового песков – должны производиться строго раздельно по фракциям 0,5 (пески), 5...10, 10...20, 20...40 (керамзит) в закрытых складах.

6.2. При поступлении заполнителей с разных заводов (карьеров) или различных марок необходимо организовать раздельное хранение их – по партиям и фракциям.

6.3. Хранение и последующее использование карбонатного и перлитового песков допускаются при влажности 7. . .8%. Наиболее эффективному использованию песков, исключающему их слеживание, смерзание и налипание на транспортирующие емкости, соответствует влажность 3. . .4%.

6.4. Транспортирование пористых заполнителей со склада к месту дозирования должно исключать их разрушение и загрязнение. При этом рекомендуется использовать ленточные транспортеры, элеваторы, скиповые устройства. Применение бульдозеров и скреперов не допускается. В момент подачи на дозирование пористые заполнители должны иметь положительную температуру, не превышающую 70°С.

6.5. Для предотвращения смешивания фракций керамзита при их дозировании над расходными бункерами смесительного отделения рекомендуется устанавливать цилиндрические грохоты, а над загрузочными люками – специальные решетки (сита), не допускающие попадания в отсек зерен большего размера.

6.6. Перед подачей пористых заполнителей в расходные бункеры бетоносмесительного отделения завода следует обязательно проверять соответствие их качества заданным требованиям.

Дозирование керамзита, карбонатного и перлитового песков следует проводить в соответствии с утвержденными составами автоматическими дозаторами объемно-весовым способом с точностью 3%.

6.7. Приемку и хранение цемента следует производить строго по партиям. Перед загрузкой новой партии необходимо полностью очищать емкости от цемента предыдущей партии. Оборудование склада должно предусматривать возможность перекачивания цемента из банки в банку.

6.8. Химические добавки рекомендуется вводить в керамзитобетонную смесь в виде 5%-го раствора. При этом воздухововлечение не должно изменять плотность уплотненного керамзитобетона более, чем на 5%; расход цемента не должен быть увеличен.

6.9. Цемент, вода и добавки дозируются по массе с точностью ± 2%.

6.10. Приготовление керамзитобетонной смеси следует производить в циклических смесителях принудительного действия с рекомендуемой емкостью не менее 1500 л. К спиральным лопастям смесителей рекомендуется прикрепить на болтах полосы транспортерной ленты, что предохраняет от размола керамзит при его перемешивании и обеспечивает чистоту смесительного барабана. Применение смесителей, дробящих или размалывающих керамзит или взбивающих техническую пену при перемешивании, не допускается.

Смесители рекомендуется оборудовать пароразогревом.

6.11. Загружение компонентов керамзитобетона в смеситель рекомендуется проводить в следующей последовательности:

загружение всего количества цемента и песка, 2/3 количества воды и всего количества химической добавки; перемешивание до получения однородной смеси в течение 3. . .5 мин;

загружение всего количества керамзита и оставшегося количества воды с учетом использованной на растворение добавки; перемешивание до получения однородной смеси в течение 3. . .4 мин.

Продолжительность перемешивания должна уточняться в производственных условиях и контролироваться автоматически.

6.12. Транспортирование керамзитобетонной смеси к месту укладки следует осуществлять кратчайшим путем, с исключением сегрегации и расслоения ее.

При этом рекомендуется использовать кюбеля большой емкости (2000 л и более), бетонораскладчики и бетоновозные тележки. Применение ленточных транспортеров допускается в ограниченных масштабах при условии гарантированной высокой однородности, связности и воздухоудерживающей способности смеси.

6.13. Приготовленная и поданная к месту укладки керамзитобетонная смесь должна иметь:

требуемую объемную плотность в уплотненном состоянии с отклонением не более 5%;

требуемую удобоукладываемость;

заданную жесткость с отклонениями не более 5 с (при жесткости смеси до 20 с); 10 с (при жесткости – 20. . .60 с); 15 с (при жесткости – более 60 с);

Смесь должна обеспечивать затвердевшему бетону указанную в проекте структуру, плотность, прочность, заданные теплотехнические характеристики и др.

6.14. В зимних условиях пористые заполнители – керамзит, карбонатный и перлитовый пески – в момент загрузки в смеситель должны иметь положительную температуру и не содержать смерзшихся кусков.

Приготовление бетонной смеси должно вестись на подогретой воде, температуру которой устанавливают лабораторно, но не более 70°С. Бетонная смесь, приготовленная в зимнее время, должна иметь температуру не ниже 10°С.

7. ФОРМОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ

7.1. Укладка, виброуплотнение и отделка поверхностей изделий из легкого бетона с применением конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке не отличаются от аналогичных технологических процессов легких бетонов на пористых заполнителях.

7.2. Панели наружных стен, плиты покрытий и крупные стеновые блоки рекомендуется формовать в горизонтальном положении по поточно-агрегатной или конвейерной технологии.

Формование по стендовой технологии допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании.

7.3. Выбор технологических методов формования изделий из конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке производят в зависимости от их вида и назначения и обосновывают технико-экономической

эффективностью в соответствии с Руководством по технико-экономической оценке способов формования бетонных и железобетонных изделий.

7.4. При выборе метода формования изделий учитывают необходимость предельного уплотнения керамзитобетонной смеси, а также достижения однородности керамзитобетона по всему объему элемента. Исходя из этого, при формовании изделий следует добиваться максимального сближения гранул керамзита, уменьшения растворной части при наиболее полном заполнении межзернового пространства, оптимального водосодержания смеси с целью снижения производственной влажности конструкций.

7.5. При любой схеме производства однослойных панелей наружных стен в процессе формования необходимо производить двустороннюю интенсивную виброобработку смеси, обеспечивающую ее предельное уплотнение. При виброобработке форму следует прикреплять к виброплощадке.

7.6. Керамзитобетонную смесь при горизонтальном формовании панелей и блоков рекомендуют укладывать через вибронасадку с одновременным уплотнением на виброплощадке.

7.7. Формование изделий на поточно-агрегатных и конвейерных линиях можно производить "лицом вниз" или "лицом вверх". Метод укладки декоративного слоя определяют принятыми технологическими приемами производства и требованиями к наружной фактуре.

7.8. Принятая технология формования наружных стеновых панелей и блоков должна позволять одновременное применение нескольких методов декоративной фасадной отделки.

7.9. Наружные стеновые панели и блоки рекомендуется формовать "лицом вниз". В этом случае обеспечивается лучшее уплотнение облицовочного слоя и сцепление его с керамзитобетоном, большее разнообразие методов отделки, возможность установки столярных изделий в процессе формования.

7.10. Формование панелей и блоков наружных стен "лицом вверх" допускается в виде исключения при условии специального уплотнения поверхностными вибраторами или трамбующими устройствами верхнего слоя бетона с непосредственной (без срезки излишков и добавки смеси) последующей укладкой на уплотненный бетон декоративно-защитного слоя. При этом укладка дополнительного отделочного слоя внутренней стороны панелей не требуется.

7.11. При формовании изделий должны быть достигнуты принятые при проектировании состава уровни соответствующих показателей: однородность прочности, плотности, структуры и фактуры керамзитобетона по простиранию, объему и поверхности формуемого изделия, а также партии изделий.

7.12. Формование изделий включает в себя следующие этапы: подготовку форм с установкой арматуры, укладку и уплотнение керамзитобетонной смеси с последующей отделкой поверхности.

7.13. Формы для изготовления панелей и блоков должны отвечать требованиям ГОСТ 25781–83*Е и обеспечивать получение изделий с заданными размерами, отвечающих соответствующим ГОСТам, а также рабочим чертежам на изделия.

7.14. Перед формованием изделий формы должны быть тщательно очищены, собраны и смазаны. В зимнее время должны иметь положительную температуру, но не более 70°С. Подготовка формы должна включать проверку плотности при-

творов и шарнирных соединений формы. Из-за малой вязкости смеси керамзитобетона необходимо предусмотреть уплотнение стыков в форме.

7.15. Для смазки форм рекомендуются водостойкие смазочные материалы, обладающие достаточной адгезией к металлу, не смешивающиеся с бетонной смесью и не вызывающие разрушение поверхности форм и бетона. Для этого используют составы, рекомендуемые Инструкцией по приготовлению и применению эмульсионной смазки ОЭ-2 для форм при производстве железобетонных изделий и другие, применение которых проверено опытом.

7.16. При укладке в формы деревянных закладных деталей (столярных изделий, вкладышей, пробок и т. п.) их поверхности, соприкасающиеся с бетоном, изолируют гидрофобными антисептирующими смазками, слоем водонепроницаемой бумаги или пленки в соответствии с проектом.

7.17. Для предупреждения смещений и обеспечения требуемой толщины защитного слоя бетона при формовании арматурные изделия, закладные детали, проемообразователи и т. п. следует фиксировать специальными приспособлениями.

7.18. Укладка и уплотнение керамзитобетонной смеси осуществляются способами, обеспечивающими при минимальной трудоемкости формования равномерное уплотнение бетонной смеси по всему объему изделия.

7.19. Керамзитобетонную смесь в форму рекомендуется укладывать из бетоноукладчика или непосредственно из смесителя с небольшой высоты (не более 50 см), не допуская размыва или раздвижки уложенного отделочного слоя. Форма должна быть заполнена в один прием.

7.20. При укладке керамзитобетонной смеси в формы необходимо, чтобы время с момента выгрузки смеси из смесителя до ее уплотнения, мин, не превышало:

45 – без химических добавок;

30 – с воздухововлекающими добавками;

20 – с ускорителями твердения;

15 – предварительно разогретых.

Укладку бетонной смеси следует производить послойно, без перерывов.

7.21. Подвижность керамзитобетонной смеси для каждого способа формования определяют лабораторными исследованиями по существующим методикам. При этом следует учитывать, что она зависит от расхода цемента, зернового состава, наличия добавок.

7.22. Уплотнение керамзитобетонной смеси в форме, жестко прикрепленной к виброплощадке, следует производить немедленно после укладки смеси – в течение 30. . .45 с. При необходимости смесь можно добавлять в форму во время вибрации. После виброуплотнения поверхность выравнивают лыжным финишером или другими механизмами. Продолжительность формования не должна превышать 20 мин с момента начала укладки смеси и до завершения выравнивания. Затирку внутренней поверхности выполняют раствором на просеянном карбонатном песке с предельной крупностью зерен 1,25 мм.

7.23. Уплотнение бетонных смесей на поточно-агрегатных и конвейерных линиях следует производить на секционных блочных виброплощадках с вертикально направленными колебаниями, распределение амплитуд колебаний по площади формы должно быть равномерным, при этом отклонение размера амплитуд в отдельных точках от среднего значения не должно быть более 20 %.

Для обеспечения предельного уплотнения бетонной смеси в изделиях (при толщине уплотняемого слоя не более 500 мм) продолжительность вибрации в секундах должна быть:

60. . .150 – при повышенно и особо жестких смесях (20. . .40 с);
40. . .120 – при умеренно жестких и жестких смесях (5. . .20 с);
30. . .50 – при малоподвижных смесях (1. . .3 с).

Для смесей с жесткостью 30 с и более при формовании однотипных изделий (плоскостных, с пустотами и др.) следует применять вибропригруз из расчета 0,003. . .0,005 МПа.

7.24. Уплотнение бетонных смесей в горизонтальных формах поверхностными вибраторами следует производить непрерывными полосами с перекрытием на 5 см смежных участков при толщине уплотняемого слоя не более 400 мм и жесткости бетонной смеси не более 20 с. Продолжительность вибрирования на одном месте должна быть в пределах 20. . .30 с.

7.25. Уплотнение бетонной смеси переносным глубинным вибратором следует производить участками с учетом его эффективного радиуса действия при толщине слоя бетона не более длины рабочей части вибратора при подвижности бетонной смеси не более 2 см и жесткости не более 10 с. Продолжительность вибрирования на одном месте должна быть в пределах 20. . .30 с.

7.26. При формовании изделий с немедленной распалубкой технологические параметры должны назначаться с учетом сохранения целостности изделия после снятия бортовой оснастки и обеспечения при этом минимальных деформаций свежеотформованного бетона на всех последующих операциях.

Прочность уплотненной бетонной смеси, при которой обеспечиваются ее минимальные деформации от собственной массы, должна достигаться за счет повышения жесткости смеси и температуры до 70°С, введения добавок-ускорителей или путем применения особых технологических приемов – вакуумирования, самопрессования и др.

7.27. Отделку фасадных поверхностей наружных панелей следует производить материалами и способами, указанными в проекте, применяя при этом специальные бетоноукладчики и фактуроукладчики.

Требуемое качество отделки следует обеспечить в процессе формования или на специальных линиях или постах. Выполнение отделочных операций должно быть максимально механизировано.

Разрыв между укладкой декоративного и конструктивного слоев панели не должен превышать в закрытых цехах 1,5, на полигонах – 1 ч.

8. ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА ИЗДЕЛИЙ

8.1. Для достижения конструкционно-теплоизоляционным керамзитобетоном распалубочной, отпускной или проектной прочности в наиболее короткие сроки, при одновременном соблюдении требований по экономии цемента, качеству готовых изделий и обеспечению влажности бетона в изделиях, не превышающих заданную, производят тепловую обработку изделий.

8.2. Для конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке (классов В 12,5 и ниже) режим тепловой обработки должен обеспечивать не только требуемую отпускную и проектную прочность, но и отпускную влажность бетона в изделиях.

В целях снижения отпускной влажности изделий их тепловлажностную обработку целесообразно производить в условиях, способствующих испарению влаги из бетона.

8.3. Тепловую обработку изделий, отформованных из холодной керамзитобетонной смеси рекомендуется выполнять:

при поточно-агрегатном производстве – глухим паром или теплоэлектронагревателями в ямных вентилируемых камерах сухого прогрева;

при конвейерном производстве – в щелевой камере твердения, оборудованной устройствами для сухого прогрева бетона, а также в пакетах термоформ на домкратных подъемниках, позволяющих вводить формы в низ пакета.

8.4. Ускорение твердения тепловой обработкой в пропарочных камерах насыщенным паром допускается в виде исключения при условии вентилирования камер и достижения установленной нормы производственной влажности керамзитобетона.

8.5. Выбор режимов и способов твердения изделий из керамзитобетона на карбонатном песке следует производить в зависимости от вида источников тепла, принятой технологии производства в "Руководстве по тепловой обработке бетонных и железобетонных изделий".

8.6. Режимы тепловой обработки следует устанавливать опытным путем с учетом условий прогрева изделий, структуры бетона, жесткости смеси и установления оптимальной длительности отдельных его периодов, предварительная выдержка, подъем температуры, изотермический прогрев и остывание.

Общая продолжительность тепловой обработки с момента окончания формования не должна превышать 14 ч.

При назначении общей длительности тепловой обработки изделий следует учитывать требуемую отпускную прочность, марку по прочности применяемого керамзитового гравия и длительность выдерживания изделий после прогрева в соответствии с данными табл. 9.

Таблица 9

Класс бетона	Прочность керамзита при сдавливании в цилиндре, МПа	Требуемая прочность бетона, % от проектной, при испытании контрольных образцов через 4 ч после тепловой обработки	Общая длительность тепловой обработки, ч
В 3,5	0,8...1,8	65	8
		70	10
		75	12
		80	14
В 5	1...2,1	65	8
		70	10
		75	12
		80	14

Продолжение табл. 9

Класс бетона	Прочность керамзита при сдавливании в цилиндре, МПа	Требуемая прочность бетона, % от проектной, при испытании контрольных образцов через 4 ч после тепловой обработки	Общая длительность тепловой обработки, ч
В 7,5	1. . .2,5	65	8
		70	10
		75	12
		80	14
В 10	1,2. . .2,5	65	8
		70	10
		75	12
		80	14
В 12,5	1,5. . .3,3	65	8
		70	10
		75	12
		80	14

8.7. Для ускорения оборачиваемости форм и камер при изготовлении изделий из конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке целесообразно применение сокращенных режимов, при которых продолжительность тепловлажностной обработки должна определяться временем, необходимым для достижения в центре наибольшего сечения изделия температуры 65–80°С (меньшие значения для изделий толщиной 35. . .40 см, большие для изделий толщиной 20. . .30 см). Этот период разогрева должен определяться на основе экспериментов или расчетом в соответствии с методикой, изложенной в ВСН 76-5-71 "Временные указания по применению электрических, газовых инфракрасных излучателей и продуктов сгорания природного газа для тепловой обработки керамзитобетонных изделий в щелевых камерах непрерывного действия".

При дальнейшем нахождении распалубленных изделий в теплом помещении с температурой среды 15. . .20°С в период медленного естественного их остывания, продолжающегося 4. . .6 ч, прочность керамзитобетона в изделиях увеличивается и достигает требуемого отпускного значения.

8.8. Время начала разогрева отформованного керамзитобетона устанавливают не ранее перехода кривой структурообразования из периода формования в период упрочнения, согласно методике, изложенной в Рекомендациях по технологии заводского производства и контролю качества легкого бетона и крупнопанельных конструкций жилых зданий, или конца схватывания цемента.

8.9. Для уменьшения деструктивных процессов, возникающих в твердеющем бетоне, при тепловой обработке рекомендуется отформованное изделие из керамзитобетона на карбонатном песке выдерживать в цехе или в камере при темпе-

ратуре 15–20°С не менее 1,5 ч при сухом прогреве и в термоформах, 2 ч при пропаривании.

При применении добавок следует пользоваться специальными тепловыми режимами.

8.10. Режимы тепловой обработки изделий, отформованных из холодной керамзитобетонной смеси классов В 3,5. . .В 12,5 следует назначать в соответствии с табл. 10 настоящих Рекомендаций.

Таблица 10

Способ тепловой обработки	Толщина изделий, мм	Режим тепловой обработки, ч
Сухой прогрев при температуре до 150°С	До 400	9 (2+5+2), 10 (2+6+2)
Прогрев в термоформах или камерах глухим паром при температуре 90–95°С	То же	10 (3+5+2), 11 (3+6+2)

Таблица 11

Структура бетона	Жесткость смеси, с	Подвижность смеси, см	Условия тепловой обработки	Предварительная выдержка, ч	Скорость подъема температуры, град/ч
Плотная	Более 30	–	Сухой прогрев в термоформе	0,5. . .1	60. . .70
			То же	1. . .1,5	40. . .50
			Пропаривание	1,5. . .2	20. . .30
	10. . .30	–	Сухой прогрев в термоформе	1. . .1,5	40. . .50
			То же	1,5. . .2	30. . .40
			Пропаривание	2. . .3	20. . .30
Поризованная	10. . .20	–	Сухой прогрев в термоформе	1,5. . .2,5	40. . .50
			То же	2. . .3	25. . .35
			Пропаривание	3. . .4	15. . .20
	–	1. . .3	Сухой прогрев в термоформе	2. . .3	30. . .40
			То же	3. . .4	20. . .30
			Пропаривание	3,5. . .4,5	15. . .20

При предварительном разогреве керамзитобетонной смеси, до начала подъема температуры, изделия должны выдерживаться в течение 0,5–1 ч при температуре среды, близкой к температуре разогрева смеси для исключения деструктивных процессов при последующей термообработке по форсированным режимам и уменьшения потерь тепла из разогретого бетона.

8.11. Продолжительность выдерживания отформованных изделий из конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке плотной структуры до начала тепловой обработки и скорость подъема температуры должны устанавливаться опытным путем с учетом структуры бетона, жесткости смеси, условий прогрева изделий. Их ориентировочные значения приведены в табл. 11.

8.12. Для изделий, к бетону которых предъявляются повышенные требования по водонепроницаемости и морозостойкости, длительность предварительного выдерживания должна быть не менее 4 ч, а скорость подъема температуры – не более 25 град/ч.

8.13. В качестве режима тепловой обработки рекомендуется применять метод горячего формования. Ускорение твердения изделий из керамзитобетона на карбонатном песке при этом методе достигается за счет ликвидации периодов выдержки бетона перед тепловой обработкой и подъема температуры.

8.14. После тепловой обработки изделия должны остывать в закрытом вентилируемом помещении, пока разность их температуры и температуры наружного воздуха не будет меньше 40°С. Остывание изделий из бетонов, к которым предъявляются повышенные требования по морозостойкости и водонепроницаемости, а также изделий с отделочными слоями должно осуществляться со скоростью не более 20 град/ч.

9. РАСПАЛУБКА, ДОВОДКА, ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ

9.1. Распалубку изделий из конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке следует производить по достижении бетоном требуемой прочности при разности температур окружающей среды и открытой поверхности изделий не более 40°С и выполнять приемами, исключающими повреждение кромок, откосов, углов и поверхности изделий.

9.2. Съем с форм крупноразмерных изделий, не рассчитанных на изгиб, следует выполнять при помощи специальных траверс, кантователей и других устройств.

9.3. После снятия с формовочной линии изделия осматривают и маркируют. При осмотре изделия сортируют, выявляют брак и продукцию, требующую дополнительного ремонта.

После внешнего осмотра годные изделия маркируют штампом ОТК и направляют на склад готовой продукции или на отделку и комплектацию.

9.4. Снятые с формовочных линий изделия окончательно доводят и комплектуют на специализированных отделочных постах с применением механизированного инструмента. При этом производят мелкий ремонт поверхности, кромок и откосов, очистку закладных деталей от наплывов, установку комплектующих столярных изделий с заделкой мест их примыкания к бетону, установку и крепление сливов, отделку фасадной поверхности.

9.5. При отделке фасадной поверхности изделий плиткой поврежденные, смещенные и заглубленные плитки следует заменить. Замен плиток следует производить на цементно-песчаном растворе 1:2 или на полимерцементном клеевом составе.

9.6. При подготовке фасадной поверхности под окраску трещины следует заделать полимерцементным клеем или цементно-песчаным раствором с ПВА (5%).

9.7. Имеющиеся на внутренней поверхности раковины, крупные поры, каверны и сколы следует заделывать полимерцементным клеем или цементно-песчаным раствором с ПВА. При необходимости поверхность шпаклюют.

9.8. При температуре наружного воздуха ниже минус 5°С изделия необходимо выдерживать до вывода на склад готовой продукции в тепловом помещении при температуре 15–20°С не менее 4 ч.

9.9. Готовые изделия, принятые ОТК, следует хранить и транспортировать в рабочем положении в условиях, исключающих их увлажнение, в соответствии с требованиями ГОСТ 13015–75**, а также ГОСТов и ТУ на конкретные виды изделий.

10. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ, БЕТОНА И ИЗДЕЛИЙ

10.1. Предприятия, выпускающие изделия из конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке, обязаны осуществлять систематический пооперационный контроль, который объединяет:

испытания исходных материалов в соответствии с действующими ГОСТами и ТУ;

контроль за соблюдением принятой технологии производства изделий, а также работой оборудования и приборов;

испытания смеси и контрольных образцов в соответствии с требованиями действующих ГОСТов и технических условий;

проверку качества офактуренных поверхностей изделий;

приемку готовой продукции по действующим стандартам с учетом требований настоящих Рекомендаций.

10.2. Физико-технические характеристики исходных материалов проверяют при приемке их от заводов-изготовителей и непосредственно перед изготовлением бетонной смеси. Входной контроль проводят в соответствии с ГОСТ 9758–86, для цемента ГОСТ 310.3–76.

10.3. Хранить и расходовать цементы необходимо только по партиям. Смешивание их не допускается.

10.4. Плотность, прочность и зерновой состав керамзита проверяют из усредненной пробы, которую набирают в течение смены из отдельных проб.

10.5. Перед приготовлением смеси проверяют качество заполнителей и раствора добавки, отбирая пробы из расходных емкостей.

10.6. Пробы керамзита отбирают не менее 2-х раз в смену из каждого расходного бункера. Пробу емкостью не менее 10 л используют для определения объемной насыпной массы и влажности. Один раз в смену проверяют зерновой состав.

10.7. В начале смены отбирают пробу песка не менее 3 л и проверяют объемную насыпную массу и влажность.

10.8. Концентрацию раствора воздухововлекающей добавки проверяют ежедневно пробами не менее 1 л.

10.9. Качество карбонатного песка должно удовлетворять по зерновому составу требованиям ГОСТ 8736–85 и настоящих Рекомендаций. Прочность его определяют по методике прил. 3.

10.10. Качество керамзитобетонной смеси систематически проверяют по соответствующим ГОСТам.

Плотность отформованной смеси можно принять по ГОСТ 17623–87.

10.11. Плотность и жесткость свежеуложенной бетонной смеси необходимо определять систематически посменно, а также при изменении качества поступающих материалов.

10.12. Контроль объема межзерновой пустотности надлежит проводить не реже одного раза в неделю, а также при изменении состава бетона.

10.13. Данные, полученные при проверке качества исходных материалов и бетонной смеси, а также средняя дозировка материалов за смену должны быть занесены в журнал контроля приготовления бетонной смеси.

10.14. При формовании изделий проверяют:

размеры и правильность сборки и закрепления форм;

соответствие рабочим чертежам положения блоков, арматуры, закладных деталей и вкладышей;

правильность укладки бетона и фактурных слоев не менее 3-х раз в смену;

величину требуемого виброуплотнения, плотности смеси в уплотненном состоянии.

10.15. При твердении изделий контролируют время выдержки панелей до начала тепловой обработки и режим тепловой обработки.

10.16. Плотность и прочность керамзитобетона проверяют ежедневно не менее чем на 3-х сериях из 3-х образцов-кубов, которые выдерживают в одинаковых условиях с изделиями. Испытывают образцы через 4 ч после тепловой обработки для проверки влажности, отпускной прочности и плотности бетона и в двадцативосьмидневном возрасте при хранении в стандартных условиях.

Для контроля других характеристик дополнительно изготавливают образцы требуемой формы и размеров и испытывают по методикам действующих стандартов не реже одного раза в месяц.

10.17. Ежеквартальная статистическая обработка результатов испытания кубов на прочность и плотность позволяет оценить однородность бетона, уточнить составы бетонов для приемки изделий в последующий контрольный период.

10.18. Отпускную прочность фактурного раствора или бетона проверяют ежемесячно в соответствии с ГОСТ 10180–78*. Для определения проектной прочности образцы изготавливают один раз в сутки.

10.19. Прочность и средняя плотность удовлетворяют проектным требованиям, если прочность испытанных образцов не ниже требуемой, а средняя плотность не превышает проектное значение более чем на 5%.

10.20. Морозостойкость бетона и раствора проверяют при подборе и назначении состава бетона, но не реже раза в квартал по ГОСТ 7025–78.

10.21. Коэффициент теплопроводности бетона проверяют при подборе и назначении состава с контролем не реже 2-х раз в год. Объемная масса испытываемых образцов должна быть не ниже средней объемной массы за контролируемый отрезок времени более чем на 3%.

10.22. Прочность сцепления облицовочной плитки с фактурным слоем контролируют при освоении производства и далее не реже одного раза в год.

10.23. Проектное положение стержневой арматуры в изделиях проверяют приборами, которые определяют ее положение без разрушения бетона. При отсутствии их допускается выборка борозд до арматуры с последующей их заделкой.

10.24. При приемке готовых изделий проверяют: объемную плотность и прочность; влажность; наличие видимых дефектов.

10.25. Принимают изделия партиями, размер которых устанавливают в соответствии с нормативными документами. Показатели качества изделий должны удовлетворять требованиям соответствующих ГОСТов.

10.26. Массу изделий необходимо определять для каждой партии взвешиванием их динамометром с точностью 2%.

10.27. Контроль качества бетона в изделиях для каждой партии целесообразно выполнять методом высверливания и испытания кернов.

Инструкция и рабочие чертежи распространяются ЦНТИ, основные положения изложены в прил. 6.

Рекомендуемые типы изделий из конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке и способы их изготовления

Изделия	Подвижность, с, или жесткость, см, бетонной смеси для различных способов формования				
	Поточно-агрегатная или конвейерная технология		Стендовая технология		
	на виброплощадках		в горизонтальном положении с уплотнением глубинным и поверхностным вибраторами	в формах с навесными вибраторами	
	без пригруза	с пригрузом		высота до 80 см	высота 80 см
Панели наружных стен	10...20 с	20...40 с	1...3 см	–	–
Стеновые блоки	10...20 с	–	1...3 см	1...3 см	10...20 см
Плиты покрытия	10...20 с	20...40 с	1...3 см	–	–

Примерные технические условия на поставку заполнителей предприятию-изготовителю

(приложение к договору между поставщиком и заказчиком)

Керамзитовый гравий

1. Керамзит должен поставляться регулярно с соотношением по фракциям: 10. . .20 мм – 60%; 5. . .10 мм – 40%.

2. Керамзитовый гравий, отвечающий требованиям ГОСТ 9759–83, должен быть однородным по насыпной плотности и прочности согласно табл. 1.

Таблица 1

Фракция, мм	Плотность по качеству, кг/м^3		Прочность по качеству, МПа	
	высшей категории	1-й категории (браковочный максимум)	высшей категории	1-й категории (браковочный минимум)
10. . .20	380+20	380+40	1,8–0,3	1,8–0,6
5. . .10	430+25	430+50	2,1–0,3	2,1–0,6
Стандартная смесь (5. . .10–40% 10. . .20–60%)	400+20	400+40	1,8–0,3	1,8–0,6

Засоренность фракций керамзита зернами большей крупности не должна превышать 5% по насыпному весу.

Керамзит поставляется автотранспортом с емкостями объемом 30. . .40 м^3.

При поступлении керамзита выгрузка начинается не позднее чем через 15 мин после прибытия машины. В течение этого срока определяют насыпную плотность и прочность, а также чистоту фракций керамзита. В случае несоответствия требованиям настоящих ТУ приемка не производится, а на сопроводительных документах отмечается результат приемочного контроля.

Один раз в месяц выполняют сверку сопроводительных и приемочных результатов испытаний и составляют соответствующий акт сверки, служащий основанием для расчетов за поставляемый керамзит, с отнесением к соответствующей категории качества.

Карбонатный песок

Карбонатный песок должен поставляться предельной крупностью 5 мм регулярно и ежесуточно.

Зерновой состав песка должен находиться в пределах, указанных в табл. 2.

Таблица 2

Полные остатки на ситах, %							Модуль крупности
5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	менее 0,14 мм	
0...5	10...30	25...45	50...70	65...85	75...90	25...10	2,1...2,9

Влажность песка не должна превышать 10% по массе.

Прочность карбонатного песка, определенная сдавливанием в цилиндре его зерен крупнее 1,25 мм должна быть не менее 1,2 МПа.

Поставщик обязан сопровождать каждую партию поставляемого песка паспортом, в котором указываются:

наименование и адрес предприятия-поставщика;

номер и дата выдачи паспорта;

наименование и адрес потребителя;

номер партии и количество песка;

зерновой состав песка;

марка по прочности, содержание глинистых частиц.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Методика определения прочности карбонатного песка*

Определение прочности песка производят его сжатием фракцией более 1,25 мм в стальном цилиндре с внутренним диаметром и высотой 120 мм путем погружения пуансона на глубину 20 мм при высоте сжимаемого слоя 100 мм и плотности укладки зерен, соответствующей объемной насыпной плотности просеянного песка.

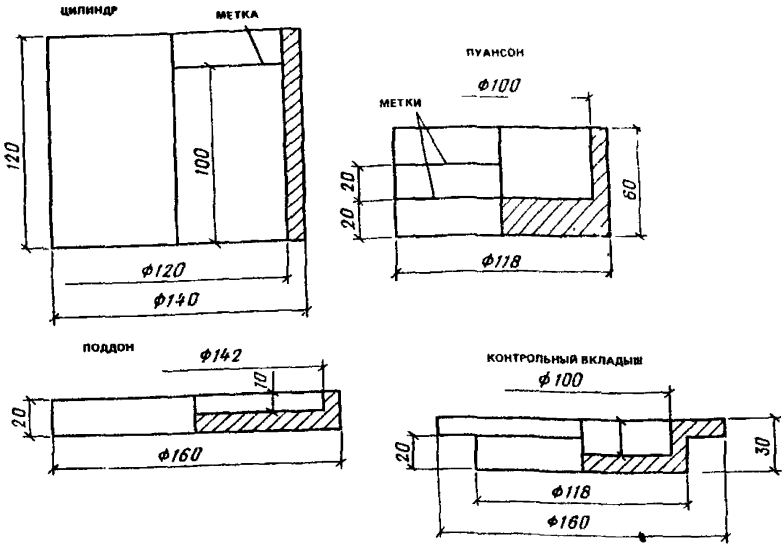
А п п а р а т у р а: гидравлический пресс, весы настольные гирные и циферблатные, сушильный шкаф, стальной цилиндр с поддоном, пуансоном и контрольным вкладышем (см. рисунок).

П о д г о т о в к а п р о б ы: отбирают пробы песка массой 8 и 22 кг. Частную пробу массой 8 кг высушивают до постоянной массы, массой 22 кг оставляют в состоянии естественной влажности.

П р о в е д е н и е к о н т р о л я: из пробы, высушенной до постоянной массы, определяют насыпную плотность. После этого проба может быть использована для определения зернового состава, плотности зерен, содержания отдельно глинистых частиц и удельной поверхности песка.

Пробу песка массой 22 кг в состоянии естественной влажности насыщают водой комнатной температуры в течение 2 ч так, чтобы уровень воды в сосуде был выше верха песка не менее чем на 20 мм.

* Методика принята по РСТ УССР 5014–82.



Стальной цилиндр с поддоном, пуансоном и контролыным вкладышем для определения прочности песка

Насыщенную пробу песка промывают сквозь сито с сеткой № 1,25. Остаток на сите высушивают до постоянной массы и отвешивают пробу, массой, г:

$$Q = \rho_н \, v,$$

где $\rho_н$ – насыпная плотность просеянного песка, г/см^3, v – объем песка в цилиндре. (1130 см^3).

Цилиндр устанавливают на контрольный вкладыш. При этом в цилиндре образуется свободное пространство высотой 100 мм, в которое постепенно засыпают всю пробу фракции песка, 1,25. Совпадение верхнего уровня с краями цилиндра достигается уплотнением песка постукиванием цилиндра о стол и легким притиранием песка металлической пластинкой.

После укладки пробы песка массой Q цилиндр закрывают поддоном, переворачивают, снимают контрольный вкладыш и проводят испытание песка на прочность. Для этого цилиндр с пуансоном помещают на плиту гидравлического пресса, сдавливают песок до погружения пуансона на 20 мм (до верхней риски) и отмечают показание стрелки манометра в этот момент (Р).

Обработка результатов: прочность при сжатии песка в цилиндре $\sigma_{сж.п.}$ вычисляют с точностью до 0,01 МПа по формуле

$$\sigma_{сж.п} = P / F .$$

Примеры проектирования и назначения состава конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке

Пример 1.

Требуется запроектировать состав керамзитобетона на карбонатном песке класса В 5 с плотностью 1000 кг/м^3 для изготовления наружных стеновых панелей. Формование панелей осуществляется по поточно-агрегатной технологии на виброплощадке. Жесткость смесей 10–20 с. Возможно применение перлитового песка для замены части карбонатного.

На основании проведенной оценки свойств исходных материалов получаем характеристики:

Цемент марки 400, керамзитовый гравий предельной крупностью 20 мм, карбонатный песок с $М_{кр} = 2{,}4$, перлитовый песок марки по объемной плотности 200 (табл. 1).

Таблица 1

Материал	Насыпная плотность ρ, кг/м^3	Плотность в цементном тесте $\rho^{цт}$, кг/м^3	Прочность в цилиндре, МПа	Марка по прочности на сжатие	Влажность, %
Керамзит фракций					
5...10	450	890	2,6	П 125	4
10...20	400	840	2,1	П 100	4
Песок карбонатный	1250	2420	1,6	–	5
Песок перлитовый	195	430	–	–	–

В соответствии с табл. 3 проверяем возможность получения требуемых показателей при использовании имеющихся исходных материалов. Для обеспечения заданной плотности 1000 кг/м^3 необходимо заменить часть карбонатного песка более легким перлитовым.

Расчет исходного керамзитобетона

В соответствии с пп. 4.6 и 5.8 назначаем общий расход керамзита на 1 м^3 керамзитобетона, что по фракциям соответственно составляет: 5. . .10 мм – 0,4 м^3/м^3; 10. . 20 мм – 0,6 м^3/м^3. Расход керамзита по массе определяем по формуле (4):

$$К = 0{,}6 \cdot 400 + 0{,}4 \cdot 450 = 420 \text{ кг/м}^3.$$

Расход цемента принимаем по табл. 4 с учетом использования перлитового песка, Ц = 240 кг/м^3.

Расход песка определяем по формуле (3):

$П = 1000 - 1{,}15 \cdot 240 - 420 = 304$ кг/м^3.

Расход песка по объему: $П = 304 / 2420 = 0{,}125$ м^3.

Полученное значение расхода карбонатного песка не соответствует требованию п. 5.15.

Агрегатно-структурный фактор

$$r = \frac{М}{М + К} = \frac{0{,}125}{0{,}125 + (0{,}6 \cdot 400) / 840 + (0{,}4 \cdot 450) / 890} = 0{,}2$$

также ниже допускаемого предела 0,25 (п. 5.11). Требуется частичная замена карбонатного песка перлитовым.

Определим отдельно расход перлитового ($П_п$) и карбонатного ($П_к$) песка в смеси, исходя из суммарного веса $П = 304$ кг/м^3 и условия содержания мелкого заполнителя в бетонной смеси (см. п. 5.15), приняв его объем равным 0,25 м^3/м^3.

$$П_п / \rho^{цт}_п + П_к / \rho^{цт}_к = 0{,}25; \quad П_п / 430 + (304 - П_п) / 2420 = 0{,}25;$$

откуда расход перлитового песка $П_п = 640$ кг, или $\frac{64}{430} = 0{,}15$ м^3; расход карбонатного песка $П_к = 304 - 64 = 240$ кг, или $\frac{240}{2420} = 0{,}1$ м^3.

Содержание перлитового песка в смеси песков $\frac{0{,}15}{0{,}25} 100\% = 60\%$, не превышает предельного (см. п. 1.6)

Агрегатно-структурный фактор $r = 0{,}25 / (0{,}25 + \frac{240}{840} + \frac{180}{890}) = 0{,}34$ – в рекомендуемых п. 5.11 пределах.

Расход воды принимаем по табл. 5, $В = 210$ л.

Проверяем правильность рассчитанного состава по формуле (5):

$$\Sigma V_{абс} = \frac{240}{3{,}1} + \frac{240}{1{,}1 \cdot 0{,}84} + \frac{180}{1{,}05 \cdot 0{,}89} + \frac{240}{2{,}42} + \frac{64}{0{,}43} + 210 =$$

$= 1000$ л.

Полученное значение соответствует рекомендованным в п. 5.18 при отсутствии воздухововлекающих добавок.

Исходный состав на 1 м^3 керамзитобетона приведен в табл. 2.

Таблица 2

Цемент, кг	Керамзит, м^3, фракций		Песок, кг		Вода, л
	5...10	10...20	карбонатный	перлитовый	
240	0,4	0,6	240	64	210

Исходный состав корректируем с учетом влажности керамзита и песка и приготавливаем первую серию опытных замесов. Одновременно проводим корректировку расхода воды для получения заданной жесткости; фиксируем фактическую дозировку материалов; проверяем плотность свежеуложенной керамзитобетонной смеси. Полученные данные заносятся в табл. 3.

Таблица 3

Цемент, кг	Вода, л	Песок, кг		Керамзит				Плотность смеси, кг/м^3	Отклонение от расчетной, %
		карбонатный	перлитовый	5...10		10...20			
				м^3	кг	м^3	кг		
243	190	250	65	0,4	185	0,6	250	1195	1 (<3%)

Из замеса первой серии изготавливаем 6 контрольных образцов-кубов. После их тепловлажностной обработки, с предварительной выдержкой в течение 4 ч и остывания в течение не менее 4 ч проводим испытания. Результаты испытаний заносим в табл. 4.

Таблица 4

Маркировка образца	Размеры, мм	Площадь, см^2	Объем, см^3	Плотность, кг/м^3		Прочность при сжатии, МПа
				после пропаривания	в сухом состоянии	
К-1	151x150x152	226	3435	1105	980	5
К-2	149x151x153	225	3435	1110	1010	4,8
К-3	149x152x151	226	3420	1120	1015	5,5
К-4	150x151x152	226	3440	1130	1025	5,4
К-5	150x150x151	225	3400	1090	995	5,1
К-6	148x152x153	225	3440	1095	990	4,7
	Средняя			1108	1002	5,1

В соответствии с п. 3.4 отпускная прочность керамзитобетона класса В 5 должна составлять не менее 80% проектной. Средняя кубиковая прочность бетона класса В 5

$$R = \frac{B}{0{,}779} = \frac{5}{0{,}779} = 6{,}5 \text{ МПа}.$$

Отпускная прочность (прочность требуемая после пропарки) составит $0{,}8\,R = 0{,}8 \cdot 6{,}5 = 5{,}1$ МПа. Значит назначенный исходный состав удовлетворяет требованиям соответствия по заданной плотности при проектной прочности, обеспечивая принятую жесткость смеси. Поэтому принимаем его за расчетный состав.

Для назначения рабочего состава на базе полученного расчетного приготавливаем вторую серию опытных замесов в количестве трех. Из каждого замеса изготавливаем по 6 контрольных образцов кубов, которые обрабатываем и испытываем аналогично образцам первой серии. Результаты испытаний заносим в табл. 5, в которой проводим вычисления показателей изменчивости прочности и плотности керамзитобетона (см. п. 5.25).

Таблица 5

№ партии	Маркировка образца	Прочность R_i, МПа	Плотность в сухом состоянии ρ_i, кг/м^3	$R_i - \bar{R}$	$(R_i - \bar{R})^2$	$\rho_i - \bar{\rho}$	$(\rho_i - \bar{\rho})^2$	$(R_i - \bar{R})(\rho_i - \bar{\rho})$
1	К-1	5,2	1005	−0,1	0,01	19	361	−1,9
	К-2	5,3	1010	0	0	24	576	0
	К-3	5,6	1000	0,3	0,09	14	196	4,2
	К-4	4,9	970	−0,4	0,16	−16	256	6,4
	К-5	4,8	940	−0,5	0,25	−46	2116	23
	К-6	5	960	−0,3	0,09	−26	676	7,8
2	К-7	4,8	940	−0,5	0,25	−46	2116	23
	К-8	4,9	970	−0,4	0,16	−16	256	6,4
	К-9	5,3	990	0	0	4	16	0
	К-10	5,9	1040	0,6	0,36	54	2916	32,4
	К-11	5,1	970	−0,2	0,04	−16	256	3,2
	К-12	5,2	975	−0,1	0,01	−11	121	1,1
3	К-13	5,5	980	0,2	0,04	−6	36	−1,2
	К-14	5,8	1020	0,5	0,25	34	1156	17
	К-15	5,6	985	0,3	0,09	−1	1	−0,3
	К-16	5,7	990	0,4	0,16	4	16	1,6
	К-17	5,4	985	0,1	0,01	−1	1	−0,1
	К-18	5,8	1025	0,5	0,05	39	1521	19,5
Σ	18	95,8	17755	0,4	2,22	7	12593	142 1

Средние величины прочности и плотности по формулам (6) и (7): $\bar{R} = \frac{95{,}8}{18} = 5{,}3$ МПа; $\bar{\rho} = \frac{17755}{18} = 986$ кг/м^3.

Среднеквадратические отклонения по формулам (8) и (9): $S_R = \sqrt{\frac{2{,}22}{17}} = 0{,}36$ МПа; $S_\rho = \sqrt{\frac{12593}{17}} = 27{,}22$ кг/м^3.

Коэффициенты вариации по формулам (10) и (11): $C_{vR} = \frac{0,36}{5,3} = 0,068 < 0,135$;

$C_{v\rho} = \frac{27,22}{986} = 0,028 < 0,05$.

Коэффициент корреляции между прочностью и плотностью, а также ошибка корреляции по формулам (12) и (13):

$$r_{R\rho} = \frac{142,1}{17 \cdot 0,36 \cdot 27,22} = 0,85 > 0,5; \quad m_r = \frac{1 - 0,85^2}{18} = 0,015.$$

Отношение оценки коэффициента корреляции к ошибке по формуле (14):

$$\frac{r_{R\rho}}{m_r} = \frac{0,85}{0,015} = 5,67 > 3.$$

Средние величины прочности и плотности керамзитобетона, а также все статистические показатели их изменчивости находятся в допустимых пределах. Следовательно, расчетный состав керамзитобетона может быть принят в качестве рабочего.

Пример 2.

Требуется запроектировать экономичный по стоимости состав керамзитобетона на карбонатном песке плотной структуры класса по прочности на сжатие В 12,5 с плотностью не более 1400 кг/м^3 для изготовления несущих панелей наружных стен по поточно-агрегатной технологии.

Для улучшения удобоукладываемости смеси и уменьшения плотности, а также для увеличения морозостойкости и водонепроницаемости керамзитобетона предусмотрено применение добавки ЦНИПС-1.

Характеристики исходных материалов приведены в табл. 6.

Таблица 6

Наименование материала	Насыпная плотность ρ, кг/м^3	Плотность, кг/м^3	Прочность в цилиндре, МПа	Водопоглощение через сутки, %	Объем межзерновых пустот, %	Модуль крупности	Влажность,%
Керамзит фракций							
5...10	505	995*	3,2	16,3	29	–	5
10...20	465	960*	2,8	23	35	–	5
20...40	425	932*	2,2	24,5	51	–	5
Песок карбонатный	1240	2430*	1,7	5,7	–	2,2	5
Цемент М400	–	3100	–	–	–	–	–

*Плотность, определенная в цементном тесте.

Проектирование состава. Требуемый состав должен обеспечить получение конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке класса по прочности на сжатие В 12,5, плотностью не более 1400 кг/м^3, обеспечивающего требования теплопроводности, водонепроницаемости и морозостойкости. Жесткость смеси, согласно прил. 1, должна составлять 20–40 с. Кроме того, требуемый состав должен быть наиболее экономичным.

Подбор такого состава производим, используя методику планированного эксперимента, согласно пп. 5.28. . .5.38.

Исходный состав керамзитобетонной смеси назначаем следующим образом. Согласно п. 5.11 принимаем значение агрегатно-структурного фактора $r = М/(М+К) = 0,32$. По графику на рис. 1, учитывая заданный класс по прочности на сжатие В 12,5 (средняя кубиковая прочность – 16 МПа, табл. 1) и требование к плотности ($\rho_{сух} \leqslant 1400$ кг/м^3), назначаем расход цемента Ц = 300 кг/м^3.

По табл. 5, для заданной жесткости смеси (20. . .40 с) и принятого значения М/(М+К) = 0,32 определяем начальный расход воды – В = 200 л/м^3.

Затем определяем суммарный расход (по объему) карбонатного песка и смеси фракций керамзита по формуле (16): М + К = 1000 – 300/3,1 – 200 = = 693 л/м^3.

Расход карбонатного песка $М = (М + К) \frac{М}{М+К} = 693 \cdot 0,32 = 222$ л/м^3 = = 0,22 м^3/м^3.

Полученный расход находится в пределах, регламентированных в п. 5.15.

Расход керамзита К = (М + К) – М = 693 – 222 = 471 л/м^3.

Соотношение между фракциями керамзита принимаем (5. . .10), (10. . .20), (20. . .40) – 30, 60, 10%. Тогда расход керамзита по фракциям будет равен $К_{5...10} = 141$ л/м^3; $К_{10...20} = 282$ л/м^3; $К_{20...40} = 48$ л/м^3.

Используя значение плотности в цементном тесте, переводим расходы керамзита и карбонатного песка в весовые единицы $К_{5...10} = 141 \cdot 0,995 = 140$ кг/м^3, $К_{10...20} = 282 \cdot 0,96 = 270$ кг/м^3, $К_{20...40} = 48 \cdot 0,932 = 44$ кг/м^3, М = 220 · 2,43 = = 535 кг/м^3.

Контролируем объемное содержание керамзита, используя значение насыпных плотностей $К_{5...10} = 140/490 = 0,28$; $К_{10...20} = 270/442 = 0,61$; $К_{20...40} = 44 /$ / 410 = 0,11.

Объемное содержание смеси фракций керамзита равно 1 м^3/м^3, что находится в допустимых пределах (см. п. 5.8).

Расход добавки ЦНИПС-1 определяем, согласно "Руководству по применению химических добавок к бетону" НИИЖБ, М., 1981, с последующей корректировкой начального расхода воды.

Принимаем 5%-й раствор добавки, что соответствует плотности 1,012 г/см^3. В 1 л такого раствора содержится 0,051 кг сухого вещества. Приняв расход добавки 0,015% от массы цемента, получаем ее количество 300 · 0,00015 = 0,045 кг. Для введения такого количества добавок ЦНИПС-1 в виде 5%-го раствора на 1 м^3 его потребуется 0,045 : 0,051 = 0,89 л.

С учетом воды, содержащейся в 5%-ом растворе добавки, для затворения бетонной смеси вместо воды потребуется $200 - (0{,}89 \cdot 1{,}012 - 0{,}045) = 199{,}14$ л.

Расход компонентов на 1 м^3 керамзитобетона с учетом влажности заполнителей приведен в табл. 7.

Таблица 7

М / М+К	Ц	В	Состав керамзитобетона*						
			добавка ЦНИПС-1			керамзит фракций			карбонатный песок
			%Ц	кг/м^3	л/м^3	5...10	10...20	20...40	
0,32	300 / 97	188	0,015	0,045	0,9	147 / 141	283 / 282	46 / 48	562 / 231

* В числителе приведены расходы компонентов в кг/м^3, в знаменателе – в л/м^3.

Варьируемыми факторами принимаем: X_1 – расход цемента (Ц, кг/м^3); X_2 – расход добавки ЦНИПС-1 в % от расхода цемента; X_3 – значение агрегатно-структурного фактора r.

Численные значения уровней варьирования факторов, назначаемые по интервалам варьирования в соответствии с п. 5.30, приведены в табл. 8.

Таблица 8

Наименование уровня и его кодированное значение	Обозначение	Факторы		
		X_1 = Ц, кг/м^3	X_2 = ЦНИПС-1, %Ц	$X_3 = \frac{М}{М+К}$
Нижний уровень (–1)	$X_{мин}$	200	0	0,25
Нулевой уровень (0)	X_0	300	0,015	0,32
Верхний уровень (+1)	$X_{макс}$	400	0,03	0,39
Интервал варьирования	ΔX	100	0,015	0,07

Эксперимент проводим по близкому к D-оптимальному плану для трех факторов, варьируемых на трех уровнях.

Контролируемыми параметрами (выходами), учитывая требования к проектируемому составу, принимаем:

кубиковую прочность керамзитобетона в возрасте 28 сут. R (28), МПа;

плотность керамзитобетона в сухом состоянии $\rho_{сух}$, кг/м^3;

стоимость керамзитобетона С, руб/м^3;

коэффициент теплопроводности керамзитобетона λ, ккал/(м · ч · град).

Рабочая матрица для подбора требуемого состава приведена в табл. 9.

Состав керамзитобетона для каждой строки матрицы рассчитан по методике, изложенной выше для исходного состава.

Контролируя плотность свежеуложенного керамзитобетона, при необходимости проводят корректировку составов.

Таблица 9

Рабочая матрица

№ опыта	Планирование			Расход материалов, кг/м³							Проектная плотность свежеуложенного керамзитобетона $\rho_0^{пр}$, кг/м³	Фактическая плотность свежеуложенного керамзитобетона $\rho_0^{ф}$, кг/м³	Контролируемые параметры			
	Ц	ЦНИПС-1	М / М+К	Цемент	Вода	Керамзит фракций 5...10	Керамзит фракций 10:..20	Керамзит фракций 20,..40	Карбонатный песок	Добавка ЦНИПС-1			кубиковая прочность в возрасте 28 суток R (28), МПа	плотность в сухом состоянии $\rho_{сух}$, кг/м³	стоимость С. руб/м³	коэффициент теплопроводности λ, ккал/(м·ч·град)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	+	+	+	400	240	111	215	35	581	0,09	1582	1540	15,2	1290	23,93	450
2	+	+	–	400	190	148	286	46	403	0,09	1473	1430	15,7	1185	27,3	390
3	+	–	+	400	242	111	214	35	578	0	1580	1600	13,3	1350	22,98	445
4	–	+	+	200	200	132	255	41	688	0,09	1516	1502	12,2	1400	19,43	360
5	–	–	+	200	200	132	255	41	688	0	1516	1490	10,5	1240	19,62	363
6	–	+	–	200	200	162	319	50	440	0,09	1371	1410	10,2	1320	21,32	352
7	+	–	–	400	190	148	286	46	403	0	1473	1456	15,7	1210	26,77	402
8	–	–	–	200	200	162	319	50	440	0	1371	1392	12,3	1150	21,54	325
9	+	0	0	400	220	128	248	40	491	0,045	1527	1485	14,7	1230	25,48	410
10	–	0	0	200	200	147	284	46	564	0,045	1441	1425	15,6	1200	20,72	350
11	0	+	0	300	209	138	266	43	527	0,09	1483	1462	16,8	1215	22,89	391
12	0	–	0	300	209	138	266	43	527	0	1483	1453	16,9	1195	23,11	375
13	0	0	+	300	215	122	236	38	639	0,045	1550	1520	15,7	1350	21,74	380
14	0	0	–	300	205	153	295	48	416	0,045	1417	1410	16	1210	23,97	363
15	0	0	0	300	200	140	270	44	535	0,045	1489	1480	17,6	1235	23,09	398
16	0	0	0	300	200	140	270	44	535	0,045	1489	1475	14,7	1240	23,09	410
17	0	0	0	300	200	140	270	44	535	0,045	1489	1468	15,8	1240	23,09	390

Значения контролируемых параметров для каждой строки матрицы в процессе ее реализации приняли:

кубиковую прочность;

плотность в сухом состоянии;

стоимость – по фактическим расходам компонентов, расчет приведен в табл. 10.

Коэффициент теплопроводности – по методике, изложенной в прил. 7.

Обработку результатов планированного эксперимента проводили в соответствии с пп. 5.35. . .5.37 настоящих Рекомендаций.

В результате обработки получены адекватные по F-критерию Фишера регрессионные модели, связывающие контролируемые параметры с назначенными факторами.

Прочность керамзитобетона в возрасте 28 суток, МПа

$$R\ (28) = 15{,}4 + 1{,}8\,x_1 - 0{,}5x_3 + 1{,}0x_1x_2 - 0{,}5x_1x_3 - 2{,}3x_1^2\ .$$

Плотность керамзитобетона в сухом состоянии, кг/м^3

$$\rho_{сух} = 1410 + 48x_1 + 20x_2 + 150x_3 + 22x_1x_2 + 15x_1x_3 + 14x_2x_3 -$$

$$- 36x_1^2 - 40x_2^2 - 49x_3^2.$$

Стоимость керамзитобетона, руб/м^3

$$C = 23{,}07 + 1{,}34x_1 - 0{,}05x_2 - 2{,}12x_3 - 1{,}73x_2x_3 - 0{,}5x_1^2 - 0{,}3x_3^2.$$

Коэффициент теплопроводности, ккал/ (м · ч · град)

$$\lambda = 396 + 35x_1 + 50x_3.$$

По уравнениям регрессии строим номограммы прочности R (28), плотности в сухом состоянии $\rho_{сух}$, стоимости С, коэффициента теплопроводности λ в зависимости от x_1 (расход цемента) и x_3 $\left(\frac{М}{М+К}\right)$ при фиксированных значениях x_2 (расход добавки ЦНИПС-1) на уровнях +1 (содержание добавки 0,045% Ц) и –1 (добавка отсутствует) (см. рис. 1–4).

Для назначения требуемого состава керамзитобетона проводим совместный анализ номограмм путем наложения их друг на друга (см. рис. 5).

Проектному составу классу по прочности на сжатие В 12,5, плотностью $\rho_{сух}$ = 1320 кг/м^3, минимальной стоимостью С = 23 руб/м^3 и значением коэффициента теплопроводности λ = 0,38 ккал/ (м · ч · град) соответствует состав – расход цемента Ц = 285 кг/м^3 и значение агрегатно-структурного фактора М / М+К = 0,29 при добавке ЦНИПС-1-0,03% Ц.

На основании полученных данных проводим назначение расчетного состава по методике, приведенной выше для исходного состава.

Полученный расчетный состав приведен в табл. 11.

Таблица 10

Фактический расход и стоимость материалов на 1 м³ керамзитобетона

№ опыта	Цемент		Вода		Керамзит				Карбонатный песок		Добавка ЦНИПС-1		Стоимость 1 м³ керамзитобетона, руб.
	кг	руб.	кг (л)	руб.	5...10 кг	10...20 кг	20...40 кг	руб.	кг	руб.	кг	руб.	
1	412	12,5	247	0,04	114	221	36	10,76	598	0,62	0,093	0,01	23,93
2	412	12,5	196	0,03	152	295	47	14,83	415	0,43	0,093	0,01	27,3
3	396	12	240	0,04	110	212	35	10,35	572	0,59	0	–	22,98
4	202	6,14	202	0,03	133	258	41	12,53	695	0,72	0,091	0,01	19,43
5	204	6,2	204	0,03	135	260	42	12,67	702	0,72	0	–	19,62
6	194	5,9	194	0,03	157	309	49	14,94	427	0,44	0,087	0,01	21,32
7	404	12,28	192	0,03	149	289	46	14,04	407	0,42	0	–	26,77
8	196	5,96	196	0,03	159	313	49	15,11	431	0,44	0	–	21,54
9	412	12,5	227	0,04	132	255	41	12,41	506	0,52	0,046	0,01	25,48
10	202	6,14	202	0,03	148	287	46	13,95	570	0,59	0,045	0,01	20,72
11	303	9,21	211	0,04	139	269	43	13,08	532	0,55	0,091	0,01	22,89
12	306	9,3	213	0,04	141	271	44	13,22	538	0,55	0	–	23,11
13	306	9,3	219	0,04	124	241	39	11,72	652	0,67	0,046	0,01	21,74
14	300	9,12	205	0,03	153	295	48	14,38	416	0,43	0,045	0,01	23,97
15	303	9,21	202	0,03	141	273	44	13,28	540	0,56	0,045	0,01	23,09
16	303	9,21	202	0,03	141	273	44	13,28	540	0,56	0,045	0,01	23,09
17	303	9,21	202	0,03	141	273	44	13,28	540	0,56	0,045	0,01	23,09

Таблица 11

Требуемые характеристики керамзитобетона						Состав керамзитобетона						
средняя кубиковая прочность, МПа	проектная плотность, кг/м³	коэффициент теплопроводности, ккал/(м·ч·град)	стоимость руб/м³	Ц	В	добавка ЦНИПС-1			керамзит фракций			карбонатный песок
						% Ц	кг/м³	л/м³	5...10	10...20	20...40	
15	1340	0,38	23	285 92	201	0,03	0,09	1,8	150 151	290 302	47 50	498 205

* В числителе приведены расходы компонентов в кг/м³, в знаменателе – в л/м³.

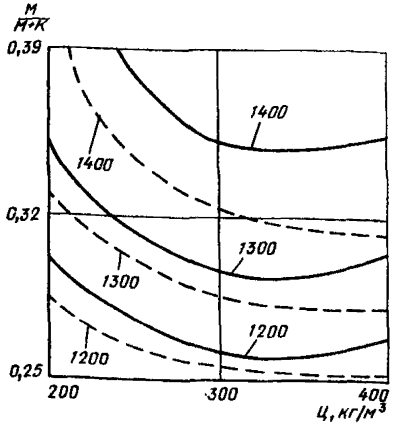


Рис. 1. Изолинии плотности керамзитобетона в сухом состоянии ($\rho_{сух}$, кг/м³)

———— — содержание добавки 0,045 % Ц;
– – – – – – – добавка отсутствует

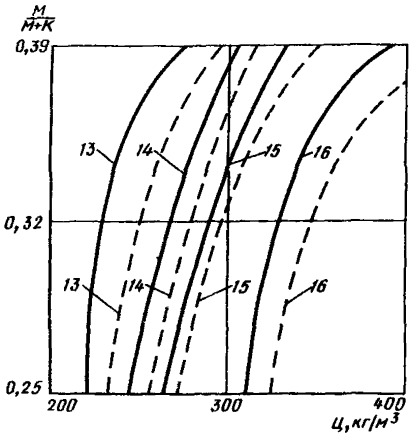


Рис. 2. Изолинии кубиковой прочности керамзитобетона в 28-дневном возрасте (R, МПа)

———— — содержание добавки 0,045 % Ц;
– – – – – – – добавка отсутствует

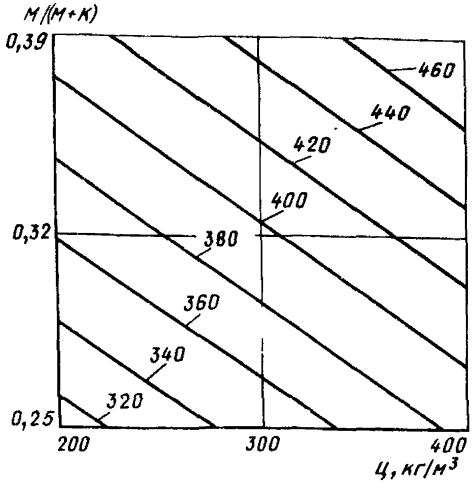


Рис. 3. Изолинии коэффициента теплопроводности керамзитобетона (λ, кал/(м · ч · град)

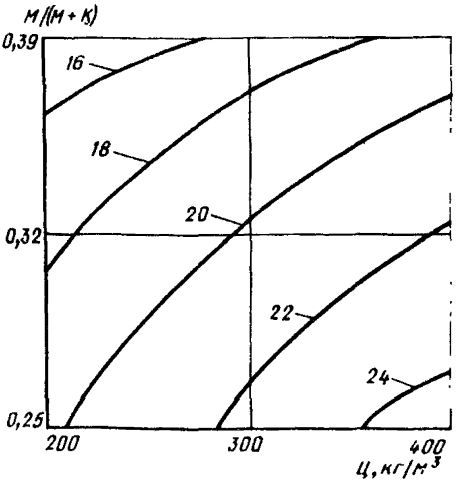


Рис. 4. Изолинии стоимости керамзитобетона (С, руб/м³)

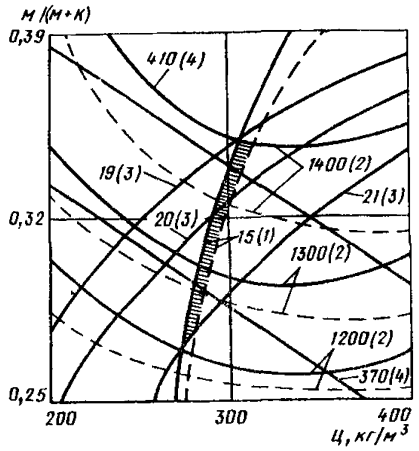


Рис. 5. Номограмма для назначения состава керамзитобетона по заданным классу бетона В 12,5 (R ≅ 15 МПа) и плотности $\rho \leqslant 1400$ кг/м³ (заштрихована область оптимальных составов) 15(1) – изолинии прочности (R, МПа); 1200(2), 1300(2), 1400(2) – изолинии плотности ($\rho_{сух}$, кг/м³); 19(3), 20(3), 21(3) – изолинии стоимости (С, руб/м³); 370(4), 410(4) – изолинии коэффициента теплопроводности (λ, кал/м · ч · град);
———— – содержание добавки 0,045% Ц;
– – – – добавка отсутствует

Для назначения рабочего состава керамзитобетона на карбонатном песке проводим проверку полученного расчетного состава, согласно п. 5.25, как показано в примере 1.

В результате проверки получены следующие статистические характеристики: $\bar{R} = 15{,}7$ МПа, $\bar{\rho} = 1345$ кг/м³, $C_{vR} = 9{,}8\%$, $C_{v\rho} = 3{,}1\%$, $r_{R\rho} = 0{,}74$.

Таким образом, назначенный расчетный состав может быть принят в качестве рабочего.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Контроль основных свойств керамзитобетона в изделиях методом высверливания кернов

Изделия из керамзитобетона на карбонатном песке рекомендуется систематически проверять по прочности, плотности, однородности и водонепроницаемости, используя метод высверливания кернов.

Метод высверливания кернов позволяет определить и оценить основные свойства керамзитобетона непосредственно в изделиях.

Для выполнения контроля бетона методом высверливания кернов необходимо установить присущие данной технологии формования послойные изменения показателей прочности и влажности бетона.

С этой целью следует изготовить по принятой на данном предприятии технологии формования две глухие панели без арматуры размерами не менее 2х2 м и высверлить с лицевой поверхности каждой панели 20. . .30 сквозных цилиндрических кернов на расстоянии около 30 см друг от друга.

Слой бетона, прилегающий к поддону, считают первым, средней части – вторым, верхней – третьим. После нанесения маркировки по границам условных слоев керны распиливают по нанесенным рискам.

Диаметр кернов должен соответствовать диаметру коронок установки d, высота (длина) кернов после опиливания должна быть h = (0.9. . .1.5) d.

Для перехода к испытанию керамзитобетона методом высверливания кернов необходимо предварительно определить переводной коэффициент $К_п$ – от прочности бетона в кернах к стандартной прочности кубов. Для этого из одного замеса керамзитобетонной смеси номинального состава изготовляют две серии стандартных кубов размером 15х15х15 см (не менее 15 кубов в серии). Обе серии должны твердеть в одинаковых условиях, близких к условиям твердения панелей. Одну серию (контрольную) испытывают на сжатие стандартным методом через 28 дн. Из кубов другой серии сразу после пропарки высверливают керны, опиливают их торцы и через 28 дн испытывают на сжатие.

По результатам испытаний определяют среднюю прочность в кубах ($\bar{R}_{куб}$) и цилиндрических кернах ($\bar{R}_{цил}$), а также их коэффициенты вариации.

Значения коэффициентов вариации прочности бетона в кубах и цилиндрах не должны отличаться более чем на 20%. При большей расходимости коэффициентов опыт необходимо повторить.

При совпадении коэффициентов вариации в указанных пределах переводной коэффициент свойств стандартных кубов к свойствам цилиндрических кернов определяют из отношения $К_п = \bar{R}_{куб} / \bar{R}_{цил}$.

Коэффициент $К_п$ должен приближаться к 1 и не превышать 1,1.

Для определения средней прочности бетона в панели необходимо знать прочность условных слоев. Средняя прочность бетона в панели рассчитывается как средняя прочность трех слоев. Среднеквадратичное отклонение прочности бетона по отдельным условным слоям вычисляют по формуле (8).

Аналогичным образом послойно определяют плотность и влажность бетона панели.

На основе полученных данных разрабатывают заводскую инструкцию по контролю свойств керамзитобетона методом высверливания кернов, в которой указывают полученные переводные коэффициенты от кубов к кернам и от послойных кернов к показателям свойств бетона в изделиях. Как правило, показатели кернов среднего слоя отвечают средней прочности и плотности бетона в изделии.

Для проведения производственного контроля бетона партию* панелей или блоков разбивают на группы по 3 шт. в каждой. Керны высверливают в одной панели либо блоке из группы (но не менее чем из трех за смену) на каждой технологической линии. Из одного изделия высверливают три керна. Общее их количество за смену должно быть не менее девяти.

Керны высверливают сразу же после распалубки. После достижения заданной глубины проходки коронка извлекается. В образовавшийся паз вставляют стальную пластину и ударом молотка по пластине керн отламывается у основания. На боковую поверхность керна наносится маркировка.

Маркировочный керн опиливается по обоим торцам на станке для получения гладких опорных поверхностей. Искривления по образующим и разность диаметров цилиндра не должны превышать 1 мм, отклонение образующей от 90° к опорной плоскости керна 1°. Измерение выполняют штангенциркулем и угольником с точностью по длине до 1 мм, по диаметру до 0,5 мм.

---

*Партией считаются изделия, отформованные на данной линии за смену.

Опорные поверхности проверяют на калибровочной контрольной плите. Неровность плоскости не должна превышать 0,1 мм.

Для определения прочности бетона при сжатии керны устанавливают между плитами пресса (без прокладок и без затирки раствором опорных поверхностей) и испытывают на центральное сжатие с возрастающим напряжением 0,2. . .0,3 МПа/с.

Прочность при сжатии определяют по формуле $R_i = \frac{10P}{A} K_п$,

где R_i – прочность цилиндрического керна, приведенная к кубиковой прочности на сжатие, МПа; P – разрушающая нагрузка, кН; A – площадь сечения керна, $см^2$; $K_п$ – переводной коэффициент от цилиндрической прочности керна к кубиковой прочности.

По результатам испытания трех кернов, взятых из одной панели или блока, определяют среднюю прочность бетона в изделии

$$\bar{R}_{ni} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3},$$

где R_1, R_2, R_3 – прочность отдельных кернов из данного изделия.

Если значение $\bar{R}_{ni}$ меньше проектного значения не более чем на 15%, панель или блок считаются пригодными.

Партия панелей или блоков считается пригодной со средней прочностью

$$\bar{R}_n = \frac{\Sigma R_i}{n} > R_{бр},$$

где R_i – предел прочности каждого керна; n – общее число испытанных кернов; $R_{бр}$ – браковочный минимум по ГОСТ 18105–86.

Стеновые панели или блоки, не удовлетворяющие браковочному минимуму и не имеющие других дефектов, с разрешения авторского надзора могут быть использованы в верхних этажах жилых домов.

Для определения плотности керамзитобетона часть высверленных за смену кернов (не менее девяти) необходимо немедленно взвесить, обмерить и после испытания на сжатие высушить.

Влажность керамзитобетона определяют по формуле

$$W = \frac{P_{вл} - P_{сух}}{v} 100\%,$$

где $P_{вл}$ – масса керна до высушивания, г; $P_{сух}$ – масса керна после высушивания, г.; v – объем керна, $дм^3$.

Плотность бетона в высушенном состоянии (в $кг/м^3$) вычисляют по формуле

$$\rho_{сух} = \frac{P_{сух}}{v}.$$

Средняя плотность бетона всей партии

$$\rho_{ср.\ сух} = \frac{\Sigma \rho_{i\ сух}}{n}.$$

Средняя плотность бетона партии изделий не должна превышать браковочный максимум, равный $\rho_{ср} \leqslant 1{,}05\ \rho_{норм}$,

где $\rho_{норм}$ – нормативная проектная плотность бетона в сухом состоянии.

Если плотность отдельных кернов более чем на 5% превышает браковочный максимум, необходимо взвесить все изделия данной партии с помощью образцового тягового динамометра грузоподъемностью 5. . .10 т. Изделия, показатели которых более чем на 5% превышают браковочный максимум, с согласия проектной организации могут быть использованы с ограничениями (например, в средних этажах, на южных фасадах неугловых помещений), о чем необходимо указать в паспорте партии и в журнале работ.

Коэффициенты однородности по прочности и плотности подсчитываются по ГОСТ 18105–86 за каждый прошлый месяц.

Для сравнения качества изделий, выпускаемых сменами, необходимо раз в неделю вычислять коэффициент вариации C_{vR} прочности и плотности панелей или блоков, выпускаемых бригадой.

Определение и оценка водопроницания керамзитобетона производятся, согласно прил. 6 настоящих Рекомендаций.

Образцами для испытания в данном случае служат цилиндрические керны, высверленные из панелей, или диски толщиной не менее 5 см. Керны или диски заделывают пластилином на высоту 25. . .30 мм в пластмассовом стакане без дна диаметром 100 мм и высотой 120 мм. Образец устанавливают на испытание под напором столба воды высотой 100 мм.

Структура керамзитобетона может быть оценена по высверленным кернам одним из следующих методов:

сопротивлением водопроницаемости;

визуальным определением равномерности структуры по поверхности;

сопоставлением объемной массы кернов, высверленных из разных участков панели и из различных условных слоев по формованию;

непосредственным измерением и подсчетом пористости.

Для определения деформативности испытывают керны размерами $h = (3. . .4)d$.

Теплопроводность бетона определяется на дисках, спиленных с высверленных кернов, или на кубах в заводских лабораториях (прил. 8).

Прочность на растяжение, водопоглощение, морозостойкость и другие свойства бетона можно определить по высверленным кернам с учетом действующих нормативных методов и рекомендаций.

Определение и оценка сопротивления водопроницанию

Испытание бетона на сопротивление водопроницанию R_w состоит в определении А поверхности бетонного образца или изделия в $см^2$, через которую в бетон проникает 1 г воды при воздействии на эту поверхность водяного столба высотой 100 мм (1000 Па) в течение 48 ч.

$$R_w = 1 / K_w,$$

где K_w – коэффициент водопроницания;

$$K_w = W_{48} / A,$$

где W_{48} – количество воды, проникшей через 1 $см^2$ поверхности за 48 ч, г.

Сопротивление водопроницанию бетона следует определять путем испытания образцов-кубов, высверленных кернов и панелей.

Перед проведением испытания образцов-кубов или панелей на сопротивление водопроницанию необходимо определить фактическую влажность бетона.

Образцы, предназначаемые для контроля сопротивления водопроницанию бетона, должны изготовляться и храниться также, как образцы для контроля прочности бетона.

Проверку сопротивления водопроницанию на бетонных кубах, кернах и панелях следует проводить:

перед началом массового изготовления панелей, а в дальнейшем при изменении характеристик материалов, применяемых для приготовления бетона, состава бетона, технологии его приготовления и технологии изготовления панелей – на бетонных образцах и на панелях;

в процессе массового изготовления: на образцах – для каждой партии панелей; на панелях – не реже одного раза в месяц.

Для проведения испытания по определению сопротивления водопроницанию бетона необходимо использовать полые стаканы без дна внутренним диаметром 100 ± 5 мм и высотой около 120 мм из стекла или пластмассы.

Стаканы следует устанавливать на образцы-кубы (керны) или панели, а их стык с бетонной поверхностью тщательно герметизировать с наружной стороны техническим пластилином. Затем стаканы должны быть заполнены одинаковым, предварительно взвешенным количеством воды на высоту около 100 мм.

Контрольный стакан, служащий для определения количества воды, испарившейся за время испытания, должен находиться рядом, в тех же температурно-влажностных условиях.

Панель, предназначаемая для испытания, должна быть уложена горизонтально, а ее наружная поверхность обращена вверх.

Стаканы следует устанавливать в шести точках, равномерно распределенных по этой поверхности. В местах установки стаканов на участках диаметром около

150 мм наружная поверхность панели не должна иметь защитно-декоративного слоя.

Испытания должны проводиться при температуре 20 ± 10°С.

Заполненные водой стаканы должны находиться на поверхности образцов-кубов или панелей в течение 48 ч.

Воду, оставшуюся в каждом стакане после испытания, необходимо выбирать с помощью резиновой груши в предварительно взвешенный сосуд, а затем определить его вес вместе с водой. По результатам этих двух взвешиваний вычисляют вес воды, оставшейся в каждом стакане после испытания.

Все взвешивания следует выполнять с точностью до 1 г.

Массу воды, проникшей из стакана сквозь поверхность образца-куба или панели за 48 ч, необходимо определять по формуле

$$W_{48} = W_{нач} - W_{ост} - W_{исп} .$$

Сопротивление водопроницанию R_W считается удовлетворительным при значении

$$K_w \leqslant 0{,}5 \frac{г}{см^2 \cdot 1000Па \cdot 48\ ч} \quad и \quad R_w \geqslant 2 \frac{см^2 \cdot 1000Па \cdot 48\ ч}{г} ,$$

где $W_{нач}$ – масса воды, залитой в стакан, г; $W_{ост}$ – оставшейся в стакане через 48 ч, г; $W_{исп}$ – испарившейся, г.

Сопротивление водопроницанию бетона следует определять по формуле

$$R_w \geqslant C \frac{1}{K_w} \geqslant \frac{A}{W_{48}} ,$$

где С – коэффициент, принимаемый равным 1 при испытании образцов, и 2 – при испытании панелей.

Допускается проводить ускоренное определение сопротивления водопроницанию бетона за 24 или 4 ч.

В этом случае сопротивление водопроницанию следует определять по формулам:

$$R_w = C B_{24} \frac{A}{W_{24}} ; \quad R_w = C B_4 \frac{A}{W_4} ,$$

где W_{24} , W_4 – масса воды, проникшей соответственно за 24 и 4 ч, г; B_{24} , B_4 – средние соотношения – соответственно W_{24} / W_{48} к W_4 / W_{48} , определенные экспериментально не менее чем на 15 образцах.

Методика контроля коэффициента теплопроводности легких бетонов*

1. Коэффициент теплопроводности легких бетонов в соответствии с ГОСТ 7076–87 определяется стационарным методом на образцах толщиной не менее 5 см и общим объемом не менее 3 $дм^3$.

Для этого необходимо готовить специальные образцы размером 25х25х5 см. Измерения теплопроводности рекомендуется проводить на приборе фирмы "Карл Вейс".

Использование методов, основанных на закомерностях стационарного потока для измерения теплопроводности влажных материалов встречает серьезные трудности, так как для реализации их требуется поддержание внутри испытуемого образца градиентов температуры в течение длительного промежутка времени, что вызывает перераспределение влаги в образце и искажение результатов измерений коэффициента теплопроводности за счет тепломассопереносов. Кроме того необходимо строгое термостатирование образцов, в связи с чем измерения продолжаются несколько часов.

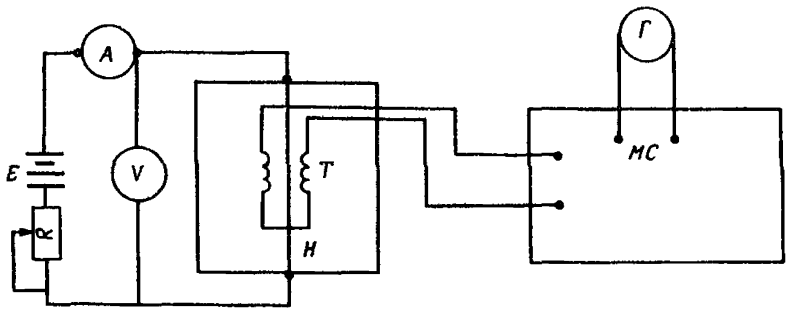
Для экспресс-контроля теплопроводности более приемлемы методы, основанные на закономерностях нестационарного теплового потока, в частности метод кратковременно действующего линейного источника тепла. Этот метод позволяет выполнить измерения теплопроводности в течение 10...15 мин, причем используются два стандартных образца-куба с ребром 10 или 15 см, либо цилиндры, высверленные непосредственно из изделий. Суть усовершенствованного метода заключается в измерении скорости нагрева и остывания образца после кратковременного действия линейного источника тепла. При этом в течение одного опыта, длительность которого не более 15 мин, выполняется 5. . .10 измерений температуры, а затем, используя закономерности нестационарного цилиндрического поля, вычисляют коэффициент теплопроводности. Простота аппаратуры, быстрота измерений, использование стандартных образцов, отсутствие недостатков, присущих стационарным методам и достаточно высокая точность (± 2. . .3 %) позволяют рекомендовать этот метод для экспресс-контроля теплопроводности легких бетонов.

2. Принципиальная схема установки приведена на рисунке.

Все элементы установки комплектуются из стандартных недефицитных приборов. Исключение составляет нагреватель и термометр сопротивления. Нагреватель (источник тепла) изготовляется из манганиковой проволоки диаметром 0,3. . .0,5 мм, длиной соответствующей размеру контрольных образцов (100 – или 150 мм). На нагреватель наматывается бифиллярно термометр сопротивления из медной проволоки диаметром 0,05. . .0,07 мм. Термометр сопротив-

---

*Разработана канд. техн. наук Репьевым Э.Н., инженерами Виноградским В.М. и Заволокой М.В.



Принципиальная схема установки определения коэффициента теплопроводности усовершенствованным методом постоянного линейного источника тепла
Н – нагреватель; Т – термометр сопротивления в испытуемом материале; А – амперметр; V – вольтметр; Е – источник питания; Г – гальванометр; МС – мост сопротивления; R – реостат

ления наматывается в средней части постоянного линейного источника тепла и покрывается сверху тонким слоем водостойкого лака или клеем БФ, а длина его намотки должна составлять четвертую часть наименьшего испытуемого образца.

Измерительным устройством является мост сопротивления типа МО-62. Возможно использование самопишущих и электронных измерительных приборов.

3. Подготовка образцов к испытаниям заключается в обеспечении плотного прилегания образцов друг к другу, что достигается использованием шлифованных форм при изготовлении образцов или шлифовкой их поверхностей. В каждом из двух образцов прорезается канавка размером, соответствующим диаметру нагревателя с намотанным на него термометром сопротивления. При определении теплопроводности датчик укладывается в канавку между образцами, нанесение такого слоя пластилина в канавку с датчиком обеспечивает надежный контакт термометра и нагревателя с образцами.

После этого датчик подсоединяется к измерительной схеме.

4. Проведение измерений. Одновременно с пуском секундомера подают напряжение на нагреватель, фиксируя величину напряжения U и силу тока I . Продолжительность действия нагревателя составляет 1–3 мин. Через определенные промежутки времени (обычно 15. . .30 с) измеряется температура сопротивления.

При определении коэффициента теплопроводности в период действия нагревателя вычисления производят по формуле:

$$\lambda = \frac{Q}{4\pi\,(\Delta T_i \pm \Delta t)} \ln \frac{\tau_0}{\tau_i},$$

где Q – удельная мощность нагревателя, Вт/м; τ_0 – время действия нагревателя, С; τ_i – время соответствующее температуре нагревателя T_i; ΔT_i – разность

температур нагревателя в момент времени τ_i и τ_0, °С; $\pm\Delta t$ – поправка, °С; I – сила тока нагревателя, А; U – падение напряжения на нагревателе, В; $l_н$ – длина нагревателя, м.

При определении коэффициента теплопроводности в период охлаждения нагревателя вычисления производят по формуле

$$\lambda = \frac{Q}{4\pi(\Delta T_i \pm \Delta t)} \ln \frac{\tau_i}{\tau_i - \tau_0},$$

Используя графический метод определения λ строится линейная зависимость в координатах

$$\Delta T_i \text{ ——— } \ln \frac{\tau_i}{\tau_i - \tau_0}.$$

Произведя преобразование и упрощение формул, получим:

$$\lambda = K \cdot b,$$

где $K = \frac{a \cdot R_0 \cdot I \cdot U}{4\pi \cdot l_н}$

a – температурный коэффициент материала термометра, град.$^{-1}$; R_0 – сопротивление термометра при 0°С, ом.

$b = \frac{\ln \frac{\tau_i}{\tau_i - \tau_0}}{\Delta T \pm \Delta t}$, что численно равно контангенсу наклона прямой, соединяющей экспериментальные точки.

Величина b находится также методом наименьших квадратов по формулам, приведенным в бланке регистраций результатов измерений.

5. Измерения теплопроводности следует проводить на образцах с отпускной влажностью (λ_w), а также на тех же образцах, высушенных до постоянной массы (λ_c). По результатам измерений рассчитывают величину влажностного коэффициента ($K_{вл}$) и величину коэффициента теплопроводности при эксплуатационной равновесной влажности. Расчеты выполняют по формуле

$$K_{вл} = \frac{\lambda_w - \lambda_c}{w} \cdot 100,$$

где $K_{вл}$ – прирост коэффициента теплопроводности на единицу влажности, Вт/(м·°С); λ_c, λ_w – коэффициенты теплопроводности в сухом и влажном состоянии, Вт/(м·°С); w – массовое отношение влаги в материале, %.

Полученные значения коэффициентов теплопроводности в сухом и влажном состоянии сопоставляются с соответствующими нормативными значениями λ_c и λ_w, рассчитанными для данной плотности бетона путем интерполяции.

При отклонении фактических значений λ от нормируемых на 5% необходимо скорректировать состав бетона с целью обеспечения требуемой теплопроводности. Пример регистрации и обработки результатов приведен на бланке.

Бланк регистрации результатов измерений и их обработка

Условия опыта

Дата испытания "_____" _____ 19 г.
Шифр образца: керамзитобетон на карбонатном песке
Плотность в сухом состоянии $\gamma = 1130$, кг/м^3;
1. Сопротивление термометра при 0°С, $R_0 = 10{,}449$ ом;
2. Температурный коэффициент меди $\alpha = 0{,}0041$ град$^{-1}$;
3. Сопротивление термометра в начале измерения $R_н = 11{,}567$, ом;
4. Длина нагревателя $l_н = 0.185$, м;
5. Напряжение $U = 2{,}454$ В;
6. Сила тока $I = 0{,}795$ А;
7. Время действия нагревателя $\tau_0 = 120$ с.

Результаты измерения		Обработка результатов			
Сопротивление термометра R_i, ом	Время отсчетов τ_i, с	$x_i = R_i - R_н$	$y_i = \ln \frac{\tau_i}{\tau_i - \tau_0}$	$x_i y_i$	x_i^2
1. 11,687	171	0,12	1,21	0,1452	0,0144
2. 11,667	187	0,1	1,02	0,102	0,01
3. 11,657	198	0,09	0,93	0,0837	0,0081
4. 11,647	211	6,08	0,84	0,0672	0,0064
5. 11,637	230	0,07	0,74	0,0518	0,0049
		0,46	4,74	0,4499	0,0438

$$K = \frac{I \cdot U \cdot \alpha R_0}{4\pi \cdot l_н} = \frac{2{,}454 \cdot 0{,}795}{0{,}185 \cdot 12{,}56} \cdot 0{,}043 = 0{,}0322;$$

$$b = \frac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} = \frac{5 \cdot 0{,}4499 - 0{,}46 \cdot 4{,}74}{5 \cdot 0{,}0438 - 0{,}2116} = \frac{2{,}2495 - 2{,}18}{0{,}219 - 0{,}2116} = 9{,}39$$

$$\lambda = k \cdot b = 0{,}0322 \cdot 9{,}39 = 0{,}30 \text{ Вт / (м} \cdot {}^\circ\text{С)}.$$

Значение критерия для F-распределения Фишера при степени обеспеченности 0,95

ν_1 / ν_2	2	3	4	5	6	7	8	9
1	200	216	225	230	234	237	239	241
2	19	19,16	19,25	19,3	19,33	19,36	19,37	19,38
3	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84	8,81
4	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6
5	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,78
6	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,1
7	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,7	3,73	8,68
8	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,5	3,44	3,39
9	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18
10	4,1	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02
11	3,98	3,59	3,36	3,2	3,09	3,01	2,95	2,9
12	3,88	3,49	3,26	3,11	3	2,92	2,85	2,8
13	3,8	3,41	3,18	3,02	2,92	2,84	2,77	2,72
14	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,77	2,7	2,65
15	3,68	3,29	3,06	2,9	2,79	2,7	2,64	2,59
16	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54
17	3,59	3,2	2,96	2,81	2,7	2,62	2,55	2,5
18	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46
19	3,52	3,13	2,9	2,74	2,63	2,55	2,48	2,43
20	3,49	3,1	2,87	2,71	2,6	2,52	2,54	2,4
30	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,34	2,27	2,21
40	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12
60	3,15	2,76	2,52	2,37	2,25	2,17	2,1	2,04
120	3,07	2,68	2,44	2,29	2,17	2,08	2,01	1,95
∞	2,99	2,6	2,37	2,21	1,09	2,01	1,94	1,88

Продолжение прил. 8

ν_1/ν_2	10	12	16	20	30	60	120	∞
1	242	244	246	248	250	253	253	254
2	19,39	19,41	19,43	19,44	19,46	19,48	19,49	19,5
3	8,78	8,74	8,69	8,66	8,62	8,57	8,56	8,53
4	5,96	5,91	5,84	5,8	5,74	5,68	5,66	5,63
5	4,47	4,68	4,60	4,56	4,5	4,42	4,4	4,36
6	4,06	4	3,92	3,87	3,81	3,72	3,71	3,67
7	3,63	3,57	3,49	3,44	3,38	3,28	3,28	3,23
8	3,34	3,28	3,2	3,15	3,08	3	2,98	2,93
9	3,13	3,07	2,98	2,93	2,86	2,77	2,76	2,71
10	2,97	2,91	2,82	2,77	2,7	2,61	259	2,54
11	2,86	2,79	2,7	2,65	2,57	2,47	2,45	2,4
12	2,76	2,69	2,6	2,54	2,46	2,36	2,35	2,3
13	2,67	2,6	2,51	2,46	2,38	2,28	2,26	2,21
14	2,6	2,53	2,44	2,39	2,31	2,21	2,19	2,13
15	2,55	2,48	2,39	2,33	2,25	2,15	2,12	2,07
16	2,49	2,42	2,33	2,28	2,2	2,09	2,07	2,01
17	2,45	2,38	2,29	2,23	2,15	2,04	2,02	1,96
18	2,41	2,34	2,25	2,19	2,11	2	1,98	1,92
19	2,38	2,31	2,21	2,15	2,07	1,96	1,94	1,88
20	2,35	2,28	2,18	2,12	2,04	1,92	1,9	1,84
30	2,16	2,09	1,99	1,93	1,84	1,72	1,69	1,62
40	2,07	2	1,9	1,84	1,74	1,61	1,59	1,51
60	1,99	1,92	1,81	1,75	1,65	1,5	1,48	1,39
120	1,9	1,83	1,72	1,65	1,65	1,49	1,36	1,25
∞	1,83	1,75	1,64	1,57	1,46	1,28	1,24	1

Характеристики карбонатных заполнителей различных месторождений и их исходной породы

Происхождение и наименование пород и месторождений	Характеристики пород					Характеристика заполнителей	
	средняя плотность, кг/м^3	истинная плотность, г/см^3	предел прочности при сжатии, МПа	коэффициент размягчения	водопоглощение, % по массе	насыпная плотность, кг/м^3	
						песка	щебня
Молдавская ССР							
1. Минчанское	1660	–	1,1	Св. 1	16	–	–
2. Грушевское	1500	–	1,5...2,4	Св. 1	19,3	–	–
3. Мелешты	1590	–	2,1...2,8	0,78	17,4	–	–
4. Рыбницкое	1590	–	2,5...2,7	0,74	18,8	–	–
5. Криковское	1620	–	2,6–1,3	–	–	–	–
6. Матеуцкое	1160	–	3,4	–	27,8	–	–
7. Бронешты	1600	–	3,7	–	–	–	–
8. Бычковское	1700	–	3,3 .3,9	–	–	–	–
Украинская ССР							
Одесская обл.							
9. Нерубайское (шахта № 2)	1300	–	0,6	–	21,5	–	–
10. Карповское	1250	–	0,7–1,1	0,75	21,5	–	–
11. Фоминая Балка	1270	–	0,7	–	24	–	–
12. Ударная Пятилетка	1230	–	0,7	–	26,2	–	–
13. Ковалевское	1170	–	0,7–1,6	0,56	16,8	–	–
14. Шахта "Ракушечник"	1410	–	0,8–0,6	0,85	19,9	–	–
15. Гниляково	1370	–	0,8	–	21,1	–	–
16. Дачнянское (шахта № 1)	1340	–	0,8	–	–	–	–
17. Нерубайское	1340	–	0,9	–	19,4	–	–
18. Ильинское	1350	–	1...1,6	0,69	16,7	–	–
19. Булдынское	1370	–	1,0...2,9	0,8	24,2	–	–
20. Шахта "Красная"	1290	–	1,1	–	21,1	–	–
21. Кривая Балка	1300	–	1,1	–	20,2	–	–
22. Дачнянское (шахта № 2)	1310	–	1,2	–	–	–	–

Продолжение прил. 9

Происхождение и наименование пород и месторождений	Характеристики пород					Характеристика заполнителей	
	средняя плотность, кг/м^3	истинная плотность, г/см^3	предел прочности при сжатии, МПа	коэффициент размягчения	водопоглощение, % по массе	насыпная плотность, кг/м^3	
						песка	щебня
23. Гуляй-Балковское	1440	–	1,4...1,8	0,67	16,7	–	–
24. Главаневское	1580	–	2,1...4,1	0,64	13,7	–	–
Николаевская обл.							
25. Ново-Одесское	1370	–	2,4...6,1	0,77	9,4	–	–
26. Касперовское	1400	–	3,5...7,1	0,67	10,8	–	–
27. Архангельское	1500	–	6,7...10,8	0,78	15,1	–	–
28. Снегиревское	1670	2,66	14	0,57	–	1280	1180
Херсонская обл.							
29. Висунцовское	1400	–	0,5...0,7	0,6	26,3	–	–
30. Чернобаевское	1300	–	0,6...0,9	0,67	27,4	–	–
31. Степановское	1380	–	1,3	0,62	17,5	–	–
Запорожская обл.							
32. "Маячок"	2260	2,67	25,5	0,67	–	1310	1050
33. Скельское	1550	–	2,2...3,8	0,64	21,8	–	–
34. Приморское	1720	–	2,4	–	11,1	–	–
35. Карачекраское	2000	2,68	9,3	0,98	–	1310	1100
Днепропетровская обл.							
36. Яковлевское	1420	–	1,8	–	17,1	–	–
37. Марьинское	1470	–	3,2	–	15,8	–	–
Тернопольская обл.							
38. Добриводское (карьер № 1)	1670	–	6	0,62	20	–	–
39. Добриводское (карьер № 2)	1650	–	6,3	0,57	18	–	–
40. Добриводское (карьер № 3)	1670	–	4,1	0,92	21	–	–

	Хмельницкая обл.							
41.	Выхватновецкое (карьер № 2)	1420	–	5,4	0,87	13,3	–	–
42.	Выхватновецкое (карьер № 3)	1630	–	10,2	0,74	20,2	–	–
43.	Приворотьевское	1630	–	4,3...7,6	0,80	10,8	–	–
44.	Карачковское	1680	–	8,4	1	11,7	–	–
	Крымская обл.							
45.	Самавское	930	–	0,5...0,6	1	20,2	–	–
46.	Кипчакское	1070	–	0,5...0,7	0,86	27	–	–
47.	Китайско-Каменское	990	–	0,5	–	16	–	–
48.	Ново-Николаевское	1090	–	0,6	Св. 1	28,7	–	–
49.	Ак-Мечетское	1140	–	0,7...0,8	0,75	24,5	–	–
50.	Александровское	1160	–	0,7...0,8	0,7	19,5	–	–
51.	Кутурское	1160	–	0,7...1	0,9	25,2	–	–
52.	Мунусское	1050	–	0,9	–	–	–	–
53.	Отар-Мойнакское	1040	–	0,9...1	–	15,7	–	–
54.	Байгельдинское	1300	–	0,9	0,92	18,1	–	–
55.	Караларское	1270	–	1,0...1,9	0,8	26	–	–
56.	Мамайское	1100	–	1,1...1,5	0,84	19,1	–	–
57.	Ялы-Мойнакское	1030	–	1,1...1,3	0,85	24,9	–	–
58.	Камыш-Бурунское	1390	–	1,1...1,9	Св. 1	23	–	–
59.	Вакуфская скала	1330	–	1,2...1,9	–	–	–	–
60.	Ленинское (Вакуфская скала)	1390	–	2,8...3,5	–	–	–	–
61.	Ленинское (Вурлакская скала)	1400	–	1,2...2,8	–	–	–	–
62.	Ленинское (Чернопятовская скала)	1480	–	1,7...3	–	до 30	950	750
63.	Булгакское	1420	–	1,2...2,7	1	32	–	–
64.	Дыринское (Южно-Кезинское)	1490	–	1,4...2,5	0,97	–	–	–
65.	Бегеровское	1350	–	1,2...2,9	Св. 1	до 30	880	740
66.	Дыринское (Казинская каменоломня)	1480	–	2,0...3,9	0,9	–	–	–
67.	Дыринское (Большебобчиковский овраг)	1490	–	1,4...2,1	Св. 1	–	–	–
68.	Дыринское (Средне-Сорматское)	1410	–	1,9...2,8	0,98	–	–	–
69.	Дыринское (Верхне-Сорматское)	1430	–	2...5	0,93	–	–	–
70.	Ак-Монайское	1380	–	1,4...2,4	0,86	23	–	–
71.	Гурьевское	1430	–	1,8...3,6	–	–	–	–
72.	Мамашайское	1470	–	2,0...2,6	0,77	17,9	–	–
73.	Ливенское	1910	–	3,5	0,91	15	–	–
74.	Инкерманское	1770	–	7	0,7	15	–	–
75.	Цыганское	1800	–	7,3...8,8	0,47	15	–	–
76.	Бодракское (Альминское)	1840	–	10	0,87	12	–	–

Продолжение прил. 9

Происхождение и наименование пород и месторождений	Характеристики пород					Характеристика заполнителей	
	средняя плотность, кг/м^3	истинная плотность, г/см^3	предел прочности при сжатии, МПа	коэффициент размягчения	водопоглощение, % по массе	насыпная плотность, кг/м^3	
						песка	щебня
РСФСР							
Горьковская обл.							
77. Анненковское	2000...2380	2,66	6...206,9	0,69	2,2...33	1090	1190
78. Гремячевское	1960...2320	2,68	11...192	0,7	4,6...23,9	1100	1210
79. Балахнинское	1600...2450	2,70	0,6...177	0,76	0,9...39	1140	1260
Владимирская обл.							
80. Ковровское	1900...2380	2,65	9,1...180	0,75	до 21	1200	1310
Грозненская обл.							
81. Первомайское-1	1840	–	5,5	–	–	–	–
82. Первомайское-2	1960	–	5,3...10	–	–	–	–
83. Джелийское	1930	–	5,4	–	–	–	–
Ростовская обл.							
84. Пролетарское-1	1650	–	0,8...1,3	–	19,8	–	–
85. Ростовское-1	1670	–	1...2,8	–	14,5	–	–
86. Миусское	1580	–	5,2	–	–	–	–
87. Синявское	2360	2,65	–	0,85	3...18	–	1200
Краснодарский край							
88. Веселинское	1700...1800	2,44–2,6	–	–	12...14	1380	920
89. Ильское	1350	–	1,6...3	–	21,5	–	–
90. Баканское	1490	–	2,8	–	12,3	–	–

	Ставропольский край							
91.	Спасское	–	–	1,4...1,6	–	14,7	–	–
92.	Пелагиадское	1700...1800	–	1,5...10	0,73	3...5,9	1460	1120
93.	Бурлакское	–	2,44	4,1	–	14	–	–
94.	Петровское	2150	–	7,1	–	4,3	–	–
	Калмыцкая АССР							
95.	Чолдун-Хомурское	1400...1900	–	1...2,7	–	–	–	–
96.	Зунда Толгинское	1300...1900	–	0,6...1,8	–	–	–	–
	Дагестанская АССР							
97.	Тарки-Тау	2360	2,73	3,8...40	–	6	1230	1200
98.	Дербентское	1700...2200	2,65	3...20	–	8	1310	–
	Азербайджанская ССР							
99.	Шувелянское	1710 / 1660...1760	2,62	2,5...5,5	0,69...0,94	7,3...12,5	1230...1280	770...870
100.	Карадагское	1760 / 1570...1980	2,65	4,5...13	0,83...0,87	2,7...12	1330...1470	850...1100
101.	Шахинбахское	1740 / 1600...1900	2,65	7...19	0,77...0,87	1,5...6,5	1300...1500	1000...1130
102.	Кергезское	1850 / 1750...1900	2,84	4,5...15	0,84	6...10	1130...1150	900...1100
103.	Машгагинское	1650 / 1580...1700	2,63	2,5...5,5	0,74	9,6...10,9	1300...1350	950...1050
104.	Гюздекское	1850 / 1740...2120	2,75	6...18	0,80...0,85	1...10	1130...1320	910...1070

Примечания: 1. Коэффициенты размягчения, приведенные в таблице без пределов колебаний, соответствуют наименьшим из наблюдаемых.

2. Показатели прочности у известняков под № 1...94 (за исключением № 28, 32, 35 и 77...80) соответствуют их характеристикам, полученным испытанием перпендикулярно слоям и параллельно им.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
1. Общие положения 4
2. Требования к изделиям 5
3. Требования к конструкционно-теплоизоляционному керамзитобетону на карбонатном песке 6
4. Требования к исходным материалам 8
5. Проектирование, подбор и назначение состава конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке 11
6. Приготовление и транспортирование керамзитобетонной смеси 21
7. Формование изделий 22
8. Тепловая обработка изделий 25
9. Распалубка, доводка, хранение и транспортирование изделий 29
10. Контроль качества исходных материалов, бетона и изделий 30

Приложение 1. Рекомендуемые типы изделий из конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке и способы их приготовления 33

Приложение 2. Примерные технические условия на поставку заполнителей предприятию-изготовителю 34

Приложение 3. Методика определения прочности карбонатного песка. . . . 35

Приложение 4. Примеры проектирования и назначения состава конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на карбонатном песке 37

Приложение 5. Контроль основных свойств керамзитобетона в изделиях методом высверливания кернов 48

Приложение 6. Определение и оценка сопротивления водопроницанию . . . 52

Приложение 7. Методика контроля коэффициента теплопроводности легких бетонов 54

Приложение 8. Значение критерия для F-распределения Фишера при степени обеспеченности 0,95 58

Приложение 9. Характеристики карбонатных заполнителей различных месторождений и их исходной породы 59

Нормативно-производственное издание

НИЛЭП ОИСИ

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ И ПРИМЕНЕНИЮ КОНСТРУКЦИОННО-ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНА НА КАРБОНАТНОМ ПЕСКЕ

Редакция инструктивно-нормативной литературы

Зав. редакцией Л. Г. Бальян
Редактор Г. А. Полякова
Мл. редактор Л. Р. Абелева
Технический редактор И.В. Берина
Корректор С. А. Зудилина

Н/К

Подписано в печать 25.07.88 Формат 60x84 1/16 Бумага офсетная № 2 Печать офсетная Усл. печ.л. 3,72 Усл. кр.-отт. 3,97 Уч.-изд. л. 4,34 Тираж 7000 экз. Изд. № XII–3002 Заказ 2879 Цена 20 коп.

Стройиздат. 101442, Москва, Каляевская, 23а

Московская типография № 9 НПО
"Всесоюзная книжная палата" Госкомиздата СССР
109033, Москва, Волочаевская, ул. 40

gost.e-ecolog.ru