

ДНЕПРОПЕТРОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
И АРХИТЕКТУРЫ

УДК 666.972.125

На правах рукописи

МУРШЕД Ареф Абдулла /Йемен/

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПОРИСТОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ
ИЗ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД МЕДЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
/ ЙЕМЕН /

05.23.05 - Строительные материалы и изделия

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск 1996

ДВ 34.300

Диссертация является рукописью.

Работа выполнена на кафедре строительных конструкций
Криворожского технического университета

Научный руководитель - кандидат технических наук,
доцент Астахов В.И.

Официальные опоненты - доктор технических наук,
профессор Савин Л.С.
- кандидат технических наук,
доцент Шижкин А.А.

Ведущая организация - дочернее арендное предприятие
"Монолит"

Защита диссертации состоится 19.04. 1996 г.
в 13⁰⁰ часов на заседании специализированного
ученого совета Д 03.07.01 при Приднепровской
государственной академии строительства и архи-
тектуры по адресу: 320600, г.Днепропетровск,
ул. Чернышевского, 24а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИРАСИА.
Автореферат разослан 19.03. 1996 г.

Ученый секретарь
специализированного
ученого совета, к.т.н., доц. *А. Мухоморова* Лукьянскова А.Н.

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00740359 (S)

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

AB - 34.502

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность работы. Республика Йемен, как развивающееся государство, крайне заинтересовано в развитии жилищного строительства. Для этого необходима организация производства пористых заполнителей. Однако развитие промышленного производства пористых заполнителей сдерживается отсутствием сырьевой базы. Как известно, в Йемене не обнаружено легко вспучивающихся глин и, следовательно, отсутствует промышленность пористого керамзита, наиболее распространенного заполнителя легкого бетона.

В то же время в республике бурно развивается золоторудная промышленность. При добыче золота образуется большое количество промышленных отходов из вмещающих горных пород. На Медденском золоторудном месторождении это прежде всего доломитизированные известняки, представляющие собой двойную углекислую соль кальция и магния. Это вторичные породы после их извлечения представляют отвалы мелкодробленого материала. Такой сыпучий материал, по существу, является готовым сырьем для производства пористого заполнителя.

Поризация частиц доломитизированного известняка можно осуществить путем нагревания, которое сопровождается выделением газов. Диссоциация доломитизированного известняка в процессе обжига происходит с выделением углекислого газа и значительной потерей исходной массы горной породы в пределах 30 - 40%.

Однако, организация производства нового вида пористого заполнителя из доломитизированного известняка требует решения ряда сложных технологических вопросов и исследования свойств нового заполнителя. Решение этой задачи крайне актуально для республики Йемен, как и других государств обладающих запасами аналогичных карбонатных пород.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка физико-технических основ получения из доломитизированного известняка пористого заполнителя и легкого бетона с новым видом заполнителя.

Очевидно, что поставленная цель исследования может быть достигнута совместным использованием исходной горной породы и пластифицирующих глин, а также плавней. В связи с этим необходимо решить следующие задачи исследования:

- исследовать свойства исходных карбонатных пород из наиболее перспективного Медденского золоторудного месторождения;

- установить фазовый состав, структуру и физико-химические свойства спеченной шихты;
- определить продукты реакций, протекающих при различных температурах обжига и переменных составах исходных сырьевых материалов;
- произвести оценку технологической целесообразности производства пористого заполнителя из доломитизированного известняка;
- исследовать комплекс свойств легкого бетона на основе нового вида пористого заполнителя и установить область его рационального применения;
- оценить технико-экономическую эффективность производства пористого заполнителя в республике Йемен.

Выполнение диссертационной работы начато в соответствии с обязательной целевой комплексной научно-исследовательской программы и продолжено в соответствии с утвержденной темой кандидатской диссертации.

Научная новизна работы:

- определен состав продуктов газовой твердофазной реакции, протекающей в композициях: доломитизированный известняк-монтмориллонитовая и каолининовая глины с выгорающими добавками и лиричными огарками;
- определено оптимальное соотношение составляющих и рациональные параметры обжига пористого заполнителя;
- разработаны математические модели процесса спекания в зависимости от состава исходной шихты;
- разработан технологический регламент производства пористого заполнителя с заданными физико-механическими свойствами;
- выяснен характер гидратных новообразований в контактной зоне заполнителя, их фазовый и морфологический состав;
- разработаны составы легкого бетона с новым видом пористого заполнителя, обеспечивающие получение различных марок бетона по плотности и прочности на сжатие;
- установлен комплекс физико-механических характеристик легкого бетона на основе нового пористого заполнителя и произведено их сравнение с действующими нормативными документами.

Автор защищает:

- результаты физико-химических исследований взаимодействия доломитизированного известняка с различными видами глин, выгорающими добавками и плавнями при различных условиях обжига;

- новый вид пористого заполнителя, в котором при обжиге происходит не только высокоэффективная поризация, но и надежное связывание активных оксидов кальция и магния;
- зависимость температуры обжига от химического и минералогического состава исходных масс и их влияния на свойства заполнителя;
- механизм адгезионного взаимодействия гидратных новообразований цементного камня с контактной зоной пористого заполнителя;
- рекомендации по прогнозированию физико-механических свойств легкого бетона на основе нового пористого заполнителя и назначенного ему оптимального состава с заданной прочностью и плотностью;
- обоснование технико-экономической целесообразности производства нового вида заполнителей в районах где имеются достаточные запасы доломитизированных известняков и пластифицирующих глин;
- технологические рекомендации по производству пористого заполнителя из доломитизированного известняка и легких бетонов на его основе.

Достоверность выводов диссертации, разработанных предложений и рекомендаций основана на сходимости теоретических и экспериментальных результатов исследования и применением методов математического планирования эксперимента, используемых для обоснования технологических параметров производства.

Практическая значимость работы. Впервые получен высокоэффективный, экономичный пористый заполнитель из дешевого местного сырья, что служит основой развития базы жилищного строительства в республике Днепропетровская. Важно, что развитие промышленности легкого заполнителя будет способствовать улучшению экологической обстановки из-за очистки отвалов горных выработок и рекультивации земель. Эта проблема также важна для Криворожского мезозорудного бассейна Украины.

Получены легкие бетоны класса по прочности на сжатие от В7,5 до В20 при средней плотности 1650 кг/м³. Из легкого бетона отформованы стеновые панели для одноэтажных домов усадебного типа.

Результаты исследования автора использованы в учебном процессе для студентов специальности 2906 "Производство строительных изделий и конструкций".

Апробация работы.

Результаты исследования доложены на ежегодных научно-техни-

ческих конференциях Криворожского технического университета 1993-96 гг., а также на научно-практической конференции "Ресурсосберегающие технологии в транспортном и гидротехническом строительстве" (декабрь 1995 г., г. Днепропетровск).

Результаты исследований опубликованы в 8 публикациях автора.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, общих выводов и рекомендаций, списка литературы и приложения. Работа изложена на 157 страницах машинописного текста, 30 рисунков, 31 таблицы и списка литературы из 212 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Развитие промышленности искусственных пористых заполнителей в развивающихся республиках Азиатского континента отстает от потребностей жилищного строительства. Причиной этого является: ограниченность месторождений высоковспучивающихся глин для производства керамзита, особенности минералогического состава лесовидных суглинков, не позволяющие получать качественный аглопорит. Увеличить производство пористых заполнителей за счет получения шунгизита, глинозольного керамзита, вспученной опоки, диатомита, трепела в республике Йемен невозможно из-за отсутствия сырья.

Все это вызвало необходимость создания нового вида пористого заполнителя из местного сырья и отходов горнодобывающей промышленности. Работы А.А. Аркедяна, И.Н. Ахвердова, П.П. Будникова, П.М. Важенова, Г.С. Турлакова, А.И. Ваганова, Г.И. Горчакова, В.Г. Довжика, И.А. Иванова, В.М. Ларисовой, В.Е. Корниловича, Р.Л. Мамляна, С.П. Снецкого, Н.А. Попова, М.С. Симонова, Н.Я. Спивака, И.П. Элинзон и многих других оказали огромное влияние на развитие науки о легких бетонах и такого важного раздела ее как производство и применение искусственных пористых заполнителей.

В качестве основного сырья для пористых заполнителей в условиях республики Йемен отвечает обломочные породы доломитизированного известняка, как отхода золоторудного Медденского месторождения.

После диссоциации, происходящей с выделением углекислого газа, доломитизированный известняк превращается в смесь чистых оксидов кальция и магния. Они могут быть связаны в стабильные соединения при добавлении в исходную шихту пластифицирующих

глин с высоким содержанием оксидов кремния, алюминия и железа. Выделяющиеся газообразные продукты образуют пористую структуру материала, позволяющую получать эффективный заполнитель для легкого бетона.

Основными объектами исследований в работе явились: доломитизированный известняк Медденского золоторудного месторождения, монтмориллонитовая и каолиновая джебельские глины.

Структура исследуемого доломитизированного известняка относится к часто встречающейся мелкокристаллической с размерами зерен менее 0,1 мкм. Плотность их 2,76-2,87 г/см³. Порода пористая, с водопоглощением 8-9% по массе, по химическому составу однородна - количество примесей: кристаллы кварца, гидроксиды железа, - находятся в пределах 2,4 - 4,6%. Диссоциация доломитизированных известняков происходит в две ступени при температуре 690 - 870°С.

В качестве одной из пластифицирующих добавок, изучался бентонит Джебельского горного хребта (Йемен). Он состоит в основном из тонкочешуйчатых агрегатов глинистых минералов: монтмориллонита и бейделита. В шлифах отмечается небольшое количество алевритовых частиц: гидрослюд, обломков кварца, полевого шпата.

Другой пластифицирующей добавкой служил каолин Синельниковского месторождения. Он относится к коллоидно-дисперсным породам и состоит из плотно сросшихся по базису листоватых зерен каолина. В качестве примесей в значительном количестве наблюдаются тонкодисперсные зерна кварца, иногда видны чешуйки гидрослуда, зерна полевого шпата.

Для создания восстановительной среды непосредственно внутри гранул материала в сырьевые шихты вводился Павлоградский уголь. Добавко-плавнем служили пиритные огарки производства Днепродзержинского АО "Азот".

Получение пористых заполнителей первоначально исследовалось в системах доломитизированный известняк-бентонит или каолин. Контролируемым показателем служила огнеупорность составов, определяемая при помощи пироскопов. Интервал варьирования компонентов составлял 5%. Кристаллические фазы в пироскопах определяли с помощью рентгенографического анализа.

На кривой диаграммы плавкости системы доломитизированный известняк- бентонит можно выделить три участка. Первый участок с содержанием известняка в смеси от 0 до 30% характеризуется по-

вышением огнеупорности по линейной зависимости от 1100°C до 1200°C . Основной кристаллической фазой в пироскопах является кварц, присутствуют кристаллы ортосиликата кальция, анортита, форстерита.

При увеличении содержания доломитизированного известняка до 80% огнеупорность начинает расти по кривой второго порядка и доходит до 1500°C . В кристаллической фазе первоначально доминируют диоксид, форстерит, кварц, в небольшом количестве имеются кристаллы окерманита, анортита, геллинита, монтичеллита. Затем преобладающим становятся линии монтичеллита и мервинита, линии кварца исчезают и появляются линии периклаза, которые постепенно увеличивает свою интенсивность. Третий участок соответствует пропорциональному увеличению огнеупорности. На рентгенограммах наибольшую интенсивность имеет линии переклаза и извести.

На кривой плавкости доломитизированный известняк-каолин отсутствуют сингулярные точки. Огнеупорность плавно повышается от огнеупорности Синедьниковского каолина - 1750°C до огнеупорности Медденского доломитизированного известняка.

При понижении содержания известняка от 100 до 70% на рентгенограммах составов линии периклаза и извести постепенно уменьшают свою интенсивность, а затем исчезают, в то время, как линии ортосиликата кальция, монтичеллита и окерманита увеличиваются. При 35% каолина линии периклаза исчезают, появляются линии анортита, геллинита и форстерита. Затем происходит синтез окерманита, диоксида и нордмерита. Дальнейшее увеличение содержания каолина ведет к появлению, а в дальнейшем и преобладанию линий муллита, шпинели, кристобаллита.

Анализируя полученные результаты, видно, что наибольший интерес с точки зрения получения пористых заполнителей в данных системах являются массы с содержанием доломитизированного известняка от 50 до 65% и соответственно бентонита и каолина от 50 до 35%, соответствующие областям синтеза стабильных соединений и исчезновения периклаза.

Для интенсификации процесса спекания в зернах заполнителя сырьевые материалы измельчались до крупности 1,0 мм и увлажнялись до 15-20% влажности. Формовку гранул осуществляли на лабораторных грануляторах шнекового типа.

Высушенные гранулы обжигали при температуре 1050-1100-1150-

1200-1250°C по технологии получения керамзита с выдержкой в печи в течении 30 и 45 минут.

При обжиге создавались как окислительная, так и восстановительная среды. Восстановительная среда внутри гранул достигалась путем введения в сырьевые шихты 5% тонкомолотого угля при формировании гранул.

При получении заполнителя в системе доломитизированный известняк-каолин дополнительно требовалось понижение температуры обжига, поэтому были использованы эффективные плавни-пиритные отарки. Добавка-плавень вводилась с концентрацией 2 и 4%.

После обжига гранулы проверяли на реакцию с фенолфталином на качественное содержание свободных оксидов кальция и магния. Второй этап исследования результата процесса спекания шихты - нахождение потерь при прокаливании и дериватографии.

Данные лабораторных исследований позволили выявить, что оптимальной температурой спекания для заполнителя марки 500-650 в системе доломитизированный известняк-бентонит является 1200°C при выдержке 30 мин.

В системе доломитизированный известняк-каолин добавка пиритных отарков в количестве 4% является оптимальной для эффективного снижения температуры обжига до 1250°C при выдержке 30 мин.

Для всех составов восстановительная среда способствовала получению более легкого, прочного и стойкого заполнителя. Этому способствовало формирование заполнителя на шнековом грануляторе, что понижало его насыпную плотность и повышало прочность, что можно объяснить созданием в шнеке лучших условий структурообразования гранул заполнителя.

С целью изучения влияния содержания основных компонентов на свойства полученных заполнителей применен метод математического планирования эксперимента. В исследованиях осуществлен трех- и четырехфакторный эксперимент по симплекс-решетчатым планам Шеффе. Параметрами оптимизации служили: насыпная плотность и прочность при сдавливании в цилиндре. Исследуемые области представляли собой локальные участки диаграмм. В случае заполнителя из бентонита, угля и доломитизированного известняка это был треугольник с вершинами А(35,10,55); В(45,0,55); С(35,0,65). Во втором случае при заполнителе из каолина, пиритных отарков, доломитизированного известняка и угля - тетраэдр с вершинами А(45,0,55,0); В(36,10,55,0); С(35,0,65,0); Д(35,0,55,10).

В результате реализации эксперимента и расчета коэффициентов уравнения регрессии третьего порядка получены следующие адекватные модели в координатах псевдокомпонентов:

$$\bar{Y}_{\text{пл}} = 59,35X_1 + 502,72X_2 + 489,95X_3 + 112,4X_1X_2 + 54,33X_1X_3 - 402,07X_1X_3 - 192,74X_1X_2(X_1 - X_2) - 207,33X_1X_3(X_1 - X_3) + 50,47X_2X_3(X_2 - X_3) - 398,84X_1X_2X_3$$

$$\bar{Y}_R = 4,02X_1 + 3,04X_2 + 1,95X_3 + 1,09X_1X_2 - 0,33X_2X_3 - 0,30X_1X_3 + 1,43X_1X_2(X_1 - X_2) + 5,06X_2X_3(X_2 - X_3) - 0,33X_1X_3(X_1 - X_3) - 0,58X_1X_2X_3$$

Графическая интерпретация математических зависимостей позволила наглядно установить влияние расхода компонентов на насыпную плотность прочность при сдавливании в цилиндре, а также выявить оптимальные составы шихты для заполнителя. Установлена возможность получения заполнителя на основе Медденского доломитизированного известняка и местных глин с насыпной плотностью 500-550 кг/м³, с прочностью при сдавливании в цилиндре 2,1 - 2,7 МПа.

Проведенные лабораторные исследования по изучению процессов поризации и спекания зольевых смесей подтверждены в заводских условиях выпуском промышленных партий новых видов пористых заполнителей. Обжиг производился в полупромышленной вращающейся печи.

Полученный гравий удовлетворяет всем требованиям ГОСТ 9757-83 "Заполнители пористые неорганические для легких бетонов. Классификация и общие технические требования", и относится к маркам по плотности 500-550, а по прочности П100-П125. Морозостойкость его более 100 циклов. Коэффициент вариации плотности составляет 2,7%, а прочности - 4,0%. Он также удовлетворяет и требованиям ГОСТ 9759-83 "Гравий и песок керамзитовые", кроме водопоглощения. Это связано с тем, что разработанная технология и процессы, происходящие при обжиге заполнителя, по своей сущности близки к процессам спекания аглопорита. Поэтому данные заполнителя сравнивались с требованиями ГОСТ П1991-83 "Шебень и песок аглопоритовые. Технические условия". По данному ГОСТ полученный заполнитель, так же как и по ГОСТ 9759-83, относится к высшей категории качества.

Изучение структуры и фазового состава заполнителей из карбонатных пород производили с помощью рентгенографии, термогра-

фии, петрографии и сканирующей электронной микроскопии. Исследования показали, что заполнители коричневого и желтого цветов мало отличаются по структуре друг от друга, имеют крупнопористую структуру. Преобладают поры размерами 250...1000 мкм в основном неправильной формы, много пор соединяются между собой, образуя часто каверзные участки глубиной до 1 мм. Пористость подсчитанная с помощью окулярной сетки микроскопа, составила свыше 50%.

Ширина перегородок между порами от 20 до 200 мкм. У полученных заполнителей зернистая структура пористости. Стекловатное вещество менее оплавлено, чем у керамзита, и представлено в виде больших блоков, склеенных между собой. Верхний слой заполнителей не отличается от внутреннего ни пористостью, ни структурой. В сравнении с керамзитом полученные заполнители обладают более крупной по структуре и большей по абсолютному значению пористостью, имеют и меньшую прочность. Но отсутствие плотно спекшейся корки на поверхности новых заполнителей ведет к повышенному сцеплению с цементным камнем, что, в конечном счете, не ведет к понижению прочности бетона.

В самой стекловатой массе в порах заполнителей можно видеть большое количество кристаллов - монтцеллита, вортита, геленита, полевого шпата. Однако, в материале имеется большое количество стекол и алюмосиликатной фазы с неупорядоченным строением, которые обладают повышенной активностью. Поэтому следующим этапом исследования заполнителей была оценка их реакционной способности.

Анализируя полученные данные по гидравлической активности новых пористых заполнителей, можно прийти к выводу о том, что при обычной температуре полученные материалы имеют большую активность к поглощению оксида кальция, чем керамзит. При пропаривании заметен рост активности заполнителей, которая становится примерно такой же, как и у керамзита. Пары воды, усиливая гидролизное влияние гидроксильных ионов OH^- , способствуют различным процессам выщелачивания глиноземистых составляющих и образованию активно поглощающего $\text{Ca}(\text{OH})_2$ кремнезема. Поэтому полученные пористые заполнители имеют поверхность, сформированную активными составляющими, способными к взаимодействию с гидроксидом кальция цементного раствора. Обращает внимание

и большие значения абсолютного количества активного кремнезема, растворяющегося в H^+ растворе NaOH . Однако, взяв в расчет относительный показатель растворимого кремнезема к понижению содержания щелочи, мы видим, что он не превышает единицы. Разработанные заполнители имеют еще одно преимущество, сводящее практически к нулю деструктивные процессы в бетоне при наличии в нем щелочей. Если керамзит имеет плотную корку, которая, так же как и цементный камень, будет испытывать местные концентрированные напряжения в результате роста новообразований, то капиллярно-пористая структура новых заполнителей будет полностью их гасить.

Ввиду того, что новые пористые заполнители отличаются по вещественному составу, микроструктуре, гидравлической активности, реакционной способности от керамзита, то и процессы, протекающие на границе с цементным камнем, могут происходить по разному и приводить к изменению микроструктуры бетона и его технических свойств. Для распознавания сущности всех процессов, определяющих формирование зоны контакта цементного камня и заполнителей использован комплекс физико-химических методов анализа.

Полученные данные позволили выделить следующие особенности в создании зоны контакта:

- при формировании бетонной смеси цементно-водная суспензия в результате отсоса влаги проникает через поверхность заполнителя, покрытую большим количеством сообщающихся пор, внутрь гранулы. Сцепление на этом этапе осуществляется за счет адгезионных сил смачивания и прилипания;
- в результате воздействия $\text{Ca}(\text{OH})_2$ цементного камня на активную поверхность заполнителя осуществляется взаимодействие $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и активного кремнезема с образованием низкоосновных гидросиликатов кальция типа $\text{C}_2\text{H}(\text{V})$, которые в свою очередь уплотняют прилегающие слои заполнителя и цементного камня;
- при физико-химических реакциях взаимодействуя наряду с активным кремнеземом в контактные слои заполнителя вносятся также и атомы Al , в результате чего часть полученных гидросиликатов получают Al -замещенными;
- тепловлажностная обработка интенсифицирует процессы взаимодействия в контактной зоне за счет большего связывания цементного камня с Si и Al заполнителя;
- активное образование прочных низкоосновных гидросиликатов

кальция, частично Al-замещенных, способствует увеличению микропрочности контактных слоев по сравнению с цементным камнем и срастанию последнего с пористым заполнителем;

- создание по всему периметру заполнителя прочного срустка с цементным камнем будет упрочнять сам заполнитель, а следовательно, и легкий бетон на его основе.

Аппарат математико-статистических методов оптимизации путем построения базовых зависимостей был использован для проектирования составов бетона. Исследования велись в два этапа:

- проектирование состава бетона класса В 7,5...В 12,5 при марке по средней плотности Д 1100...Д 1200 с применением пористого песка, полученного путем дробления крупных заполнителей;
- проектирование состава бетона класса В 10...В 25 при марке по средней плотности Д 1400...Д 1200 с использованием плотного кварцевого песка с $M_k = 2,2$.

В качестве параметров оптимизации приняты прочность при сжатии и средняя плотность легкого бетона.

При выборе переменных исходили из того, чтобы они описывали состав бетона и некоторые главные технологические факторы его изготовления. Ввиду этого переменными служили: расход вяжущего, расход крупного пористого заполнителя подвижность бетонной смеси. Вяжущим служил портландцемент Балаклейского цемкомбината марки 400. При выборе уровней варьирования расхода крупного заполнителя исходили из подобранного заранее зернового состава, обеспечивающего получение бетона с оптимальным расходом воды при максимальной прочности на сжатие в заданных условиях варьирования.

В результате реализации эксперимента и обработки данных получены адекватные зависимости.

$$\bar{Y}_R = 12,8 + 5,1X_1 - 3,4X_2 + 1,4X_3 + 0,4X_1^2 - 0,8X_1X_2 - 0,7X_2^2$$

$$\bar{Y}_\gamma = 989 + 59X_1 - 16,4X_2 + 13,9X_3 + 40,1X_1^2 - 6,3X_2^2 - 18,4X_3^3$$

Анализ уравнений регрессии, решенных графическим способом, позволяет наглядно определить влияние расхода основных компонентов и технологических факторов на конечные свойства бетона, и достаточно просто производить проектирование состава бетона с заданными свойствами.

В диссертационной работе выполнен графический анализ полу-

ченных зависимостей и определен их физический смысл.

При использовании новых пористых заполнителей получены бетоны классов по прочности на сжатие В 7,5 - В 30 при средней плотности Д 1100 - Д 1800. Расход вяжущего для данных бетонов до 100 кг/м³ меньше, чем нормируемые значения по СНиП 5.01.23-83.

Исследуя подобранные составы легкого бетона на полученных пористых заполнителях, были проведены экспериментальные определения основных физико-механических свойств бетонов классов по прочности на сжатие от В 7,5 до В 25. Коэффициенты вариации в проведенных испытаниях колебались в пределах от 3,9 до 5,8% по прочности бетона на сжатие и 4,0 - 7,6% по средней плотности. Составы рассчитывались по уравнениям регрессии при минимальном расходе вяжущего. При этом расчетные характеристики отличались от фактических в пределах 2,8 - 3,3%. Анализируя полученные данные, мы видим, что построены достаточно надежные математические модели, гарантирующие получение легких бетонов заданного класса по прочности на сжатие и средней плотности.

Коэффициент призмной прочности легкого бетона на новых видах пористых заполнителей находится в пределах 0,8-0,9. При расчетах среднее значение коэффициента призмной прочности можно брать равным 0,85, что полностью соответствует рекомендациям НИИЖБ. Коэффициент призмной прочности уменьшается с повышением марки легкого бетона на новых заполнителях, а призмная прочность исследуемого легкого бетона несколько превосходит данный показатель для тяжелого бетона.

Прочность полученного бетона на растяжение при изгибе превосходит значения, полученные при частом осевом растяжении аналогичных призм во всех случаях. Прочность на растяжение пропаренных образцов на 6-10% ниже прочности бетона естественного твердения, а увеличение жесткости ведет к увеличению прочности. Кроме того, прочность на осевое растяжение призм из легкого бетона на новых пористых заполнителях значительно превосходит значения нормативных величин.

Результаты определения начальных модулей упругости бетона на разработанных заполнителях показали их превышение в среднем на 10-17% по сравнению с нормируемыми значениями модулей упругости по СНиП 2.03.01-84, что обеспечивает некоторый запас жесткости.

Модули упругости у всех пропаренных призм в среднем на 15% ниже, чем у образцов, твердевших в естественных условиях. Коэффициент Пуассона для данных бетонов соответствует нормируемому значению и равен 0,2. Предельная сжимаемость бетона находится в пределах $160-200 \cdot 10^{-5}$, а предельная растяжимость - $10-15 \cdot 10^{-5}$, в зависимости от класса по прочности на сжатие. Максимальные величины продольных деформаций сжатия полученных легких бетонов соответствуют предельной сжимаемости легких и тяжелых бетонов. Деформации же растяжения близки соответствующим деформациям тяжелого бетона; уступаая при этом керамзитобетону.

Испытания показали, что морозостойкость легкого бетона на новых видах заполнителя составила более 100 циклов.

Сохранность стальной арматуры в полученных легких бетонах отражает электрохимическое состояние стали. Полученные анодные кривые арматуры непосредственно в бетоне говорят о том, что во всех исследуемых образцах с низким содержанием вяжущего сталь пассивна.

Технико-экономические расчеты показали, что себестоимость 1 м^3 новых пористых заполнителей в среднем на 30% ниже, чем керамзита. Экономия достигается за счет уменьшения затрат на сырьевые материалы и топливо, расход которого снижается на 30%. Экономический эффект при получении 1 м^3 легкого бетона на новых заполнителях составляет около 15% и достигается за счет снижения стоимости заполнителя и расхода цемента.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.

1. Комплексными физико-химическими исследованиями Медденского доломитизированного известняка и местных бентонитовых и каолиновых глин доказана возможность получения на их основе искусственного пористого заполнителя.

2. По диаграммам плавкости доломитизированный известняк-бентонит выявлено, что бентонит является эффективным плавнем для Медденского известняка. В системе доломитизированный известняк-каолин эффективной флюсующей добавкой являются пиритные огарки.

3. Определены все физико-механические свойства новых видов пористых заполнителей, отличающихся низкой плотностью и достаточной механической прочностью. Заполнители полностью отвечают требованиям ГОСТ и относятся к высшей категории качества.

4. Разработаны математические модели, позволяющие оптимизировать составы шихт для получения новых пористых заполнителей. Установлена оптимальная температура обжига гранул - 1200-1250°C и время спекания 30 минут.

5. Изучена поровая структура новых заполнителей, имеющих зернистое строение с преобладанием пор размером 200-900 мкм. Фазовый состав заполнителей состоит из аморфной стекловатой массы, местами раскристаллизованной в виде микрокристаллических включений типа монтичеллита, анортита, геленита и полевого шпата. Выявлено, что заполнители являются по показателям гидравлической активности и содержанию активного кремнезема потенциально реакционноспособными. Однако, по относительным показателям, а также благодаря капиллярно-пористой структуре исключена возможность появления в них деструктивных процессов.

6. Исследование влияния пористой поверхности новых заполнителей на свойства легкого бетона показали, что на контакте между заполнителем и цементным камнем происходит химическое взаимодействие с образованием низкоосновных гидросиликатов кальция, частично Al-замещенных. Последние способствуют упрочнению и срастанию заполнителя и растворной части бетона.

7. В результате реализации трехфакторного эксперимента на трех уровнях по плану второго порядка получены математические зависимости и их графические модели, позволяющие наглядно определять влияние расхода вяжущего, крупного заполнителя и удобоукладываемости бетонной смеси на прочность при сжатии и среднюю плотность легкого бетона с пористым и кварцевым песком.

8. Получены оптимальные составы бетонов классов по прочности на сжатие В 7,5 - В 25 при средней плотности D1100 - D1700. Расход цемента для всех классов ниже, чем у керамзитобетона той же прочности и нормируемых СНиПом значений.

9. Легкие бетоны на новых пористых заполнителях обладают высокими физико-техническими характеристиками. Прочность при сжатии, растяжении, модуль упругости у них не ниже нормируемых значений, а морозостойкость составляет более 100 циклов. Они обладают хорошими защитными свойствами по отношению к арматуре.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Долговечность шлакопемзобетона для монолитных жилых домов. Рук. депонирована в ГНТБ Украины 03.01.95, № 4 - УК95, 9 с. (соавт. Астахов В.И.).
2. Свойства шлакопемзобетона с высокоактивными тонкомолотыми добавками. Рук. депонирована в ГНТБ Украины 15.12.94, № 2492 УК94, 6 с. (соавт. Астахов В.И.).
3. Деформативность шлакопемзобетона для монолитного домостроения. Рук. депонирована в ГНТБ Украины 15.12.94, № 2493-УК94 (соавт. Астахов В.И.)
4. Технологический анализ математических моделей состава легкого бетона на пористых заполнителях. Рук. депонирована в ГНТБ Украины 21.11.95, № 2426-УК95, 10 с. (соавт. Астахов В.И.).
5. Исследование фазового состава, структуры и реакционной способности пористых заполнителей. Рук. депонирована в ГНТБ Украины 15.02.96, № 572-УК96, 8 с. (соавт. Астахов В.И.).
6. Исследование прочностных свойств легкого бетона на растяжение. Рук. депонирована в ГНТБ Украины 15.02.96, № 573-УК96, 5 с.
7. Новый вид пористого заполнителя из карбонатных пород Мемена. Сборник трудов научно-практической конференции "Ресурсосберегающие технологии в транспортном и гидротехническом строительстве", Вып. I "Строительные материалы", Днепропетровск, 1995 г.
8. Исследование искусственных пористых заполнителей и легких бетонов на их основе. Сборник трудов научно-практической конференции "Ресурсосберегающие технологии в транспортном и гидротехническом строительстве", Вып. I "Строительные материалы", Днепропетровск, 1995 г. /соавт. Пшенко А.Н., Руденко Н.Н./

ЛНБ ім. В. Стефанива
АН України

В роботі розроблені фізико-технічні основи виготовлення ноздруватих вапняків Медденського родовища /Йемен/, показано, що новий вид заповнювачів служить для виготовлення легких бетонів щільністю 1100-1700 кг/м³. Виявлено, що місцеві бентонітові глини є ефективними плавнями для карбонатних порід. Розроблені математичні моделі оптимізації складу шихти для утримання пористих заповнювачів при температурі 1200°C і часу спікання 30 хвилин. По встановленим фізико-механічним властивостям новий вид заповнювачів відповідає всім вимогам ГОСТ і відноситься до вищої категорії якості.

Дослідами структури одержаних заповнювачів доведено, що на їх поверхні має місце хімічна взаємодія, що сприяє високій міцності легких бетонів при відносно низькій щільності останніх. За допомогою математичних моделей розраховується оптимальний склад бетонів класу по міцності на стиск В7,5 - В25. Фізико-технічні властивості легких бетонів не нижче нормальних вимог, а їх морозостійкість перевищує 100 циклів. Вони характерні доброю захисною якістю по відношені до металевої арматури.

Ключові слова: доломітизований вапняк, плавні, шихта, флюси, ніздруватий заповнювач, легкий бетон.

This article deals with the working out of physico-engineering bases for preparing porous aggregates from dolomited limes of Medesky deposit (Yemen). It is shown that the new type of aggregates serves for manufacture of light concrete with the density 1100-1700 kg/m³.

It was determined that local bentonite clays are effective for carbonate type. There are development of mathematical models of optimization of the composition of charge for keeping the porous aggregates at temperature of 1200°C during 30 min of burning. According to the determined physico-mechanical properties the new type of aggregates meets all the requirements of Standard and has the high category of quality.

The research of the structure of received aggregates proved that there is chemical interaction on their surface, that shows the high firmness of light concrete at their relatively low compactness. With the help of mathematical models there is the calculation of optimum composition of concretes according their compressive strength B 7,5 - B 25.

Physico-engineering properties of light concretes are not lower than standard requirements, but the frost-resistance is higher than 100 cycles. They are characterized by high resistance quality to metal reinforcement.

Key-words: dolomited limes porous aggregates,
light concrete.

Здобувач



Муршед Ареф Абдулла

445008

AB 34.302