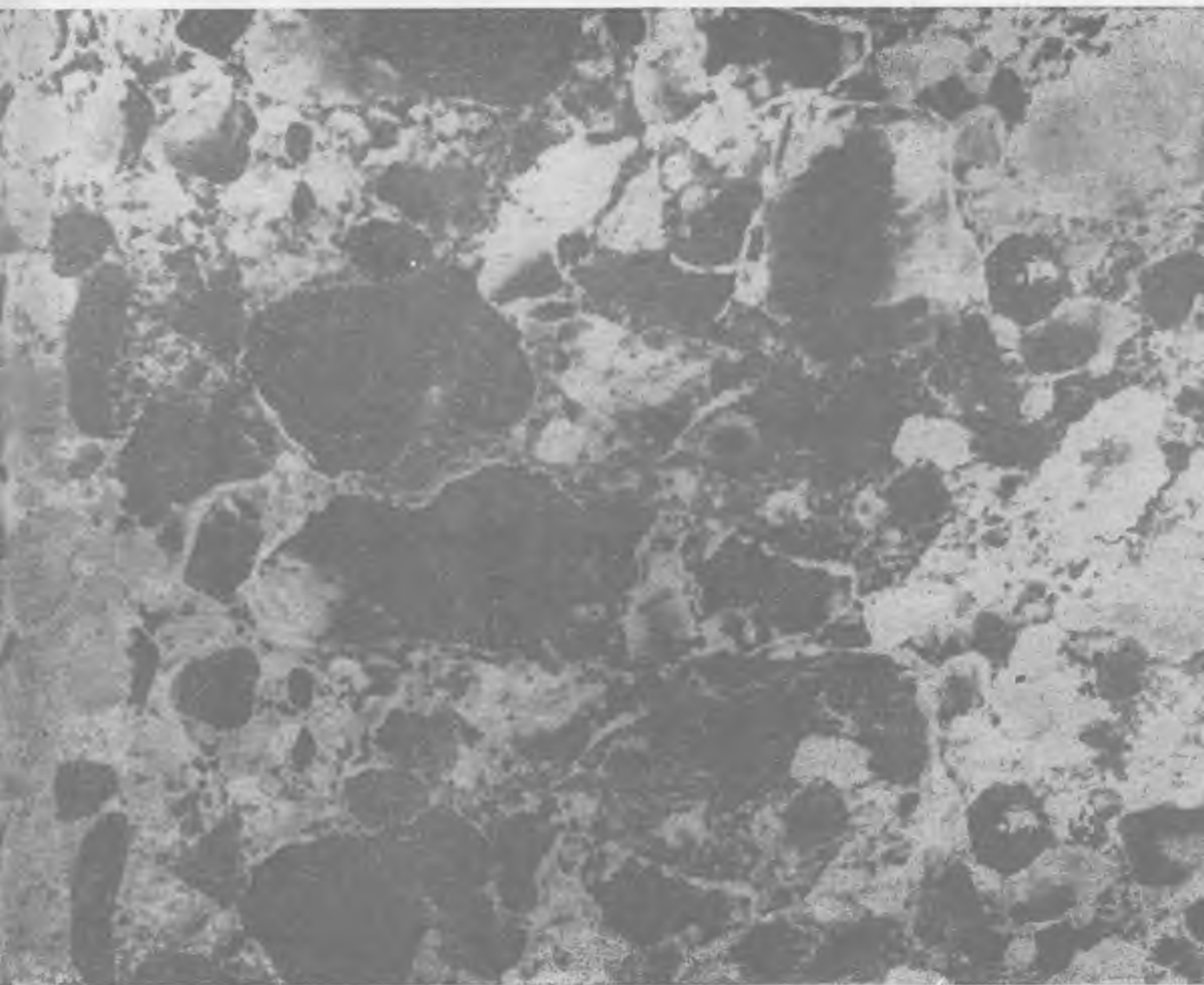


БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

7
1983



Авторские свидетельства

№ 6*

- № 996184. А. В. Добровский, Н. П. Сажнев, В. Б. Костылев и Г. В. Карпов. НИИ силикатобетон. Устройство для уплотнения бетонной смеси в форме.
- № 996191. Т. Х. Бухарбаев, В. И. Гапжара, Б. В. Зинков и др. Целинградский инженерно-строительный ин-т. Технологический комплекс по производству железобетонных изделий.
- № 996192. Г. А. Качан, А. В. Богущ, В. В. Соусь и др. ПКБ Минсельстроя БССР. Форма для изготовления изделий из бетонных смесей.
- № 996195. Ю. В. Сокольский, Н. Ф. Ефремов, Е. П. Муханов и Н. М. Ботунов. Форма для изготовления изделий из бетонных смесей.
- № 996196. Д. Ю. Воробьев, А. Л. Деревянченко, Ш. А. Ломидзе и др. Гипрогражданпроект Госстроя УССР. Установка для формирования объемных элементов и арматурный каркас для объемных элементов.
- № 996197. Т. Г. Знобина, Л. И. Лемасов, А. Г. Сидоренко, М. Я. Штейнберг и Е. А. Антонов. Ленгипротрансмост. Устройство для формирования объемных элементов.
- № 996198. И. П. Адамович, В. А. Островский, А. В. Слезкин и А. Н. Соколов. СПКБТБ Кассетдеталь. Установка для формирования железобетонных изделий в вертикальном положении.
- № 996202. Л. Ф. Калмыков, А. П. Шведов, Д. Н. Шабанов и С. В. Шелег. Новополюцкий политехнический ин-т. Смазка для форм.
- № 996203. Г. И. Книгина, Г. В. Завадский и Н. Г. Белозерова. Новосибирский инженерно-строительный ин-т. Смазка для форм.
- № 996205. А. В. Болотный, Е. Ф. Ушаков и В. П. Птичников. ЛИСИ. Устройство для заглаживания бетонных поверхностей.
- № 996206. М. Ш. Файнер. Способ отделки поверхности бетонных и железобетонных изделий.
- № 996211. В. А. Пенчук и Н. А. Калашников. Макеевский инженерно-строительный ин-т и Макеевский комбинат промышленных предприятий. Устройство для формирования труб из бетонных смесей.
- № 996213. А. З. Зейликман, В. Я. Седунов, В. М. Назин и др. НИИ ФХММ и ТП. Способ изготовления напорных виброгидропрессованных трубчатых изделий.
- № 996215. В. П. Грецов, В. М. Шпршов, Е. Г. Ларионова и др. Устройство для подачи воды преимущественно к бетоносмесительной установке со стационарной емкостью для воды затворения.
- № 996368. Э. В. Каплун, М. Я. Хазанов, О. В. Кунцевич и Ю. А. Жуков. Трест Леноргинжстрой Главленинграднижстроя. Добавка для бетонной смеси.
- № 996369. Р. П. Бурба, Е. М. Глазунов, М. В. Зайцев и др. Всесоюзный ин-т Оргэнергостроя. Бетонная смесь.
- № 996370. В. Д. Кандинский, В. В. Бабков и Г. Е. Рашитова. НИИ-промстрой. Бетонная смесь.
- № 996373. Г. М. Спивак, Ф. В. Нийгер, И. И. Ковалишин и др. Калужский филиал ВНИПИ галургии. Сырьевая смесь для изготовления кислотоупорного бетона.
- № 996378. П. П. Гуцал, Р. А. Марусяк, В. П. Нестор и др. Калужский филиал ВНИПИ галургии и Калужское ПО Хлорвинил. Полимербетонная смесь.
- № 996381. К. В. Розе, Г. С. Штарх, Ю. Г. Дудеров и др. СПКО по наладке технологических процессов производства и оказанию помощи предприятиям Оргтехстроя. Сырьевая смесь для изготовления легкого жаростойкого бетона.
- № 996382. В. А. Черняховский, В. Я. Орлов, И. Д. Горбачевич и др. ЦНИИСК. Сырьевая смесь для приготовления жаростойкого бетона.
- № 996396. А. М. Шикирянский, Г. С. Фомин, А. Н. Чернов и Н. М. Погорелов. Уралнистром. Способ изготовления шлакобетонных стеновых блоков.
- № 996397. А. Н. Чернов, С. В. Хмелев, Ю. А. Колпаков и др. Уралнистром. Устройство для термообработки бетонных и железобетонных изделий.
- № 996658. А. Г. Черных. Стыковое соединение сборных железобетонных элементов.
- № 996659. Г. Я. Биберман, Г. С. Лекумович и И. Я. Лучковский. Харьковский Промстройинипроект. Сварной стык железобетонных панелей ограждения.
- № 996665. В. И. Волосяный и А. Г. Евреинова. Перекрытие.
- № 996666. А. В. Сирота. НИИСК. Покрытие здания.
- № 996669. В. П. Деев, А. М. Сафонов, Л. С. Павлов и др. ПТО Мосспецпромпроект Главмосмонтажспецстроя при Мосгорисполкоме. Панель покрытия.
- № 996680. П. П. Кликунас и Ю. П. Яунишкис. ПТТ Оргтехстрой Минстроя ЛитССР. Блочная опалубка.
- № 996682. П. П. Ермаков. Пневматическая опалубка для возведения монолитных железобетонных сооружений.
- № 996683. Г. И. Гескин, Б. Я. Грувер, В. Д. Лихачев и др. Донецкий Промстройинипроект. Опалубка для бетонирования перекрытия из монолитного железобетона.
- № 996684. В. А. Атанесянц, Ереванский политехнический ин-т. Подъемно-переставная опалубка для возведения монолитных стен.
- № 996686. Э.—Р. В. Лааснурм, Э. В. Вески, Л. А. Сеетранд и М. М. Лесковский. НИИ силикатобетона. Устройство для установки арматурных каркасов в форму.
- № 996687. В. А. Андреев, Л. С. Война и Г. Н. Леванов. Железобетонный резервуар.
- № 996688. И. Г. Альтман, В. Д. Лихачев и С. Я. Холутченко. Донецкий Промстройинипроект. Устройство для натяжения арматуры.
- № 996689. Б. Я. Рискинд, П. Ф. Казятин, З. Н. Девяткина и А. А. Пау. Челябинский Промстройинипроект. Установка для электротермического упрочнения стержневой арматуры.
- № 8
- № 1000273. А. А. Афанасьев, В. С. Куранов и В. Г. Кара-Огланов. МИСИ и завод ЖБИ № 22 Главмоспромстройматериалов. Устройство для уплотнения бетонной смеси в форме.
- № 1000274. Е. Л. Кальварский, Г. Ш. Клугман и В. И. Лагунов. Ленингражданстрой. Формующий узел технологической линии для изготовления ячеистобетонных изделий.
- № 1000275. В. Я. Богацкий, Н. П. Жуков, Е. К. Шубин и др. Индустройпроект. Конвейерная установка для изготовления длинномерных железобетонных изделий.
- № 1000276. В. П. Александрин, Л. А. Айзбеков, Ю. Н. Володенков и др. ОПТП Энерготехпром. Двухъярусный стан для изготовления железобетонных изделий.
- № 1000277. Л. П. Морохин и А. В. Козько. КТБ по промышленности стройиндустрии. Форма для изготовления изделий из бетонных смесей.
- № 1000280. Б. Н. Суслин. ЦНИИЭП жилища. Способ отделки железобетонных изделий.
- № 1000436. Р. Я. Ахтямов, А. Г. Гайдеров, Ф. Ю. Абзгильдин и др. Уфимский филиал Специализированной проектно-конструкторской и наладочной организации Росорттехстроя. Сырьевая смесь для изготовления легкого жаростойкого бетона.
- № 1000524. В. А. Бирин. ЦНИИЭП зрелищных зданий. Каркас здания.
- № 1000525. И. Н. Стоянов. Промстройпроект. Стыковое соединение наружных стеновых панелей (его варианты).
- № 1000527. Г. Т. Мошевитин, Ю. Ф. Бирулин, Ф. С. Белавин и др. НИИмосстрой. Узел соединения железобетонных конструкций.
- № 1000536. И. П. Коскин. Производственное управление Приморкрайсельстрой. Устройство для возведения подземного сооружения из монолитного железобетона.
- № 1000539. В. Д. Лихачев, Г. И. Гескин, Я. Д. Зингин и др. Донецкий Промстройинипроект. Способ возведения железобетонного туннеля.
- № 1000541. К. И. Башлай, Е. И. Кузнецов, В. В. Шатлевский и М. Т. Штыпуляк. Устройство для уплотнения бетонных смесей.
- № 1000542. Ф. Г. Яковлев, П. Я. Дьяченко, П. Н. Липатов и Э. А. Егиев. ПТБ Главмособстройматериалов и НИИЖБ. Устройство для фиксации и отпуска натяжения арматуры.

* См.: Открытия, изобретения, 1983.

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

ОРГАН ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

ИЗДАЕТСЯ с апреля 1955 г.

Содержание

Решения XXVI съезда КПСС — в жизнь!

Симонов М. З., Путляев И. Е. Состояние и перспективы развития легкого бетона	2
Спивак Н. Я., Стронгин Н. С. Проектирование крупнопанельных элементов зданий из легких бетонов	4
Отрепьев В. А., Ярмаковский В. Н., Александров С. Е., Попов В. В. Развитие производства легких бетонов на пористых шлаковых заполнителях	7
Заренин В. А., Чернышев В. П., Креймер Я. О. Применение керамзитобетона в сельском строительстве	9
Довжик В. Г. Снижение энергоемкости и повышение теплозащитных свойств керамзитобетонных конструкций	10
Иванов И. А., Гучкин И. С., Демьянова В. С., Тяпкин В. А., Корнев Н. А. Крупно-размерные плиты покрытия из легких бетонов, армированных канатами	12
Деллос К. П., Яскеляин Б. В. Изменение свойств конструкционных легких бетонов во времени	14
Рузиев Н. Р. Теплотехнические показатели керамзитозолобетона	16
Тачкова Н. А., Ананьина Н. М., Савин В. И., Манза О. П. Теплофизические свойства шунгизитобетона	17
Мажуйка А. И., Мешкаускас Ю. Ю. Влияние суперпластификатора С-3 на свойства керамзитобетона	19
Макеева Л. А., Курасова Г. П. Влияние свойств песка на прочность конструкционного керамзитобетона	21
Шестеркина Н. Ф., Леднева Н. П., Ордиян В. В. Коррозионная стойкость полимерсиликатного керамзитобетона в сернокислотной среде	23
Юсупов Р. Р., Шаджалилов Ш. Конструктивные свойства керамзитобетона с использованием мелкого песка	24
Попугаев В. И. Прочность сжатых шунгизитобетонных элементов при длительной нагрузке	26

Информация

Читательская конференция	27
--------------------------	----

Заводское производство

Патурсев В. В., Орловский Ю. И., Манзий В. П. Технология пропитки бетонных изделий расплавом серы	28
---	----

Строительное производство

Комиссаренко Б. С., Путилов В. М., Сафронова Г. В. Строительство теплотрасс с лотками из керамзитобетона без теплоизоляции трубопроводов	30
--	----

7
[340]
июль 1983



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ

Москва

© Стройиздат, 1983

М. З. СИМОНОВ, д-р техн. наук, проф (АрмНИИС); И. Е. ПУТЛЯЕВ, д-р техн. наук, проф. (НИИЖБ)

Состояние и перспективы развития легкого бетона

Успехи, достигнутые при применении легких бетонов в жилищном, общественном, промышленном и сельскохозяйственном строительстве за годы девятой и десятой пятилеток, подтвердили правильность развития этого направления. Использование легкого бетона позволило снизить массу конструкций на 35%, расход стали — на 10%, трудозатраты — на 20%.

Прирост производства легкого бетона осуществляется нарастающими темпами. В 1982 г. его выпуск в стране составил свыше 20 млн. м³, или около 10% всего объема применяемого бетона. В среднем по стране наметилась следующая тенденция распределения легкого бетона по отраслям строительства: в жилищно-гражданском — 80%; в промышленном — 15%; сельскохозяйственном — 5%.

Наибольшую часть объема легких бетонов занимают бетоны марок М50—М100, что свидетельствует об опережающих потребностях в них ограждающих конструкций, где наиболее полно реализуются преимущества этих строительных материалов.

С освоением легких бетонов повышенных марок (до М400) рациональные области их применения несколько расширились. Например, в Армянской ССР легкие бетоны в широких масштабах используются также в гидротехническом и транспортном строительстве. Имеется опыт проектирования и строительства морских гидротехнических сооружений на Камчатке из бетона на местных вулканических шлаках.

Основным компонентом, придающим специфические свойства легким бетонам и определяющим рациональные области их применения, является пористый заполнитель. В нашей стране создана мощная индустрия по производству пористых заполнителей, позволявшая ежегодно поставлять строительству более 38 млн. м³ различных их видов, в том числе около 26 млн. м³ керамзита, около 0,93 млн. м³ шунгизита, около 0,9 млн. м³ аглопорита, более 1,8 млн. м³ вспученного перлита, более 2 млн. м³

шлаковой пемзы, более 6 млн. м³ природных пористых заполнителей.

По производству пористых заполнителей наша страна занимает одно из первых мест в мире, что и позволило достичь высокого уровня развития строительства из легких бетонов. К сожалению, в развитии промышленности по производству пористых заполнителей в последние годы наметилась тенденция снижения качества выпускаемых материалов. Например, аттестация пористых заполнителей с 1976 по 1980 г. снизилась более чем на 30%. Повысились средние показатели насыпной плотности таких наиболее широко применяемых заполнителей, как керамзит, шунгизит и аглопорит. Более чем на 37% снижено производство керамзитового песка. Повышается расход топливно-энергетических ресурсов при производстве искусственных пористых заполнителей, составляющий в среднем на 1 м³:

керамзитовый гравий	103,2 кг топлива	усл.	24,8 кВт·ч электроэнергии
шунгизитовый гравий	96,2 кг топлива	усл.	23,5 кВт·ч электроэнергии
аглопорит	95,7 кг топлива	усл.	47,8 кВт·ч электроэнергии
вспученный перлит	38,0 кг топлива	усл.	15,6 кВт·ч электроэнергии
шлаковая пемза	—		6,2 кВт·ч электроэнергии

В последнее время высказывается мнение о бесперспективности использования легких бетонов на искусственных пористых заполнителях в связи с ужесточением требований по экономии топливно-энергетических ресурсов. Это мнение нам представляется ошибочным, так как не учитывает наиболее важные показатели. Анализ работ научно-исследовательских институтов страны показал, что расход топлива при изготовлении стен из легкого бетона меньше на 48%, трудозатраты снижаются примерно в 12 раз, а стоимость ниже на 32% по сравнению с аналогичными стенами из кирпича.

Было бы, очевидно, неверно повсеместно ориентироваться и на трехслойные конструкции с эффективным утеплите-

лем. Во-первых, трехслойные стены имеют более сложную конструкцию, чем однослойные из легкого бетона. К тому же кроме минеральной ваты нет эффективных утеплителей, на которые можно было бы ориентироваться, учитывая масштабы современного строительства. Поэтому сомнения о целесообразности развития легкого бетона, особенно для наружных стен, очевидно не обоснованы. В связи с этим необходимо отметить, что количество легкого бетона, производимого в настоящее время, нельзя считать удовлетворительным.

Критериями качества легких бетонов является минимальная объемная масса в сочетании с повышенной прочностью и пониженной теплопроводностью. Чтобы легкий бетон соответствовал современным требованиям строительства, необходимо более 50% пористых заполнителей производить насыпной плотностью 200—400 кг/м³, 30—40% — насыпной плотностью 400—600 кг/м³. При этом объем пористых песков должен составлять не менее 10%.

Легкий бетон, как и вообще бетон, является материалоемким потребителем. На приготовление различных бетонов расходуется свыше 1 млрд. т природного сырья. С другой стороны, в стране ежегодно накапливается огромное количество отходов промышленности и сельского хозяйства, которые можно реализовать в полезные для человека материалы. Наиболее емким потребителем отходов в легких бетонах являются изготовляемые из этих отходов заполнители. К наиболее изученным отходам промышленности, пригодным для производства пористых заполнителей, относятся шлаки и золы ТЭС, доменные и фосфорные шлаки, хвосты углеобогажительных фабрик, древесина, копра конопли и льна, стебли хлопчатника и рисовая солома.

Наиболее дешевым и наименее энергоемким пористым заполнителем является шлаковая пемза. Объем ее производства составляет более 2 млн. м³ в год, а выход шлаков по стране достигает 51 млн. т. Лишь около 20% предприятий, являющихся поставщиками шлаков,

производят шлаковую пензу, которая характеризуется довольно низким качеством.

Значительными сырьевыми ресурсами для производства пористых заполнителей являются золы ТЭС. Разработаны основные технологические решения и накоплен большой практический опыт по производству пористых заполнителей с использованием зол ТЭС. Однако объем производства таких заполнителей очень мал. Например, зольного гравия в настоящее время производится 42 тыс. м³, или 0,1% общего объема пористых заполнителей. Несколько больше производится глинозольного керамзита и золо-аглопоритового гравия, составляющих соответственно 332 и 298 тыс. м³. Но это также чрезвычайно малые объемы, составляющие около 1% общего объема производства пористых заполнителей.

Большими сырьевыми ресурсами для производства пористых заполнителей являются отходы древесины. Например, в лесозаготовительной промышленности ежегодно накапливается около 80 млн. м³ древесины в виде сучьев, вершин, ветвей, откомлевок, некондиционной древесины. Торгующие организации ежегодно выбрасывают около 2 млн. м³ деревянной тары. Все эти отходы успешно используются в производстве эффективно-строительного материала — арболита, особенно в сельском строительстве и районах лесоразработок. Имеются законченные разработки по технологии, материаловедению и проектированию строительства из арболита. Особый интерес представляет поризованный арболит, разработанный в НИИЖБ. Несмотря на большой производственный опыт строительства из арболита, объем его внедрения составляет около 150 тыс. м³ в год, что не превышает 0,2% потенциальных возможностей.

Значительный интерес представляет использование в легких бетонах мелких пористых заполнителей и микрозаполнителей из отходов. Для снижения объемной массы конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов по данным ВНИИЖелезобетона целесообразно вводить в качестве мелкого заполнителя золы и золошлаковые смеси ТЭС с одновременной поризацией бетона воздухововлекающими добавками.

По данным АрмНИИС, мелкие пористые заполнители из туфовых отходов эффективно используются в бетонах в сочетании с крупными пористыми заполнителями.

Рассматривая перспективы развития строительства из легких бетонов, необходимо отметить расширение их использования в ближайшем будущем. Такой прогноз основан прежде всего на том,

что для начинающегося массового освоения Севера нашей страны потребуются огромное количество материалов, характеризующихся высокими теплозащитными и прочностными свойствами в сочетании с возможностью широкой индустриализации строительства. Следует отметить, что вопрос о перспективе развития строительства из легких бетонов сложный, требующий подробного анализа материальных, технических и социальных аспектов.

Перспективность развития легкого бетона будет оцениваться прежде всего его качеством. Основными критериями качества и преимуществами являются пониженные теплопроводность и объемная масса в сочетании с конструктивными свойствами. В настоящее время средняя объемная масса легких бетонов для однослойных наружных ограждающих конструкций составляет 1200 кг/м³. Марочная прочность таких бетонов в среднем равна 75, коэффициент теплопроводности — около 0,35 Вт/(м·°С). Для несущих конструкций при прочности 30 МПа средняя объемная масса бетона в сухом состоянии превышает 1600 кг/м³. Это низкие показатели, которые не отвечают требованиям не только перспективного, но и современного строительства. Поэтому необходимо резко повысить его качество, снижая при этом экономические и энергетические показатели.

Повышение качества легких бетонов должно решаться в области материаловедения, технологии и проектирования. В области материаловедения основными направлениями являются работы по созданию высококондиционных пористых заполнителей с широким интервалом свойств и с пониженными энергозатратами. При этом сырье для производства пористых заполнителей должно быть местное, по возможности из отходов промышленности. Другим направлением в области материаловедения следует считать работы, связанные с усовершенствованием структуры бетонов. В этом отношении повышение качества легких бетонов связано с использованием различных модифицирующих компонентов, особенно разжижителей и полимеров.

В области технологии большие надежды возлагаются на серийное производство автоматических высокоточных объемно-весовых дозаторов с регулируемым легкоперемалываемым заданным объемом. Существенно важным фактором повышения качества является также максимальное использование принципа двухстадийного приготовления смеси для легких бетонов с помощью локальных смесителей или совмещенных смесителей-укладчиков. Такие технологические операции позволяют использовать мето-

ды химической и температурной активации твердения.

Осуществление всех перечисленных выше мероприятий позволит снизить объемную массу конструкционно-теплоизоляционного бетона до 700 кг/м³ при прочности до 10 МПа, а конструкционного — до 1300 кг/м³ при прочности до 30 МПа. Возможно создание высокопрочного легкого бетона объемной массой 1700 кг/м³ при прочности до 60 МПа.

В области проектирования совершенствование строительства из легких бетонов связано прежде всего с разработкой крупноразмерных стеновых панелей повышенной заводской готовности со встроенными окнами. В настоящее время такие панели для жилых зданий разработаны размером на 1—2 комнаты. Для многоэтажных общественных и промышленных зданий созданы крупноразмерные панели, длина которых равна шагу колонны, а высота — этажу. Для одноэтажных промышленных и сельскохозяйственных зданий целесообразно изготавливать панели длиной, равной шагу колонны, и высотой до 3,3 м. Найдут широкое развитие также комплексные конструкции повышенной заводской готовности.

На ВДНХ СССР

Электронный виброметр

В настоящее время для проверки заданного режима вибрации оборудования используется виброграф ВР-1, наконечник которого записывает амплитуду и частоту вибрации на ленту, покрытую восковым слоем. Однако этот прибор по ряду технических несовершенств в заводской технологии практически не применяется.

Кроме того, используются радиоизотопные приборы ИПР-1 и ИПР-5 конструкции ВНИИ-железобетона, РП-3 и РП-4 конструкции Оргэнергостроя и прибор ИОВ-4, разработанный НИИстройфизики. Эти приборы также не нашли широкого практического применения.

В Казанском инженерно-строительном институте разработан и изготовлен опытный образец (внедрен в ПО Камгэзэнергострой) виброметра электронного ВЭ-КИСИ-1, который позволяет оперативно контролировать частоту и амплитуду колебаний технологического вибрационного оборудования любого типа в процессе виброформования бетонных и железобетонных изделий в производственных условиях.

Прибор работает от батарейного источника питания (4 элемента типа «Марс») или от сети 220 В, 50 Гц.

Проектирование крупнопанельных элементов зданий из легких бетонов

При конструировании крупнопанельных элементов из легкого бетона на пористых заполнителях приходится учитывать некоторые особенности. Связанные между собой плотность, прочность, модуль упругости, теплоизоляционные характеристики в наружных ограждающих конструкциях и звукоизолирующие свойства во внутренних несущих конструкциях влияют на формообразование и расчет панельных конструкций, а также на технологию их производства.

Плотность легкого бетона растет с увеличением прочности. При этом функциональная скорость роста прочности примерно в 2 раза превышает рост плотности. Опыт проектирования легкобетонных конструкций свидетельствует о том, что более целесообразно назначать минимальную прочность (марку) бетона, что уменьшает плотность и снижает нагрузку от собственной массы. При этом значительно сокращается расход цемента и расширяется номенклатура применяемых пористых заполнителей благодаря использованию заполнителей с низкой прочностью.

Наиболее распространенным видом легкобетонных конструкций являются однослойные панели наружных стен, в которых определяющим обычно является сопротивление теплопередаче. Размер и форму поперечного сечения этих конструкций устанавливают в зависимости от свойств пористых заполнителей, технологии приготовления и формования бетона, а также требуемого сопротивления теплопередаче. В некоторых случаях при недостаточной теплотехнической эффективности легкого бетона вводят в сечение такие эффективные утеплители, как пенополистирол, жесткие минераловатные плиты и др. (рис. 1).

Толщину однослойных панелей наружных стен в зависимости от климатического района строительства обычно принимают 30—40 см. В таких конструкциях целесообразно применять легкий бетон плотной структуры марок М50—М100 с растворной частью из пористого песка (керамзитового, перлитового и др.) с расчетным коэффициентом тепло-

проводности (с учетом влажности) $\lambda = 0,34...0,36 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

Введение в теплоизоляционно-конструктивный бетон плотного (кварцевого) песка даже при поризации растворной части нерационально из-за значительного увеличения коэффициента теплопроводности бетона (примерно на 16—30% по сравнению с одинаковым по плотности легким бетоном на пористом песке).

Достижение минимального коэффициента теплопроводности при плотной структуре бетона обусловлено минимизацией насыпной плотности крупного пористого заполнителя, а также предельным насыщением объема бетона крупным заполнителем; при этом насыщение бетона мелким пористым заполнителем должно быть минимальным.

Для получения оптимального состава и структуры легкого бетона в производственных условиях требуются пофракционное объемное дозирование пористого заполнителя, минимальный расход цемента и воды затворения, а также использование малоподвижной, предельно уплотняемой легкобетонной смеси.

Более сложным являются конструирование и технология производства слоистых панелей наружных стен, состоящих

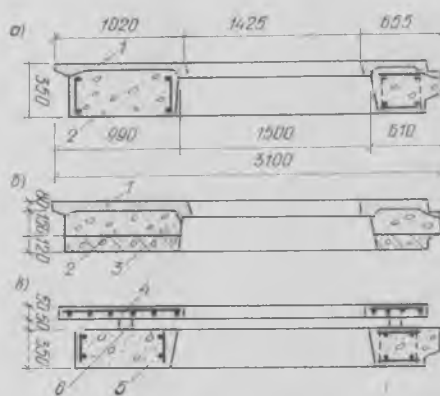


Рис. 1. Конструктивные схемы панелей наружных стен

а — однослойные; б — двухслойные; в — с экраном; 1 — наружный защитно-декоративный слой; 2 — теплоизоляционно-конструктивный бетон; 3 — внутренний несущий слой; 4 — экран «на отnose»; 5 — несущая панель; 6 — соединительная деталь

из бетонных несущего и фасадного слоев и среднего утепляющего слоя. Бетонные слои соединяются жесткими (бетонными) или гибкими (стальными) связями.

Легкий бетон основных слоев в слоистых панелях имеет повышенную прочность (марки М100—М150). Для утепляющего слоя необходимы материалы, обладающие постоянством объема при формовании и сохраняющие свои первоначальные свойства после тепловлажностной обработки и в процессе эксплуатации.

Весьма перспективным является конструирование наружных стен с фасадным экраном «на отnose». Наличие экрана позволяет достигнуть большего разнообразия оформления фасадов, упростить конструкцию стыков панелей, обеспечить их водонепроницаемость, а также значительно повысить несущую способность и теплозащитные свойства. Заводское производство панелей наружных стен с экраном «на отnose» можно осуществить в одном цикле формования.

Одним из важнейших эксплуатационных требований, предъявляемых к панелям наружных стен, является сопротивление водонепроницанию от косых дождей с ветром. Плотная структура с минимальным расходом мелкой фракции, насыщение растворной части цементом и пористой дисперсной добавкой обеспечивают хорошую водонепроницаемость легкого бетона.

Результаты исследований ЦНИИЭП жилища позволяют рекомендовать осуществлять контроль бетона методом высверливания кернов из панелей, который дает возможность получить оперативную информацию о структуре, прочности, плотности, теплопроводности, сопротивлении водонепроницанию и однородности бетона в конструкции [1].

При конструировании панелей внутренних несущих стен определяющими являются требования обеспечения несущей способности и звукоизоляции. Звукоизоляция m_3 зависит от величины эквивалентной поверхностной плотности конструкции m_3 .

$$m_3 = k m,$$

где m — поверхностная плотность, кг/м².

Для легкого бетона

$$k = 226 \sqrt{\frac{E}{\gamma^3}}.$$

Расчетная толщина сплошной внутренней стены из легкого бетона по требованиям звукоизоляции определяется по формуле

$$b = 1,798 \sqrt{\frac{1}{\frac{E}{\gamma}}}.$$

Чем больше значение $\frac{E}{\gamma}$, тем эффективнее звукоизоляция легкого бетона. Согласно исследованиям ЦНИИЭП жилища, наибольшая технико-экономическая эффективность легкобетонной внутренней несущей и звукоизолирующей стены из керамзитобетона достигается при использовании бетона на плотном (кварцевом) песке с малым насыщением керамзитовым гравием (расход керамзита фракции 5—10 мм 400—500 л/м³, песка — 800—900 л/м³) [2].

Повышение звукоизоляционной эффективности внутренних стен из легкого бетона возможно также вследствие применения многопустотных панелей с засыпкой пустот песком или керамзитом. Панели внутренних стен желательно формировать из малоподвижной смеси, предельно уплотненной вибрацией с пригрузом. Такая технология обеспечивает

максимальные значения $\frac{E}{\gamma}$ при минимальном расходе цемента. При кассетном формировании необходимо вводить эффективный пластификатор С-3 для получения смеси с О.К. = 6...8 см.

Наиболее эффективным типом конструкций междуэтажных перекрытий из легкого бетона являются акустически раздельные панели. Широкое распространение получили комплексные трехслойные панели размером «на комнату» с опиранием по контуру. Несущая часть таких панелей выполняется из легкого бетона с малой концентрацией пористого заполнителя (керамзитового гравия и др.). Армирование несущей части обычно выполняют преднапряженной стержневой арматурой, располагаемой в двух направлениях с шагом 600—1000 мм. Несущую часть панели объединяют с неразрезной консольной плитой балкона или лоджии (рис. 2). Верхний слой комплексной панели представляет собой основание раздельного пола толщиной 4—5 см, которое выполняют из теплоизоляционно-конструкционного легкого бетона марок М100—М150 на пористом песке. При покрытии пола безосновным линолеумом показатель тепло-

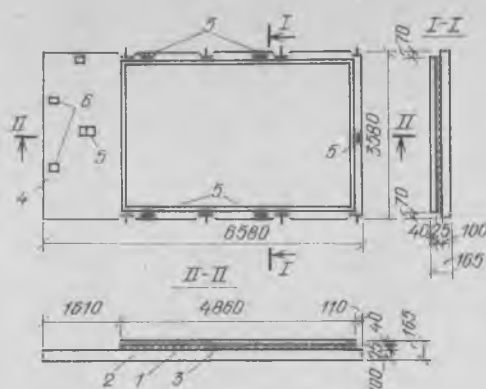


Рис. 2. Конструкция комплексной панели перекрытия

1 — панель пола из легкого бетона марки М100; 2 — несущая панель из легкого бетона марки М150; 3 — звукоизоляционный слой; 4 — баллонная плита; 5 — подъемные петли; 6 — закладные детали крашения балконного ограждения

усвоения этого бетона не должен превышать 11,6 Вт/(м²·К). Легкобетонная плита раздельного пола отделяется от несущей части перекрытия сплошной звукоизоляционной прослойкой, динамические свойства которой в значительной степени определяют звукоизоляцию панели в целом от ударного и воздушного шума. Обычно сплошную звукоизоляционную прослойку выполняют толщиной 2—3 см из пенополистирола или жестких минераловатных плит.

При пролете перекрытия 4,2—7,2 м возможно применение акустически однородных легкобетонных многопустотных панелей толщиной 220—260 мм. В таких конструкциях покрытие пола обычно делают из теплозвукоизолирующего линолеума (рис. 3). В зависимости от типа конструктивной системы здания панели конструируют размером «на комнату» с неразрезной консольной плитой балкона или лоджии (шириной до 3,6 м) или опирающимися на 3 стороны со стыком посередине конструктивной ячейки.

Для обеспечения прочностных и звукоизоляционных требований при минимальном расходе материалов панели конструируют с использованием преднапряженного армирования, с обычными

или разреженными пустотами (пустотность 20—30%). В зависимости от звукоизоляционных характеристик панели и ее жесткости, а также от типа стыкового соединения предусматривают устройство верхней стяжки из цементно-песчаного раствора толщиной 40—60 мм.

Возможно также применение пустотно-засыпных панелей толщиной 200—240 мм с пустотностью 40%, в которых овальные пустоты заполняются в процессе изготовления сыпучими несслеживающимися материалами — керамзит, песок и др. (см. рис. 3). Заполнение пустот повышает звукоизоляцию акустически однородных перекрытий при снижении расхода бетона.

В последние годы легкий бетон широко применяется в конструкциях промышленных крыш для выпуска одно-, двух- и трехслойных панелей покрытий и водосборных лотков с обычным и преднапряженным армированием, фризозов панелей и других элементов.

Следует отметить, что условия эксплуатации панелей покрытий и водосборных лотков в крышах с «теплым» чердаком и безрулонной кровлей предъявляют к несущим и ограждающим конструкциям повышенные требования по прочности, морозостойкости, водонепроницаемости, трещиностойкости и сопротивлению теплопередаче [3].

В однослойных панелях покрытия и водосборных лотках с преднапряженной арматурой (рис. 4) применяют легкий бетон плотной структуры на пористом песке марок М150—М300, морозостойкостью $M_{рз} \geq 200$ и показателями водонепроницаемости В-6 или $K_w \leq 0,3$ г/см² (по методике ЦНИИЭП жилища — при давлении 1000 Па в течение 48 ч [1]).

Для достижения этих показателей необходимы точность дозирования составляющих легкого бетона, обязательное расположение при бетонировании этих элементов кровельной поверхностью вниз (к поддону) и предельное двустороннее уплотнение легкобетонной смеси с пригрузом.

При назначении и выборе вида бетона для каждого из рассматриваемых типов

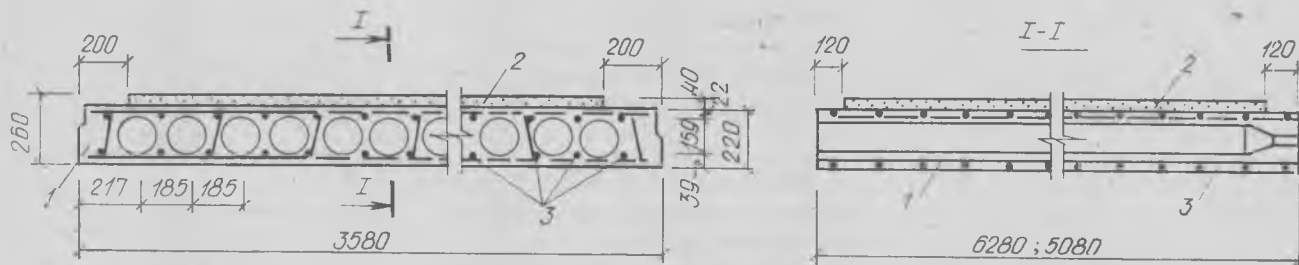


Рис. 3. Конструкции акустически однородных перекрытий

1 — легкий бетон марки М200; 2 — цементно-песчаная стяжка заводского производства; 3 — преднапряженные стержни Ø14А-1V

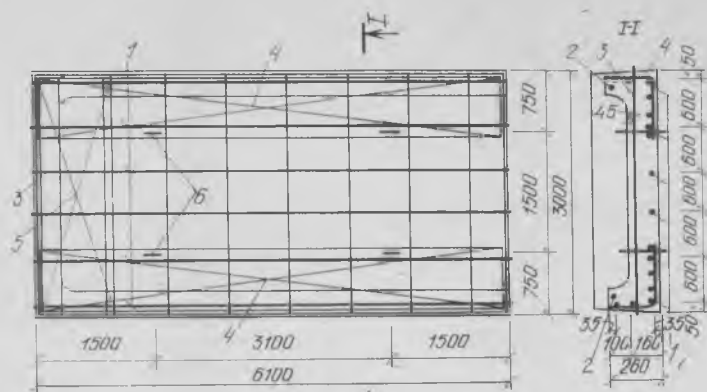


Рис. 4. Конструкция панели покрытия для безрулонной крыши с теплым чердаком

1 — рабочая арматура из преднапряженных стержней $\varnothing 16A-IV$; 2, 3 — конструктивная арматура из преднапряженных стержней $\varnothing 12A-IV$; 4, 5 — арматурные сетки; 6 — подъемные петли

конструкций одним из определяющих являются технико-экономические показатели, включающие материалоемкость, трудоемкость и стоимость.

Опыт комплексного применения легкого бетона во всех конструкциях крупнопанельных жилых домов массовых серий (90, 94, 99, 108 и др.), строящихся в обычных условиях, свидетельствует о возможности снижения расхода стали и бетона до 5—8%, цемента до 10—20%, трудозатрат до 10—15% и стоимости до 3—5% по сравнению с аналогичными домами с внутренними конструкциями из тяжелого бетона. Эффективность достигается вследствие снижения собственной массы конструкций, увеличения их габаритов и соответственно сокращения числа монтажных элементов, а также снижения затрат на фундаменты и монтажно-транспортные операции. При строительстве в сложных условиях (сейсмика, просадочные грунты, подработка и др.) технико-экономический эффект от комплексного использования легкобетонных конструкций увеличивается.

Дальнейшее повышение технико-экономической эффективности легкобетонных конструкций возможно благодаря применению усовершенствованных составов легкого бетона (с малой концентрацией крупного пористого заполнителя) для внутренних несущих и ограждающих конструкций. При этом уменьшается расход крупного пористого заполнителя и достигается значительное снижение стоимости 1 м³ легкобетонной смеси.

Анализом технико-экономических показателей установлено, что на 1 м² полезной площади 9-этажного дома с комплексным применением керамзитобетона расходуется 0,6 м³ керамзитового гравия, включая дробимый на песок.

На аналогичные дома с внутренними конструкциями из тяжелого бетона и наружными из керамзитобетона на 1 м² полезной площади затрачивается 0,72 м³ бетона. Из этого количества на панели наружных стен и элементы крыши приходится 0,24 м³ керамзитобетона, на производство которого требуется 0,35 м³ керамзита (включая дробимый на песок). Таким образом, по сравнению с домами с комплексным применением керамзитобетона для их сооружения требуется лишь на 0,25 м³ керамзита меньше, т. е. 0,25 м³ керамзита заменяет 0,44 м³ щебня.

Отсюда следует, что стоимость 1 м³ бетона конструкций при комплексном использовании легкого бетона ниже стоимости бетона при обычных типах конструкций даже в случае превышения стоимости керамзитового гравия по сравнению со щебнем почти в 2 раза. Необходимо также учитывать дополнительную технико-экономическую эффективность от снижения массы конструкции в среднем с 1750 до 1200 кг/м² общей площади дома (на 31,5%), и другие отмеченные ранее преимущества легких бетонов.

Применение легкого бетона на шлаковой пемзе или других пористых заполнителях из вторичных материалов значительно улучшает экономические показатели легкобетонных зданий в связи со снижением стоимости этих заполнителей в 2—4 раза по сравнению с керамзитом.

Выводы

Для обеспечения рационального проектирования легкобетонных конструкций необходимо учитывать особенности их физико-механических и изоляционных свойств. Имеется возможность изменения этих свойств в процессе проектиро-

вания и приготовления бетона и при производстве конструкций.

Максимальный технико-экономический эффект от использования легкого бетона для крупнопанельных домов достигается при комплексном применении его во всех конструкциях.

Повысить эффективность конструктивного легкого бетона можно благодаря внедрению бетона с малой концентрацией крупного заполнителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по технологии заводского производства и контролю качества легкого бетона крупнопанельных конструкций жилых зданий. М., ЦНИИЭП жилища, 1980.
2. Рекомендации по проектированию составов и технологии производства конструктивного легкого бетона для несущих конструкций крупнопанельных зданий. М., ЦНИИЭП жилища, 1982.
3. Легкобетонные конструкции безрулонной крыши с теплым чердаком/Н. Я. Спивак, Н. С. Стронгин, В. И. Астахов, Б. И. Штейман. — Бетон и железобетон, 1981, № 10.

На ВДНХ СССР

Ячеистобетонные панели с уплотненным слоем

Разработаны способ и состав для изготовления ячеистобетонных панелей с уплотненным слоем, отличающихся простотой технологии производства и высокими эксплуатационными качествами. Такие панели предназначены для использования в качестве ограждающих конструкций промышленных зданий.

Уплотненный (лицевой) слой изготавливается из сырьевой смеси состава (% по массе): известь (акт. 80%) — 6—8; песок кварцевый — 76—84; портландцемент марки М400 — 6—8; гидрофобный мел — 4—8.

Изготовление уплотненного слоя включает операции: смешение компонентов сырьевой смеси в вибросмесителе, заливку ее в горизонтально установленную форму для изготовления стеновых панелей, выдержку до схватывания (30—45 мин), заливку в форму сырьевой смеси для получения ячеистого слоя. После вспучивания изделия подвергают термовлажностной обработке.

Отличительными особенностями уплотненного слоя предлагаемого состава по сравнению с аналогами является повышенная морозостойкость и улучшенные декоративные свойства. Уплотненный слой обладает высокой прочностью, хорошей адгезией к ячеистому слою, изделия отличаются повышенной устойчивостью к трещинообразованию.

Изготовление панелей с уплотненным слоем позволяет исключить операцию нанесения отделочного слоя, что уменьшает трудоемкость процесса и сокращает расход материалов, улучшает товарный вид панелей и условия труда рабочих.

Производство таких панелей внедрено на Старооскольском заводе силикатных стеновых материалов, экономический эффект составил 4,6 р. на 1 м² панелей.

Более подробные сведения можно получить по адресу: 308012, Белгород, Костюкова, 46, Белгородский технологический институт строительных материалов, кафедра физической и коллоидной химии, тел. 5-47-96.

В. А. ОТРЕПЬЕВ, канд. техн. наук (Минтяжстрой СССР); В. Н. ЯРМАКОВСКИЙ, канд. техн. наук (НИИЖБ); С. Е. АЛЕКСАНДРОВ, канд. техн. наук (ЦНИЛ Главлипецкстроя); В. В. ПОПОВ, канд. техн. наук (Донецкий Промстройинипроект)

Развитие производства легких бетонов на пористых шлаковых заполнителях

Использование доменных шлаковых расплавов для производства искусственных пористых заполнителей (шлаковой пемзы и граншлака) позволяет значительно снизить стоимость, материалоемкость и энергоемкость строительства благодаря исключению затрат на геолого-разведочные работы и эксплуатацию карьеров. Так, на изготовление 1 м³ керамзитового гравия, по данным НИИ-Керамзита, расходуется в среднем 103,2 кг усл. топлива (Q_y) и 24,8 кВт·ч электроэнергии ($\mathcal{E}$); для шлаковой пемзы $Q_y = 0$, $\mathcal{E} = 6,2$ кВт·ч. Среднеотраслевая себестоимость 1 м³ шлаковой пемзы (1,9 р.) более чем в 3 раза ниже аналогичного показателя керамзитового гравия (8,67 р/м³).

Ввиду низких материальных затрат на производство и особенно малой энергоемкости шлаковая пемза — наиболее эффективный материал среди пористых заполнителей легких бетонов для строительства в районах развитой металлургии. Однако годовой объем выпуска шлаковой пемзы не превышает 2 млн. м³, что составляет всего 5,5% общего объема производства пористых заполнителей и 4,5% общего объема продуктов шлакопереработки. Потребности же предприятий стройиндустрии в этом эффективном заполнителе в несколько раз превышают фактические объемы его получения. В начале 1983 г. смонтирована гидроэкранный установка по производству шлаковой пемзы на Новолипецком металлургическом заводе проектной мощностью 400 тыс. м³ в год. В перспективе планируется увеличение мощностей действующих установок по производству шлаковой пемзы на Череповецком, Криворожском, Челябинском и Магнитогорском металлургических заводах; планируется также строительство новых шлакопемзовых установок на Новокузнецком и Западносибирском металлургических заводах.

В настоящее время очень остро стоит вопрос о качестве шлаковой пемзы [1]. Так, на заводе «Азовсталь» объем выпуска шлаковой пемзы составляет более

50% производимого в стране, однако ее качество очень низкое (высокая насыпная плотность, низкая однородность). За последние 3 года снизилось также качество шлаковой пемзы Череповецкого металлургического завода.

Потенциальные показатели качества шлаковой пемзы значительно выше достигнутых и связаны с оптимизацией свойств шлакового расплава, совершенствованием технологии производства и экономическими факторами получения пемзы. Природа доменных шлаковых расплавов позволяет благодаря автоматизации процессов формировать заданную пористо-капиллярную структуру (диаметр, характер распределения пор, толщина их стенок), получать необходимое соотношение кристаллической фазы и стеклофазы, установленный размер кристаллов и даже регулировать минеральный состав шлаковой пемзы.

Однако при этом необходимо учесть, что действие одного и того же технологического фактора в указанных процессах, улучшая один показатель шлакопемзового заполнителя, может ухудшать другой. Например, создавая пористо-капиллярную структуру шлаковой пемзы повышенной прочности, обычно увеличивают и насыпную плотность; увеличение объема кристаллической фазы повышает не только прочность шлаковой пемзы, но и ее теплопроводность. Высокое качество шлаковой пемзы — понятие динамичное и в зависимости от вида бетона, в котором должна применяться, характеризуется различными свойствами и разными значениями одних и тех же свойств [1]. Поэтому целесообразно производить шлакопемзовый заполнитель двух классов: А — марки по насыпной плотности не более 600 с $R_d \geq 0,7$ МПа — для конструкционно-теплоизоляционного бетона, Б — марки по насыпной плотности 700, 800 с R_d не менее 1,15 и 1,4 МПа.

Производство таких заполнителей планируется начать в 1984 г. на Новолипецком и Череповецком металлургических заводах.

Объем внедрения шлакопемзобетонных конструкций в целом по стране (главным образом на предприятиях Минтяжстроя СССР) составил в 1982 г. около 1,9 млн. м³. Из них 85% приходится на стеновые панели, 15% на несущие конструкции, хотя в проектах зданий соотношение объемов этих элементов обратное. Это обусловлено острым дефицитом шлакопемзового заполнителя на предприятиях ЖБИ, ДСК, КПД. В таких крупных металлургических центрах страны, как Липецк и Череповец, местной шлаковой пемзы недостаточно для производства даже стеновых изделий.

В результате исследований, проведенных в последние годы НИИЖБ и НИИСМИ совместно с НИИСФ, объемная масса конструкционно-теплоизоляционного шлакопемзобетона снижена в производственных условиях для марки М50 с 1600 до 1400 кг/м³ (в сухом состоянии), а коэффициент теплопроводности с 0,37 до 0,32 Вт/(м·К). Это позволило заменить керамзитобетонные стеновые панели для зданий, в таком отношении северном металлургическом районе, каким является Череповец, шлакопемзобетонными с сохранением их толщины. Экономический эффект при этом составляет 14 р/м³ бетона, или около 0,5 млн. р. в расчете на годовой объем производства стеновых панелей во В/О Череповецметаллургхимстрой Минтяжстроя СССР.

Снижение объемной массы шлакопемзобетона способствует переходу от рядовых наружных стеновых панелей размером (1,2—1,8)×6 м к укрупненным (3,3×6 м). Технические решения таких панелей для общественных зданий серии 1.220 разрабатываются в настоящее время ЭКБ ЦНИИСК совместно с НИИЖБ для внедрения на объектах Главлипецкстроя и В/О Череповецметаллургхимстрой. Их внедрение снизит трудозатраты на 0,15 чел.-дня, экономический эффект составит 0,65 р. на 1 м³ панели.

Учитывая имеющиеся трудности со снижением объемной массы шлакопемзового заполнителя и, следовательно, объемной массы γ_b изготавливаемого на нем конструкционно-теплоизоляционного бетона (γ_o), разработаны технологические приемы, направленные на снижение его теплопроводности при сохранении величины γ_b практически постоянной. Достигнуть этого можно благодаря оптимизации гранулометрического и фазового состава шлакопемзового заполнителя [2], а также использованием добавок — химических активаторов твердения бетона [3]. Введение добавок дает возможность снизить расход цемента и тем самым объемную концентрацию наибо-

лее теплопроводной составляющей бетона.

В результате исследований конструкционного шлакопемзобетона установлено, что по деформативным характеристикам он ближе к тяжелому бетону, чем керамзитобетон и легкие бетоны других видов. По сравнению с керамзитобетоном шлакопемзобетон обладает более высокими значениями модуля упругости, прочности на растяжение, усталостной прочности, а также границ области микротрещинообразования. Несущие шлакопемзобетонные конструкции можно изготавливать в тех же опалубочных формах, что и из тяжелого бетона, при этом не требуется увеличения армирования. Защитные свойства конструкционного шлакопемзобетона по отношению к арматуре при содержании серы в шлаковой пемзе не выше регламентированного ГОСТ 9757—73 обеспечены [4].

В настоящее время разработана широкая номенклатура ограждающих и несущих конструкций из шлакопемзобетона марок до М300 включительно (в том числе преднапряженные, армированные высокопрочной арматурой). Они успешно применяются в различных областях современного строительства. Так, в Липецке, Кривом Роге, Череповце сооружены крупнопанельные 9-этажные жилые здания, в которых из шлакопемзобетона выполнены ограждающие и несущие конструкции.

На предприятиях треста Череповецсельстрой Минсельстроя РСФСР успешно осуществляется комплексное использование шлакопемзобетона в производственных сельскохозяйственных зданиях. Из бетона на шлаковой пемзе Череповецкого металлургического завода изготавливают стеновые панели, а также колонны, фундаментные балки и плиты покрытий для животноводческих и птицеводческих зданий со среднеагрессивной средой и относительной влажностью воздуха до 85%. На предприятиях В/О Череповецметаллургхимстрой впервые в стране внедрен шлакопемзобетон при сооружении промзданий.

Применение ограждающих и несущих конструкций из шлакопемзобетона в металлургически развитых районах страны дает народному хозяйству годовой экономический эффект около 10 млн. р., а к концу одиннадцатой пятилетки он должен возрасти в 1,7 раза. Это будет достигнуто не только благодаря увеличению объема изготовления шлакопемзобетонных конструкций, но и во многом вследствие повышения их эффективности.

Так, разработка высокопрочного шлакопемзобетона (марок М400—М600)

НИИЖБ и Донпромстройниипроекта позволяет заменить типовые панели покрытий длиной 6 м для промзданий крупноразмерными панелями «на пролет» размерами 3×18 или 3×24 м типа П или КЖС. Применение таких конструкций, планируемое на предприятиях Главлипецкстроя и В/О Череповецметаллургхимстрой, позволит снизить (в расчете на 1 м² панели) трудозатраты на 0,19 чел.-ч и расход арматуры на 2,1 кг.

Получение заводами ЖБИ шлаковой пемзы двух классов позволит им перейти на изготовление всей номенклатуры конструкций из бетона на одном виде крупного пористого заполнителя с должной обеспеченностью свойств этого бетона. При этом появляется реальная возможность изготавливать на одном заводе ЖБИ стеновые панели из шлакопемзобетона с пониженной теплопроводностью и несущие конструкции из шлакопемзобетона высоких марок. При этом повышается эффективность комплексного использования шлакопемзобетона в строительстве зданий различного назначения.

Теплозащитные свойства стеновых панелей планируется повысить в результате использования в легких бетонах пористых шлаковых заполнителей новых видов, имеющих пониженную насыпную плотность, межзерновую пустотность и повышенную однородность. Это относится, например, к гравиеподобной шлаковой пемзе, производимой с 1982 г. по предложению Уралниистромпроекта в тресте Южуралметаллургхимстрой, к шлакопемзовому гравию, технология получения которого разработана для Главлипецкстроя НИИСМИ, и к активизированному мелкому (фракции 0—5 мм) пористому шлаковому заполнителю, технология получения которого внедряется НИИСМИ на Череповецком металлургическом заводе. С вводом в строй на этом заводе доменной печи №5 планируется к 1985 г. осуществить переработку ее шлаковых расплавов в пемзу и граншлак. Это позволит В/О Череповецметаллургхимстрой получить значительное количество шлакопемзового заполнителя пониженной насыпной плотности, с повышенным содержанием стеклофазы и повышенной однородности, эффективного для использования в бетоне стеновых изделий.

Улучшить теплозащитные свойства стеновых панелей благодаря применению в бетоне более качественного шлакопемзового заполнителя планируется и в зданиях, сооружаемых в Донецкой обл. Так, на заводе «Азовсталь» намечено до 1985 г. ввести в действие технологическую линию по выпуску легкой шлаковой

пемзы с насыпной плотностью для фракций 5—20 мм $\gamma_n = 600...700 \text{ кг/м}^3$ (в настоящее время производится пемза с $\gamma_n = 800...900 \text{ кг/м}^3$), имеющей к тому же мелкопористую структуру. Проектная производительность установки — 400 тыс. м³ шлаковой пемзы в год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технические требования к шлаковой пемзе / Н. Я. Спивак, В. Н. Ярмаковский, С. Е. Александров, В. С. Грызлов. — В сб. трудов ЦНИИЭП жилища: Легкобетонное домостроение. 1979.
2. Спивак Н. Я., Александров С. Е. и др. Шлакопемзобетон в индустриальном строительстве. Воронеж, Центральнo-Черноземное книжное изд-во, 1979.
3. Некрасов К. Д., Ярмаковский В. Н., Ремнев В. В. Химический активатор твердения из отработанных травильных растворов. — Бетон и железобетон, 1982. № 1.
4. Ярмаковский В. Н., Волков И. В. Шлакопемзобетон. Свойства и применение в строительстве. Обзор ВНИИС, вып. 3, 1980.

Морозостойкость бетонов с добавкой ГКЖ-94

Высокая эффективность применения кремнийорганической добавки в возрасте 28 сут составляет величины порядка 0,18—0,21, а для таких же бетонов с ГКЖ-94 они находятся в пределах 0,12—0,18. Статистические величины коэффициентов морозостойкости производственных бетонов марки Мрз 400 при использовании комплексной добавки и добавки ГКЖ-94 оказались равными соответственно 0,87 и 0,98.

На основе широких сравнительных исследований свойств бетонов с добавками СДБ, СНВ и ГКЖ-94 установлено, что бетоны с добавкой последней имеют более стабильные показатели по параметрам условно замкнутой пористости, прочности, однородности и морозостойкости, чем бетоны с комплексной добавкой СДБ+СНВ.

Коэффициенты вариации прочности бетонов с комплексной добавкой в возрасте 28 сут составляют величины порядка 0,18—0,21, а для таких же бетонов с ГКЖ-94 они находятся в пределах 0,12—0,18. Статистические величины коэффициентов морозостойкости производственных бетонов марки Мрз 400 при использовании комплексной добавки и добавки ГКЖ-94 оказались равными соответственно 0,87 и 0,98.

На строительстве Зейского гидроузла для приготовления литых бетонов с $O.K. = 21—23 \text{ см}$, используемых при тампонировании донных отверстий плотины, применялась также комплексная добавка СДБ+ГКЖ-94. Средняя прочность таких бетонов в возрасте 180 сут составила 36,1 МПа при колебании этого показателя от 32,5 до 44 МПа. Водопроницаемость бетонов находилась в пределах 8—14 атм. После прохождения 537 циклов замораживания и оттаивания при $t = 20^\circ\text{C}$ средняя прочность бетона была 36,6 МПа (средняя прочность контрольных образцов равнялась 37,7 МПа), а коэффициент морозостойкости 0,98. Прочность на растяжение при раскалывании этих бетонов составила 33,1—34,5 МПа.

О. В. КУНЦЕВИЧ, проф.; В. М. БЕРТОВ, Ю. А. ЖУКОВ, кандидаты техн. наук; Н. Ф. БОНДАРЕВА, инж. (ЛИИЖТ)

В. А. ЗАРЕНИН, В. П. ЧЕРНЫШЕВ, кандидаты техн. наук;
Я. О. КРЕЙМЕР, инж. (ЦНИИЭПсельстрой)

Применение керамзитобетона в сельском строительстве

К 1985 г. Минсельстроем СССР планируется повысить объем производства легкобетонных конструкций почти в 1,5 раза и довести его до 3,1 млн. м³. Основным видом пористого заполнителя для изготовления легких бетонов на предприятиях сельстройиндустрии является керамзитовый гравий. Средняя насыпная плотность керамзита составляет 511 кг/м³. Однако только несколько заводов производят керамзит насыпной плотностью 400 кг/м³ и менее, а большинство получают керамзит насыпной плотностью более 500 кг/м³, поэтому снижение объемной массы керамзита — одна из основных задач в технологии пористых заполнителей.

ЦНИИЭПсельстроем разработана новая технология получения керамзита способом «термоудара». Кольцевая печь, работающая на этом принципе, смонтирована в г. Кольчугине (управление Владимирсельстрой). На этой установке выпускают керамзит с объемной плотностью 300 кг/м³ и менее, который на 20—30% легче керамзита, получаемого из того же сырья во вращающихся печах. Предложенная технология позволяет получать керамзит, отличающийся по насыпной плотности и прочности, и использовать его в конструкциях различного назначения.

Материалом на основе керамзита, широко применяемым в сельском строительстве, является керамзитопенобетон. Технология изготовления керамзитопенобетонных стеновых панелей внедрена на многих заводах Минсельстроя СССР. Поризация цементного камня с помощью пенообразователей и исключение из состава бетона песка дает возможность снизить массу панелей на 15—20% вследствие уменьшения их толщины на 5—10%. Предприятиями Минсельстроя СССР выпущено в 1982 г. более 600 тыс. м³ керамзитопенобетонных конструкций.

На основе легких бетонов на пористых заполнителях ЦНИИЭПсельстрой, Гипронисельхоз и НИИЖБ разработали комплекты ограждающих конструкций

для производственных сельскохозяйственных зданий.

Для стен предложены двухслойные панели из легких бетонов серий 1.832-5 и 1.832.1-9. В них теплоизоляционно-конструкционный слой защищен со стороны помещения слоем плотного легкого или тяжелого бетона марки М200. Панели горизонтальной разрезки устанавливаются на фундаментные балки. Армированы панели объемными арматурными каркасами. В качестве легких бетонов в основном применяется керамзитобетон, а также керамзитопенобетон, перлитобетон, шлакопемзобетон и др. Такие панели широко используются в сельском строительстве, в 1982 г. выпущено более 1 млн. м³.

С целью снижения трудоемкости монтажа и изготовления разработаны большемерные стеновые панели повышенной заводской готовности со встроенными оконными и дверными блоками (серия 1.832.1-10). При этом трудозатраты в стадии монтажа уменьшаются в 2 раза.

Типовыми проектами предусмотрена установка легкобетонных панелей на фундаментные балки. ЦНИИЭПсельстроем разработаны конструкции двухслойных цокольных панелей, включающих фундаментные балки. Цокольные панели рассчитаны на нагрузку от массы вышележащих конструкций и ветра. В цокольной части на высоту заглубления в грунт (300 мм) они покрываются битумной мастикой. Применение таких панелей снижает расход стали на 15—20 кг/м² и стоимость на 0,9—1,5 р/м².

Толщина легкобетонных двухслойных панелей для районов с расчетными зимними температурами —30°C и ниже — более 30—40 см. Для повышения эффективности стен в этих районах ЦНИИЭПсельстрой, Гипронисельхоз и НИИЖБ предложили трехслойные панели на гибких связях с эффективным утеплителем.

Внутренний несущий слой панелей (100 мм) и наружный (50 мм) выполняются из легкого бетона на пористых

заполнителях марки М200, теплоизоляционный слой из пенополистирола или минераловатных плит. В панелях предусмотрена горизонтальная разрезка, повышена заводская готовность (серия 1.832.1-8). У панелей толщиной от 200, 225 и 250 мм внутренний слой армирован объемным каркасом, а наружный — сеткой. Гибкие связи выполнены из оцинкованных стержней диаметром 10 мм. Применение трехслойных легкобетонных панелей позволяет снизить массу стен на 30—50%, стоимость «в деле» на 20—40% по сравнению с двухслойными панелями. Трехслойные панели наиболее эффективны для северных и центральных районов с температурами ниже —30°C.

Для животноводческих помещений ЦНИИЭПсельстроем вместо деревянных полов разработаны керамзитобетонные гидрофобизированные плиты. При этом объемная плотность керамзитобетона таких плит для полов в стойлах для коров и молодняка должна быть не более 1000 кг/м³ при прочности бетона 7,5 МПа, а для животных на откорме — не более 1200 кг/м³ при прочности 10 МПа.

В результате применения керамзитобетонных плит полов сельскохозяйственных зданий по сравнению с деревянными долговечность увеличивается в 3—4 раза, трудоемкость снижается в 2 раза, а стоимость «в деле» на 2—3 р на 1 м² пола. В 1981—1982 гг. в системе Минсельстроя СССР построено более 70 тыс. м² полов.

Проведенными в последние годы исследованиями установлена возможность получения на основе керамзита конструкционных легких бетонов, не уступающих по защитным свойствам и прочности тяжелым бетонам, что позволяет использовать их в слабо- и среднеагрессивных газовых средах сельскохозяйственных зданий без специальных защитных покрытий*.

Как уже отмечалось, большинство заводов и цехов керамзитового гравия Минсельстроя СССР выпускают прочный керамзит, пригодный для выпуска конструкционного керамзитобетона. Наличие достаточно широкой базы по производству прочного керамзита открывает значительные перспективы применения керамзитобетона для изготовления легкобетонных несущих конструкций.

В настоящее время широко применяется большое число несущих конструкций различного назначения из керамзитобетона в опалубочных формах для изделий из тяжелого бетона. На мно-

* Руководство по изготовлению и применению изделий из конструкционного керамзитобетона в сельском строительстве. М., ЦНИИЭПсельстрой, 1979.

гие из них имеются типовые рабочие чертежи, разработана и утверждена нормативная документация.

Передовыми организациями Минсельстроя СССР накоплен богатый опыт внедрения конструкций из конструкционного керамзитобетона.

Предприятиями Минсельстроя РСФСР выпускаются из керамзитобетона пустотные плиты перекрытий, плиты покрытий, блоки стен подвалов, стеновые блоки, лотки теплотрасс и плиты перекрытий лотков, перемишки, лестничные марши и площадки, балки, прогоны, безраскосные фермы для покрытий производственных зданий и др.

Технико-экономическим анализом производства и комплексного применения конструкций из керамзитобетона для

сельскохозяйственного строительства по сравнению с аналогичными изделиями из тяжелого бетона, проведенным ЦНИИЭПсельстроем, установлено, что во многих случаях более экономичным является легкий бетон. Эффект достигается благодаря снижению массы конструкций, расхода стали, а также значительному сокращению стоимости транспортировки и монтажа конструкций.

Масса конструкций из конструкционного керамзитобетона для сельскохозяйственных производственных зданий сточно-балочной системы и из рамных конструкций ниже, чем из тяжелого бетона, на 18—20%, расчетная себестоимость «в деле» на 4%, приведенные затраты — на 1—3%. Средние транспорт-

ные расходы на перевозку легкобетонных конструкций до стройплощадки ниже, чем для конструкций из тяжелого бетона, на 26—28%. При этом не расходуется дефицитный тяжелый заполнитель, что очень важно для многих районов страны. При комплексном использовании керамзитобетона, по предварительным расчетам, снижение себестоимости составит 0,8—1,2 р/м³.

Таким образом, производство и применение конструкций из керамзитобетона, обеспеченное в настоящее время соответствующей материальной и нормативно-технической базой, экономически целесообразно и будет расширяться в сельском строительстве при сооружении жилых, общественных и производственных зданий.

УДК 624.691.327:666.973.2.012.35

В. Г. ДОВЖИК, канд. техн. наук (ВНИИЖелезобетон)

Снижение энергоемкости и повышение теплозащитных свойств керамзитобетонных конструкций

На современном этапе развития строительной индустрии наиболее актуальным является снижение энергоемкости строительных материалов и конструкций, особенно легких бетонов на искусственных пористых заполнителях.

Наличие в составе керамзитобетона энергоемких материалов (цемент и керамзит) существенно отражается на энергоемкости конструкций. Для бетонов, применяемых в несущих конструкциях, энергоемкость увеличивается с ростом марки бетона и уменьшением плотности (рис. 1). При возрастании прочности на 5 МПа или снижении плотности на 100 кг/м³ энергоемкость увеличивается на 14—18 кг усл. топлива. Это свидетельствует о необходимости тщательного технико-экономического обоснования назначаемых характеристик конструкционных керамзитобетонов по прочности и плотности. Реальным путем снижения энергоемкости конструкционных бетонов являются уменьшение расхода цемента вследствие повышения прочности керамзита и использования эффективных химических добавок, снижение расхода керамзита, особенно керамзитового песка при использовании золошлаковых заполнителей и природных пористых песков,

Еще более важный источник экономии тепла в народном хозяйстве связан со снижением энергоемкости ограждающих однослойных керамзитобетонных конструкций, наиболее распространенных в современном индустриальном строительстве и изготавливаемых более чем на 400 заводах страны в объеме 10—12 млн.

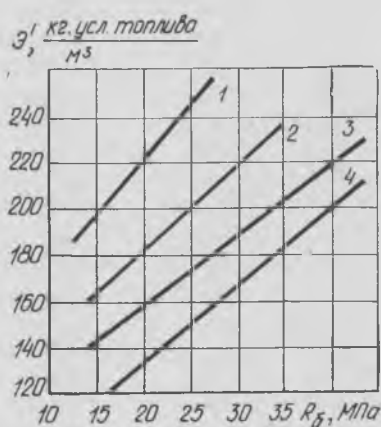


Рис. 1. Влияние прочности и плотности на энергоемкость конструкционных керамзитобетонов
1 — $\gamma_b = 1200$ кг/м³; 2 — $\gamma_b = 1400$ кг/м³;
3 — $\gamma_b = 1600$ кг/м³; 4 — $\gamma_b = 1800$ кг/м³

м³/год. Их приведенная энергоемкость складывается не только из энергоемкости сырья и энергозатрат, расходуемых непосредственно в процессе производства конструкций, но и приведенных энергозатрат, затрачиваемых на восполнение тепла, теряемого через ограждающие конструкции в процессе эксплуатации зданий и сооружений.

На энергоемкость сырья и энергозатрат в процессе производства существенно влияют показатели качества бетона (марки по прочности и плотности) и связанные с этим, а также климатическими условиями, толщины конструкций, вид, расход и энергоемкость компонентов бетона. От качества и энергоемкости керамзита существенно зависит энергоемкость конструкций.

С уменьшением насыпной плотности керамзита снижается не только плотность бетона данной марки γ_b и толщина конструкции Δ , но и энергоемкость самого керамзита $\mathcal{E}_k$, приводя к еще большему уменьшению энергоемкости конструкций ($\mathcal{E}'$, $\mathcal{E}$) (табл. 1).

При уменьшении насыпной плотности керамзита с 600 до 300 кг/м³ энергоемкость 1 м² снижается на 30—35%. Кроме того, важное значение имеет и оптимизация состава бетона, особенно выбор эффективных мелких заполнителей. Наиболее энергоемкими оказываются стены на керамзитовом песке. Использование зол ТЭС позволяет при прочих равных условиях снизить энергоемкость на 10—20%. В приведенных данных энергоемкости 1 м² конструкций включены непосредственные энергозатраты в сфере производства. Основную часть в этих энергозатратах (40—50 кг усл. топлива/м³) составляют расходы на тепло-влажностную обработку изделий (60—

65%). Однако доля всех производственных энергорасходов в общей энергоёмкости изготовленных конструкций занимает лишь 15—25%, а на ТВО — 10—15%. Таким образом, основной задачей снижения энергоёмкости ограждающих керамзитобетонных конструкций является уменьшение расхода энергоёмкого керамзита, доля которого составляет 45—65% всех энергозатрат.

Однако наибольшая часть приведенной энергоёмкости керамзитобетонных конструкций приходится на энергозатраты, связанные с эксплуатацией зданий и сооружений. Расчетный расход условного топлива на отопление жилых зданий в центральном климатическом районе в расчете на 1 м² ограждающей стеновой конструкции при $R_0 = R_0^{TP}$ составляет в год 20 кг усл. топлива. При коэффициенте для приведения разновременных затрат по СНиП II-3-79 0,08, это соответствует расходу 250 кг усл. топлива/м². С учетом этой средней величины суммарная приведенная энергоёмкость ограждающей керамзитобетонной конструкции составляет 300—340 кг усл. топлива/м², из которых в среднем примерно 75% приходится на эксплуатационные энергозатраты, 3% — на энергозатраты в сфере производства конструкций и 22% — на энергоёмкость сырья, в том числе 12% на энергоёмкость самого керамзита.

Очевидно, что снижать энергоёмкость ограждающих керамзитобетонных конструкций следует, улучшая теплозащитные свойства самого легкого бетона и уменьшая его энергоёмкость. Приведенные в табл. 2 данные для бетона марки М75 свидетельствуют о том, что возможное вследствие различных технологических приемов повышение теплозащитных свойств конструкций на 15% может снизить общие приведенные энергозатраты на 7—11%. Наиболее эффективным способом является применение зол ТЭС, наиболее простым — увеличение толщины панелей.

Дополнительное улучшение теплозащитных свойств керамзитобетона может быть достигнуто вследствие оптимизации его состава, особенно при применении компонентов с низкой теплопроводностью. Снижение при данной плотности на 10—20% теплопроводности керамзитобетона уменьшает приведенные энергозатраты на 10%. Для выпуска керамзитобетона с улучшенными теплозащитными свойствами необходимо иметь четкие представления о факторах, влияющих на теплопроводность.

В результате исследований ВНИИЖелезобетона [2, 3] установлена целесообразность использования для расчета теплопроводности керамзитобетона и анализа влияющих на нее факторов теоретических моделей, применяемых в тепло-

Марка керамзита	Керамзитовый песок				Кварцевый песок				Зола				Перлитовый песок			
	$\rho_k, \text{кг/м}^3$	$\rho', \text{кг/м}^3$	$\gamma_6, \text{кг/м}^3$	$\Delta, \text{см}$	$\rho_k, \text{кг/м}^3$	$\rho', \text{кг/м}^3$	$\gamma_6, \text{кг/м}^3$	$\Delta, \text{см}$	$\rho_k, \text{кг/м}^3$	$\rho', \text{кг/м}^3$	$\gamma_6, \text{кг/м}^3$	$\Delta, \text{см}$	$\rho_k, \text{кг/м}^3$	$\rho', \text{кг/м}^3$	$\gamma_6, \text{кг/м}^3$	$\Delta, \text{см}$
300	77	252	800	26	61	205	900	30	58	200	800	26	49	234	750	25
400	104	269	850	28	70	225	950	31	66	225	850	28	59	255	800	26
500	116	274	950	31	79	228	1050	35	76	231	950	31	67	261	900	30
600	125	267	1050	35	88	230	1150	39	85	232	1050	35	77	265	1000	33

Примечания: 1. Расчеты проведены для типовых составов керамзитобетона марки М75 по Руководству [1] при $R_0 = 0,9 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$, толщине фактурных слоев 4 см и их энергоёмкости 5 кг усл. топлива/м². 2. Энергоёмкость цемента марки 400 принята 240, песка и золы — 4, перлита — 65 кг усл. топлива/м³.

Таблица 2

Способы повышения теплозащитных свойств	$R_0, \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$	$\gamma_k, \text{кг/м}^3$	$\gamma_6, \text{кг/м}^3$	$\rho', \text{кг/м}^3$	$\Delta, \text{см}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$\rho_{\text{эксп}}, \text{кг/м}^3$	$\rho_{\text{общ}}, \text{кг/м}^3$
Панель из бетона на кварцевом песке (эталон)	0,90	500	1050	228	35	76	20,0	326
Увеличение толщины	1,05	500	1050	228	41	89	17,2	304
Легкий керамзит и отказ от фактурного слоя	1,05	450	1000	227	38	84	17,2	299
Керамзитовый песок	1,05	450	900	272	35	89	17,2	304
Зола ТЭС	1,05	450	900	228	35	76	17,2	291
Перлитовый песок	1,05	500	900	264	35	86	17,2	301
Керамзитопенобетон	1,05	450	900	247	35	83	17,2	298

Примечание. $\rho', \rho, \rho_{\text{эксп}}, \rho_{\text{общ}}$ в кг усл. топлива соответственно на 1 м³, 1 м², 1 м² в год и 1 м².

Таблица 3

Материалы	Компонент		Тип структуры	
	матрица	включения	основная	вспомогательная
Керамзитобетон	Раствор	Керамзит	I	—
Раствор	Цементный камень	Песок	I	—
Керамзитовый гравий	Твердая фаза	Воздушные поры	I	II
Дробленый керамзитовый песок	Твердая фаза	Воздушные поры	II	I
Цементный камень	Гидратированное цементное вещество	Капиллярные поры	II	I
Поризованный цементный камень	Цементный камень	Поры вовлеченного воздуха	I	—

Таблица 4

Марка по насыпной плотности керамзита	250	300	350	400	500	600
Коэффициент теплопроводности зерен Вт/(м·°C)	0,140	0,175	0,210	0,230	0,290	0,360

тических моделей, применяемых в теплофизике дисперсных сред и композиционных материалов. При моделировании бетона и отдельных его компонентов, в соответствии с табл. 3, можно использовать структуры двух типов [4]: с замкнутыми включениями (I) или с взаимопроницаемыми компонентами (II).

Для структуры I теплопроводность системы описывается уравнением

$$\lambda = \lambda_1 \frac{2\lambda_1 + \lambda_2 - 2\varphi(\lambda_1 - \lambda_2)}{2\lambda_1 + \lambda_2 + \varphi(\lambda_1 - \lambda_2)}; \quad (1)$$

для структуры II

$$\lambda = \frac{\lambda' + \lambda''}{2}, \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{где } \lambda' &= \lambda_1 \left[c + \frac{\lambda_2}{\lambda_1} (1-c)^2 + 2c \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \times \right. \\ &\times \left(1 - \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right) \left(c \frac{\lambda_2}{\lambda_1} + 1 - c \right) \left. \right]^{-1}; \\ \lambda'' &= \lambda_1 \left[\frac{1-c}{c^2 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1} (1-c^2)} + \right. \\ &+ \left. \frac{c}{c(2-c) + \frac{\lambda_2}{\lambda_1} (1-c)^2} \right]^{-1}; \\ \varphi &= 2c^3 - 3c^2 + 1 \end{aligned}$$

(λ_1, λ_2 — теплопроводность матрицы и включения, φ — объемная концентрация включения).

При постоянной пористости структура II обладает на 10—20% меньшей теплопроводностью, чем структура I.

Для практического применения модельных систем и описывающих их уравнений необходимо знать объемные концентрации отдельных компонентов, их пористость и теплопроводность твердых фаз. Эксперименты с цементным камнем различной пористости и керамзитами различных заводов показали, что теплопроводность твердой фазы гидратированного портландцемента колеблется в пределах 0,87—1,03 Вт/(м·°С), и в среднем может быть принята равной 0,95 Вт/(м·°С), а теплопроводность твердой фазы керамзита — 0,7—1,4 Вт/(м·°С) в зависимости от особенностей глинистого сырья.

Для получения керамзитобетона с наименьшей теплопроводностью при данной плотности следует использовать керамзиты с максимальным содержанием стеклофазы (не менее 68%), с мелкопористой структурой.

Для улучшения теплофизических свойств керамзитового гравия необходимо включить в ГОСТ (по крайней мере для высшей категории качества) требования по теплопроводности (табл. 4).

Расчеты и эксперименты свидетельствуют о том, что при неизменном качестве материалов поризация керамзитобетона ввиду меньшей теплопроводности воздуха всегда уменьшает плотность и теплопроводность бетона. Однако увеличение капиллярной пористости цементного камня вследствие большего водосодержания сильнее влияет на уменьшение его теплопроводности,

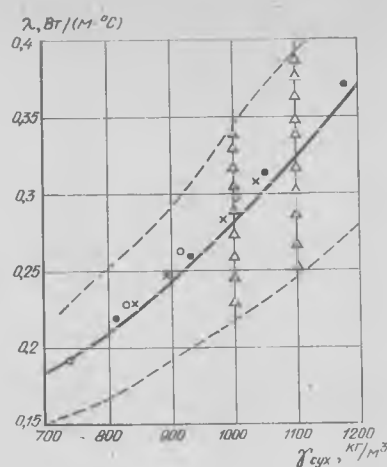


Рис. 2. Зависимость между теплопроводностью и плотностью керамзитобетона в сухом состоянии

— по ГОСТ 11024—72*; — граница рассеивания экспериментальных данных для керамзитобетона различных заводов; ● — расчетные значения для типичных составов на керамзитовом песке без воздухововлекающих добавок; ○ — то же, с воздухововлекающими добавками; × — то же, на строительном песке с воздухововлекающими добавками; △ — расчетные данные для керамзитобетона с плотностью 1000 и 1100 кг/м³ на керамзитах различных заводов

чем наличие вовлеченного воздуха. Снижению теплопроводности керамзитобетона данной плотности способствует также использование заполнителей с открытой пористостью (например, дробленых пористых песков), близких по своей структуре к структуре с взаимопроницающими компонентами.

Надежность расчетного метода подтверждается хорошим совпадением с

экспериментальными данными [3] и с нормативными значениями, подсчитанными при типичных составах керамзитобетона в предположении повышения плотности керамзита и ухудшения его теплопроводности при увеличении плотности бетона (рис. 2). Из рис. 2 видно, что, используя разные составы бетона и различные по теплопроводности керамзиты, можно при данной плотности получить бетоны с теплопроводностью, различающиеся в 1,5 раза и более, что соответствует рассеиванию экспериментальных данных при построении корреляционных зависимостей «теплопроводность — плотность».

Таким образом, для снижения энергоемкости и повышения теплозащитных свойств керамзитобетона необходимо использовать при его приготовлении малозергемкие заполнители — в первую очередь золы ТЭС, максимально уменьшать плотность и теплопроводность благодаря поризации бетонной смеси, применения малотеплопроводных керамзитов, оптимизации составов бетона по теплопроводности с учетом теплофизических свойств и особенностей структуры его компонентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по заводской технологии производства наружных стеновых панелей из легких бетонов на пористых заполнителях. М.: Стройиздат, 1980.
2. Довжик В. Г., Дорф В. А., Гроссман Э. А. Влияние свойств керамзита и раствора на свойства керамзитобетона. Всесоюзная конф. по легким бетонам. Сб. № 2, М.: Стройиздат, 1970.
3. Довжик В. Г. О теплопроводности керамзитобетона на кварцевом песке. — Бетон и железобетон, 1977, № 12.
4. Дульнев Г. Н., Заричняк Ю. П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. М.: Энергия, 1974.

УДК 624.691.327:666.973.2.073

И. А. ИВАНОВ, д-р техн. наук; И. С. ГУЧКИН, В. С. ДЕМЬЯНОВА, В. А. ТЯПКИН, кандидаты техн. наук (Пензенский инженерно-строительный ин-т); Н. А. КОРНЕВ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Крупноразмерные плиты покрытия из легких бетонов, армированных канатами

В районе Кузбасса дефицитны естественные каменные материалы, на базе которых получают щебень. Замена щебня (гравия) искусственными пористыми заполнителями является актуальной проблемой. При этом уменьшаются транспортные расходы, примерно на 25% снижается масса конструкций, заполнители получают требуемой крупности, что позволяет изготавливать тонкостенные конструкции.

Очевидна целесообразность использования легких бетонов в длинномерных пролетных конструкциях, особенно в тех случаях, когда основная нагрузка — постоянная. К ним относятся плиты покрытия «на пролет» размерами 3×18 и 3×24 м, разработанные ЦНИИПромзданий совместно с НИИЖБ.

Для освоения технологии изготовления плит и применения их на строитель-

ных объектах Сибири требовалось решить несколько задач.

Во-первых, необходимо существенно улучшить качество выпускаемого в Кемерове керамзита. В 1975 г. заводом ЖБК-1 треста Железобетонстрой Главкузбасстроя при участии НИИКерамзита и Пензенского инженерно-строительного института установлено, что высокими прочностными свойствами облада-

ют заполнители, имеющие мелкокристаллическую структуру, кристаллическая фаза которых связана тончайшими прослойками стеклофазы. Следовательно, для повышения прочности керамзитового гравия следует перевести стекловидную составляющую в тонкокристаллическую с мелкопористой структурой, направленным изменением фазово-минералогического состава. С этой целью в глиняную массу целесообразно вводить компоненты с повышенным содержанием Al_2O_3 и стимуляторы кристаллизации. В качестве стимулятора предложена зола местной ТЭС. Подшифтовка золы в глину экономична с точки зрения использования как самой золы, так и сохранения ценного керамзитового сырья. Зола теплоэлектростанций — дешевое и практически неисчерпаемое сырье. Годовой экономический эффект от изготовления глинозольного керамзита на заводе ЖБК-1 составляет 60 тыс. р. Наличие высокопрочного керамзита создало реальные предпосылки для выпуска легких бетонов с умеренным расходом вяжущего.

Во-вторых следует разработать долговечные, с повышенным модулем упругости и коэффициентом упругости и невысокой ползучестью составы керамзитобетона марок М350—М400. Предварительные расчеты плит размерами 3×18 и 3×24 м свидетельствуют о том, что сжимающие напряжения в бетоне в момент обжатия плит преднапряженной арматурой, а также при эксплуатационной нагрузке значительны (0,55—0,65) $R_{пр}$, т. е. возможно интенсивное микротрещинообразование в структуре бетона, приводящее к существенному увеличению прогиба, ширины раскрытия трещин, снижению долговечности. Исследованиями Пензенского инженерно-строительного института установлено, что снижения интенсивности микротрещинообразования керамзитобетона под нагрузкой можно добиться качественным и количественным подбором компонентов, обеспечивающим благоприятное напряженное состояние структуры, без больших концентраций напряжений. Для этого требуется выдерживать отношение модулей упругости растворной составляющей и керамзита (E_p/E_z) в пределах 1,8—2,6; коэффициент концентрации керамзита в бетоне должен быть не ниже 0,4. Растворную часть бетона варьировали на кварцевом песке, на смеси кварцевого песка и гранулированного доменного шлака и на гранулированном доменном шлаке. При подборе состава керамзитобетона использовали ту растворную составляющую, модуль упругости которой примерно в 2 раза выше модуля упругости

керамзита, а прочность соответствовала заданной марке бетона.

Таким образом, принципиально новый подход позволил получить керамзитобетон требуемого качества с модулем упругости и коэффициентом упругости, превышающим и нормативные величины на 20 и 15%. Нижний уровень трещинообразования по результатам ультразвуковых и тензометрических исследований повысился на 20% по сравнению с керамзитобетоном такой же марки, при $E_p/E_z = 5,6$.

Проектирование заданной марки бетона с учетом E_p/E_z по сравнению с обычным методом подбора состава практически не отражается на расходе вяжущего, поэтому не поддается экономической оценке. Однако при этом гарантируется высокое качество и долговечность конструкций.

В-третьих, необходимо разработать конструктивные и технологические мероприятия, обеспечивающие внедрение в производство керамзитобетонных плит покрытия размерами 3×18 и 3×24 м.

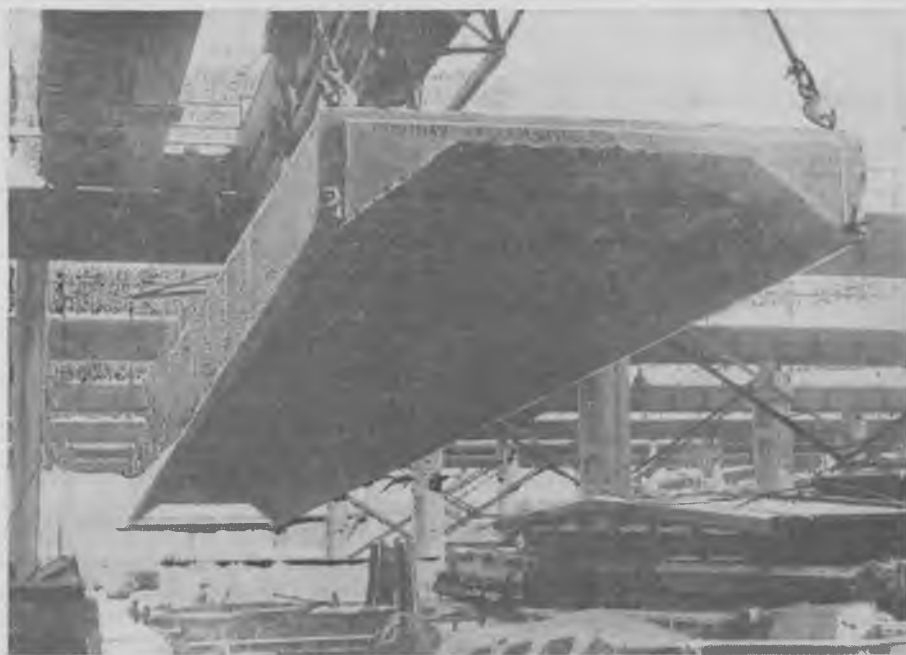
Выпуск плит размером 3×18 м начался в 1977 г. на заводе ЖБК-1 при участии НИИЖБ и Пензенского инженерно-строительного института. Проектом серии 230-75 предусматривалось изготовление плит из керамзитобетона марки М400 (керамзит фракции 5—10, преднапряженная стержневая арматура класса А-IV или А-V). Для повышения технологичности плит и уменьшения расхода преднапряженной арматуры, крупность фракции керамзита повысили до 15 мм, а вместо стержневой пред-

напряженной арматуры использовали канаты К-7 диаметром 15 мм. Проведенными расчетами подтверждена возможность таких изменений.

Годовой экономический эффект от внедрения в производство плит размером 3×18 м из керамзитобетона составил 63,5 тыс. р. Выпуск плит размером 3×24 м осуществлен в 1981 г. К этому времени на предприятиях Главкузбастроя остро стояла проблема добычи кварцевого песка в бассейне р. Томи в связи со строительством плотины и затоплением существующих карьеров. Пензенский инженерно-строительный институт разработал состав керамзитобетона для изготовления плит размером 3×24 м, в которых в качестве мелкого заполнителя использован гранулированный доменный шлак, что позволило уменьшить объемную массу бетона на 60—80 кг/м³.

В результате исследований был создан керамзитшлакобетон марки М400, долговечность и деформативные характеристики которого соответствовали предъявляемым требованиям. На этом бетоне в 1982 г. изготовили две плиты покрытия размером 3×24 м (шифр проекта 456-75/80).

Армирование плиты №1 полностью соответствовало проекту — К-7, в плите №2 армирование вертикальных диафрагм продольных ребер заменено V-образными каркасами. Канаты К-7 натягивали поштучно, усилие натяжения контролировали по удлинению индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм на базе 200 мм.



Фрагмент отформованной плиты размером 3×24 м

№ плиты	Прочность бетона, МПа	Объемная плотность бетона, кг/м³	Нагрузка соответствующая образованию трещин, кН/м²	Прогиб продольных ребер при контрольной нагрузке, см	$\frac{P_{разр}}{P_{расч}}$	Разрушающая нагрузка, кН/м²
1	39	1810	2,50/2,50*	9,70/8,20	1,5	6,3
2	41	1820	2,50/3,02	9,70/7,19	1,9	8,0

* Перед чертой — расчетные значения; после черты — опытные.

Бетонную смесь продольных ребер плит уплотняли навесными вибраторами и виброиглой. При бетонировании полки применили виброгруз в виде щита размером 3×6 м, с установленными на нем вибраторами, удельное давление которого на бетонную смесь составляло 0,0016 МПа.

Тепловлажностную обработку плит осуществляли при температуре изотермического прогрева 65—70°C по режиму 6+3+14 ч с естественным остыванием. Прочность бетона в момент обжата преднапряженной арматурой составляла 36 МПа. Фрагмент плиты представлен на рисунке.

При осмотре после распалубки установлено, что в плите № 1 примерно 30% вертикальных диафрагм в продольных ребрах оказались оторванными или же имелись широко раскрытые трещины по контакту диафрагм с продольным ребром, образовавшиеся при распалубке плиты; в плите № 2 эти дефекты практически отсутствовали.

Плиты испытывали, в соответствии с ГОСТ 8829—77, равномерно распре-

ленной нагрузкой. Плиты относятся к третьей категории трещиностойкости. Контрольная нагрузка по образованию трещин составляла 2,5 кН/м², по жесткости — 3,5 кН/м², по прочности с коэффициентами безопасности $C=1,4$ и $C=1,6$ соответственно 5,9 и 6,7 кН/м².

Загружение осуществляли ступенями, равными $0,1P_{расч}$ с выдерживанием на каждой ступени 10 мин. После достижения нагрузкой нормативных значений, время выдерживания увеличили до 30 мин.

Последующими нагружениями плиту доводили до разрушения.

В ходе экспериментов замеряли прогибы полки, поперечных ребер, а также продольных ребер по середине пролета и на расстоянии 9,6 м от опор. Момент появления трещин фиксировали визуально и по приращению деформацией бетона растянутой зоны. При этом отмечена хорошая пространственная работа плит, о чем свидетельствует плавное нарастание прогибов, а также незначительный (0,7 мм) поворот продольных ребер при нагрузке, близкой к $P_{разр}$.

Данные, представленные в таблице, свидетельствуют о достаточной жесткости и трещиностойкости плит, причем опытные значения прогибов продольных ребер оказались ниже расчетных. Это достигнуто благодаря применению вибропригруза при бетонировании полки плит, в результате чего бетон сжатой зоны обладал повышенной плотностью, упругостью и прочностью.

Сцепление преднапряженной арматуры (канатов) с керамзитобетоном надежное. Так в момент разрушения обеих плит проскальзывание арматуры составляло 0,02 и 0,06 мм, что меньше допустимого ГОСТ 8829—77 (0,1 мм).

Разрушение обеих плит произошло по нормальной трещине вблизи расчетного сечения на расстоянии 9,6—9,8 м от опор. Относительно невысокий коэффициент безопасности по несущей способности плиты № 1 $\frac{P_{разр}}{P_{расч}} = 1,5$ объясняется, видимо, ее повышенной дефектностью.

В целом испытанные конструкции отвечают требованиям СНиП II-21-75 по прочности, жесткости и трещиностойкости. Таким образом, проведенные исследования позволили впервые в нашей стране внедрить эффективные керамзитобетонные плиты покрытия размерами 3×18 и 3×24 м, армированные канатами (ТУ 67-464-83, ТУ 67-463-83). Годовой экономический эффект от освоения производства глинозольного керамзита и плит «на пролет» составил 153,5 тыс. р.

УДК 691.327:666.973.2:539.4

К. П. ДЕЛЛОС, канд. техн. наук; Б. В. ЯСКЕЛЯИН, инж. (МАДИ)

Изменение свойств конструкционных легких бетонов во времени

Одним из общих признаков, характеризующих основные свойства бетонов, является марочная прочность, поэтому очевидно, что обобщение и анализ имеющихся данных по изменению во времени прочности и деформативности легких бетонов следует осуществлять с учетом этого показателя. Другим признаком легких бетонов, в зависимости от которого нормируются основные прочностные и деформативные характери-

стики, служит вид применяемого мелко-го заполнителя.

Представляется также целесообразным выявление влияния на изменение во времени прочности и деформативности легкого бетона вида крупного пористого заполнителя. Его влияние через истинное водоцементное отношение зависит от общей и дифференциальной пористости заполнителя, коэффициента формы зерен и др. [1], поэтому все многообразие

действующих факторов можно свести к одному интегральному — форме заполнителя.

Влияние влажности среды твердения бетонов на плотных заполнителях на изменение во времени основных свойств достаточно изучено [2]. Для легких же бетонов на пористых заполнителях, обладающих относительно высокой водопоглощающей способностью, этот вопрос требует дополнительного рассмотрения.

В МАДИ были обобщены и проанализированы экспериментальные данные по изменению во времени прочности на сжатие R^T и модуля упругости E^T легких бетонов марок М200—М400 на различных крупных пористых заполнителях (керамзитовом, зольно-аглопоритовом, термолитовом и шунгизитовом гравии, шлакопемзовом и перлитовом щебне, на плотных и пористых песках).

При этом рассматривали влияние на характер зависимостей $R^{\tau} = f(\tau)$ и $E^{\tau} = f(\tau)$ вида мелкого заполнителя, влажности среды твердения бетона и формы крупного заполнителя.

Изменение прочности и модуля упругости легкого бетона во времени оценивали безразмерными коэффициентами:

$$K_R^{\tau} = \frac{R^{\tau}}{R}; \quad K_E^{\tau} = \frac{E^{\tau}}{E}$$

(R^{τ} , E^{τ} — прочность на сжатие и модуль упругости бетона в принятом для рассмотрения возрасте $\tau=90$ и 180 сут; R , E — то же, в возрасте 28 сут).

В таблице приведены среднестатистические значения коэффициентов K_R^{τ} и K_E^{τ} при обработке опытных данных, содержащихся более чем в 30 литературных источниках, включая результаты, полученные авторами на шлакопемзобетоне. Общее число испытанных образцов 163.

Влияние вида мелкого заполнителя рассматривали на бетонах, приготовленных с применением пористого и плотного кварцевого песка. Из таблицы видно, что прирост прочности бетона на пористом песке больше, а модуля упругости меньше, чем у равномарочного бетона на плотном песке, причем величина прироста с увеличением марки бетона уменьшается. Это явление объясняется относительно более высокой гидравлической активностью и водопоглощением бетонов на пористом песке, а следовательно, и лучшими влажностными условиями, в которых находится структура твердеющего бетона.

Большая деформативность пористого песка по сравнению с плотным и цементным камнем обуславливает качественное отличие характера его работы под нагрузкой в растворной составляющей бетона и является одной из причин, сдерживающих прирост модуля упругости [3].

Влияние влажности среды W изучали на бетонах, твердевших при положительной температуре (до 30°С) в условиях нормальной ($40\% \leq W \leq 80\%$) и повышенной ($W \geq 80\%$) влажности. Из таблицы видно, что бетон, твердевший в условиях повышенной влажности, имеет больший прирост прочности и модуля упругости, чем равномарочный бетон в условиях нормальной влажности. При этом отмечено, что влияние влажности на величину прироста этих характеристик уменьшается с увеличением марочной прочности бетона.

Большой прирост прочности у бетонов, твердевших в условиях повышенной влажности, объясняется лучшими условиями для гидратации цемента, а больший при-

Марка бетона	Вид песка		Влажность среды		Форма крупного заполнителя	
	пористый	плотный	повышенная	нормальная	щебневидная	гравиеподобная
М200	1,16/1,06*	1,11/1,08	1,19/1,11	1,07/1,04	1,21/1,09	1,12/1,06
	1,23/1,10	1,19/1,12	1,27/1,18	1,12/1,07	1,25/1,15	1,19/1,09
М300	1,13/1,02	1,10/1,07	1,17/1,10	1,06/1,01	1,16/1,07	1,09/1,06
	1,17/1,04	1,15/1,10	1,21/1,15	1,10/1,03	1,21/1,10	1,13/1,05
М400	1,08/—	1,12/—	1,10/1,06	1,05/1,03	1,10/1,06	1,07/1,04
	1,07/1,05	1,14/1,08	1,17/1,10	1,08/1,06	1,14/1,09	1,10/1,06

* Перед чертой — K_R^{τ} , после черты — K_E^{τ} ; над чертой — возрасте 90 сут, под чертой — 180 сут.

рост модуля упругости — меньшей скоростью развития усадочного процесса, которая, как известно, снижается с увеличением влажности среды твердения.

Влияние формы крупного заполнителя рассматривали и на бетонах, приготовленных с применением гравиеподобного и щебневидного заполнителя. Из таблицы видно, что бетоны на щебневидном заполнителе имеют больший прирост прочности и модуля упругости по сравнению с равномарочными бетонами на заполнителях гравиеподобной формы. С увеличением марочной прочности легкого бетона величина прироста уменьшается.

Большой прирост прочности бетонов на заполнителях щебневидной формы объясняется относительно большим водопоглощением такого заполнителя по сравнению с заполнителем гравиеподобной формы. Вследствие этого создаются относительно лучшие условия для продолжающейся гидратации цемента. Влияние формы крупного заполнителя на прирост модуля упругости бетона во времени связано с величиной и скоростью водопоглощения каждого заполнителя, поэтому у бетонов на пористых заполнителях щебневидной формы следует ожидать и меньшего истинного W/C , которое является одним из факторов, уменьшающих усадку, а следовательно, и обусловленных ею внутренних напряжений.

Выводы

Анализом данных исследований легких бетонов марок М200—М400 на различных пористых заполнителях установлено, что до 180 сут наблюдается прирост прочности бетона на сжатие до 27%, а модуля упругости — до 18%. Это позволяет рекомендовать при расчете конструкций по I предельному состоянию пользоваться увеличенными на 5—10% характеристиками легкого бетона, что создает предпосылку снижения расхода арматуры или цемента без уменьшения несущей способности конструкций.

Выявлено влияние вида крупного и мелкого заполнителя, влажности среды

твердения на кинетику роста прочности и модуля упругости легкого бетона. При назначении проектной прочности легких бетонов следует учитывать, что повышение влажности среды твердения бетона, а также замена крупного пористого заполнителя гравиеподобной формы щебневидным способствуют большему приросту прочности (до 9%) и модуля упругости (до 6%); замена плотного песка пористым вызывает больший прирост прочности (до 5%) и меньший прирост модуля упругости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Легкие бетоны. Проектирование и технология. Перевод с англ., под ред. В. Н. Ярмаковского. М.: Стройиздат, 1981.
2. Френкель И. М. Использование роста прочности бетона во времени для экономии цемента. М.: Госстройиздат, 1961.
3. Шейкин А. Е., Чеховский Ю. В., Бруссер М. И. Структура и свойства цементных бетонов. М.: Стройиздат, 1979.

Новые книги

Колодзий И. И. Формование сборных железобетонных изделий и конструкций. Учебник для СГПТУ.— 6-е изд., перераб. и доп.— М., Высш. школа, 1983.

Технология и механизация строительного производства. В 2-х ч. Учебник для вузов./Под общ. ред. С. С. Атаева, С. Е. Канторера.— М., Высш. школа, 1983.

Билецкий О. Б., Михайлов В. С. Организационно-технологические основы АСУ в строительстве.— Киев, Будивельник, 1983.

Золотухин Ю. Д. Испытание строительных конструкций.— Минск, Высшая школа, 1983.

Теплотехнические показатели керамзитозолобетона

На Бескудниковском комбинате строительных материалов и конструкций №1 с 1977 г. в качестве мелкого заполнителя для керамзитобетона марок М35—М150 используют вместо кварцевого песка золы московских ТЭЦ, образующиеся при сжигании каменного угля. Однако их внедрение сдерживается отсутствием нормативных теплотехнических показателей.

Для решения этой проблемы изучали теплопроводность, паропроницаемость и равновесную влажность в условиях эксплуатации керамзитозолобетона двух видов. Коэффициент теплопроводности керамзитозолобетона определяли вначале на образцах после тепловлажностной обработки, а затем в высушенном до постоянной массы состоянии. Для сохранения начальной влажности образцы после тепловлажностной обработки упаковывали полиэтиленовой пленкой.

Теплопроводность керамзитозолобетона определяли на кубках с размером ребра 10 см по нестационарному методу линейного источника тепла [1]. В качестве нагревателя использовали термopару, заложенную при формировании в центре куба. Ее температура была выше температуры окружающего воздуха на 2—3°C.

Изучали влияние на теплопроводящие свойства керамзитозолобетона его плотности, наличия золы и степени поризации бетонной смеси. Состав и основные характеристики образцов приведены в табл. 1. В поризованный керамзитозолобетон вводили 1,7 кг/м³ СДО, в керамзитозолобетон плотной структуры — 0,5 кг/м³ этой добавки.

Исследованиями установлена линейная зависимость коэффициента теплопроводности керамзитозолобетона от его плотности в диапазоне 920—1080 кг/м³ (рис. 1). Приращение коэффициента теплопроводности ($\Delta\lambda$) на 1% массовой влажности прямо пропорционально плотности бетона: при изменении плотности керамзитозолобетона от 910 до 1080 кг/м³ коэффициент $\Delta\lambda$ изменялся от 0,008 до 0,010 Вт/(м·°C). Керамзитозолобетон имеет более низкий коэффициент теплопроводности по сравнению с керамзитобетоном на кварцевом песке той же плотности по данным СНиП II-3-79.

Сорбционную влажность и паропроницаемость керамзитозолобетонных образцов находили по стандартной методике [2] (табл. 2). При относительной влажности воздуха, равной 97%, сорбционная влажность бетона условно принимается за расчетную для условий

Таблица 1

Расход материалов на 1 м³ бетона					Плотность в сухом состоянии, кг/м³	Теплопро- вод- ность* λ, Вт/(м·°C)	Массовое отноше- ние влаги w, %	Δ λ, Вт/(м·°C)
цемента, кг	керамзита, л, фракции, мм		золы, кг	воды, л				
	10—20	0—10						
Поризованный керамзитозолотетон								
240	780	310	110	220	1045	0,28/0,38	10,1	0,010
240	800	280	140	215	990	0,26/0,34	8,0	0,010
240	800	260	100	190	950	0,25/0,35	10,1	0,019
240	800	250	90	210	940	0,25/0,33	8,0	0,010
230	800	250	90	210	930	0,24/0,32	7,3	0,011
240	800	250	75	220	920	0,24/0,31	9,0	0,008
Керамзитозолотетон плотной структуры								
220	1030	—	260	240	1080	0,30/0,41	11,0	0,010
220	1010	—	250	220	1050	0,29/0,38	9,0	0,010
220	1000	—	240	280	1045	0,28/0,34	6,2	0,090
220	990	—	230	260	1030	0,28/0,38	10,0	0,010

* Перед чертой — в сухом состоянии, после черты — во влажном

Таблица 2

Материал	Плотность, кг/м³	Сорбционная влажность материала, %, при относительной влажности воздуха, %					
		40	60	70	80	90	97
Поризованный керамзитозолобетон	1000	2,6	3,7	4,2	5,4	7,7	10,1
То же	950	2,1	3,0	3,6	4,7	6,3	9,3
Керамзитозолобетон плотной структуры	1080	3,0	3,9	4,4	5,8	8,1	11,0
Керамзитобетон на кварцевом песке	1080	1,9	2,6	3,4	4,5	5,6	7,3
То же	1000	1,7	2,4	3,3	4,1	5,3	7,1

Таблица 3

Материал	Плотность в сухом состоянии, кг/м³	Коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па)
Поризованный керамзитобетон	1080/1140	0,066/0,058
	1060/1105	0,068/0,061
	1050/1100	0,070/0,066
	1025/1095	0,071/0,073
	1000/1080	0,072/0,074
	950/1000	0,070/0,077
Керамзитозолобетон плотной структуры	1130	0,065
	1110	0,067
	1100	0,072
	1080	0,073
	1050	0,079

Примечание. Перед чертой — керамзитобетон на золе, после черты — на кварцевом песке.

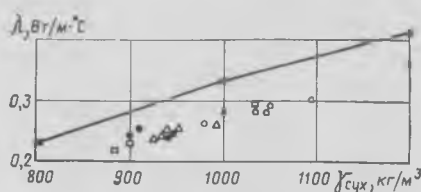


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплопроводности керамзитозолобетона от плотности
 ■ — керамзитобетон на кварцевом песке по СНиП II-3-79; △ — керамзитозолобетон поризованной структуры; ○ — то же, плотной структуры; ● — то же, по данным НИИМосстроя; × — то же, по данным МНИИТЭП; □ — то же, по данным НИИСФ

эксплуатации Б (согласно СНиП II-3-79). Введение золы увеличивает сорбционную влажность примерно на 3% по сравнению с керамзитобетоном на кварцевом песке. При относительной влажности воздуха 80% сорбционная влажность бетона условно принимается за расчетную для условий эксплуатации А, а присутствие золы повышает ее примерно на 1,3% (рис. 2).

Результаты определения коэффициента паропроницаемости для керамзитозолобетона различной плотности и степени поризации приведены в табл. 3.

Коэффициент паропроницаемости обратно пропорционален плотности керамзитозолобетона. Средний коэффициент паропроницаемости поризованного керамзитозолобетона плотностью 1030 кг/м³ составляет 0,072 кг/(м·ч·Па), для керамзитозолобетона плотной структуры ($\gamma_0 = 1075 \text{ кг/м}^3$) — 0,074 мг/(м·ч·Па).

Тенденция к уменьшению коэффициента паропроницаемости поризованного керамзитозолобетона, по-видимому, объясняется большей поризацией цемент-

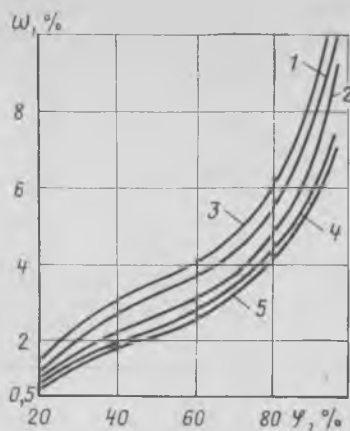


Рис. 2. Изотермы сорбции керамзитозолобетона при температуре $\pm 20^\circ\text{C}$

1 — керамзитозолобетон, $\gamma_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$; 2 — то же, $\gamma_0 = 950 \text{ кг/м}^3$; 3 — то же, $\gamma_0 = 1080 \text{ кг/м}^3$; 4 — керамзитобетон на кварцевом песке, $\gamma_0 = 1080 \text{ кг/м}^3$; 5 — то же, $\gamma_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$

ного камня и лучшим заполнением межзерновой пустотности.

Выводы

Керамзитозолобетон обладает более высокими теплоизоляционными свойствами, чем керамзитобетон на кварцевом песке. Замена кварцевого песка золой повышает гигроскопичность керамзитозолобетона. При этом максимальная сорбционная влажность возрастает примерно на 3%. Паропроницаемость керамзитозолобетона и керамзитобетона на кварцевом песке с поризацией примерно одинакова.

Керамзитозолобетон можно использовать при проектировании ограждающих конструкций зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Янкелев Л. Ф., Роффе В. С. Скоростные измерения коэффициента теплопроводности путем нагрева при охлаждении термпары. — Инженерно-физический журнал, 1965, № 1.
2. Методика определения влажностных характеристик строительных материалов/НИИСП Госстроя УССР. Киев, 1970.

УДК 691.327:666.973.2

Н. А. ТАЧКОВА, Н. М. АНАНЬИНА, кандидаты техн. наук (НИИСФ);
В. И. САВИН, канд. техн. наук; О. П. МАНЗА, инж. (НИИЖБ)

Теплофизические свойства шунгизитобетона

Последнее десятилетие характеризуется развитием производства искусственных пористых заполнителей, предназначенных для приготовления легкого бетона. Сырьем для их получения по сухому способу подготовки полуфабриката являются сланцы, аргилит, трепел, диатомит и другие камневидные материалы, подвергаемые до обжига лишь дроблению и рассеву.

Особое промышленное значение имеют шунгитосодержащие карельские сланцы, из которых при обжиге получается пористый заполнитель — шунгизитовый гравий и песок.

В настоящее время общий годовой объем выпуска шунгитового гравия в нашей стране составляет около 800 тыс. м³. Интенсивное развитие производства позволило накопить некоторый опыт его применения в легком бетоне для ограждающих и несущих конструкций зданий различного назначения [1].

Опыт использования карельских шунгитовых сланцев в качестве сырья для выпуска легких заполнителей показал, что дальнейшее развитие этого производства позволит полностью обеспечить районы северо-запада, а также частич-

но центр европейской части СССР качественным пористым заполнителем.

С 1972 г. НИИЖБ, НИИСФ и другие организации осуществляют исследования, направленные на совершенствование технологии производства изделий и конструкций из шунгизитобетона, а также на расширение области его применения в различных эффективных строительных конструкциях и изделиях повышенной заводской готовности. Особое значение при этом уделялось изучению теплофизических свойств шунгизитобетона в конструкциях, а также повышению теплозащитных свойств конструкций наружных стен зданий из данного материала. В настоящее время проблема дальнейшего снижения теплопотерь через наружные стены зданий уделяется большое внимание.

В ходе комплексных исследований установлено, что шунгизитовый гравий может быть отнесен к группе искусственных гравиеподобных пористых заполнителей (типа керамзитового гравия). Однако вспучивающиеся шунгиты отличаются от глин и глинистых сланцев отсутствием глинистых минералов, химическим составом и другими физико-хи-

мическими свойствами. В частности, в результате комплексных исследований шунгизитового гравия в нем обнаружена стеклофаза Al—Fe—Si , составляющая примерно 85% всей массы, и кристаллические продукты, представленные в основном минералами группы полевых шпатов альбитолигоклазового ряда, кварцем, минералами группы оливина и мелилита, шпинелью, а также магнетитом и маггемитом.

Интересно отметить, что такие минералы, как маггемит, оливин и мелилит в керамзите отсутствуют, магнетит присутствует в очень малом количестве.

В результате шунгизитовый гравий, обладающий стеклообразной структурой, имеет большую магнитную восприимчивость и меньшую теплопроводность по сравнению с керамзитовым гравием [2].

Все эти факторы обуславливают различие теплотехнических показателей шунгизитового гравия и шунгизитобетона по сравнению с керамзитовым гравием и керамзитобетоном.

По теплотехническим показателям шунгизитовый гравий и шунгизитобетон ближе к шлаковой пемзе и шлакопем-

зобетону. Это объясняется повышенным содержанием стеклофазы как в шлаковой пемзе, так и в шунгизите по сравнению с керамзитом, а также аналогичным химико-минералогическим составом. Шунгизит и шлаковая пемза (в куске) при одинаковой плотности имеют близкие значения теплопроводности — 1 и 0,95 Вт/(м·°С).

Шунгизитовый гравий и шлакопемзовый щебень одинаковой плотности в насыпном состоянии обладают схожими значениями коэффициентов теплопроводности. Максимальная сорбционная влажность шунгизитобетона и шлакопемзобетона одинаковая (около 5%). Стеклообразный характер шунгизитового гравия предопределяет и другие разлитые свойства по сравнению с керамзитовым гравием, что сказывается на характеристиках шунгизитобетона. Шунгизитовый гравий обладает повышенной морозостойкостью и выдерживает более 100 циклов попеременного замораживания и оттаивания в воде; устойчивость в H₂SO₄ — 97%, в HCl — 98%. Водопоглощение шунгизитового гравия и шлаковой пемзы примерно одинаково (в среднем 10% по массе); их максимальная сорбционная влажность составляет около 1% по массе.

На основании исследования теплофизических характеристик шунгизитобетона в зависимости от состава, влажности и температуры, выполненных в НИИСФ совместно с НИИЖБ, были установлены расчетные коэффициенты теплопроводности и равновесной влажности для шунгизитобетона плотностью 1000—1400 кг/м³, которые вошли в СНиП II-3-79*.

Для определения расчетного коэффициента теплопроводности и равновесной влажности шунгизитобетона изучили ограждающие конструкции в условиях эксплуатации.

Величина равновесной влажности легкого бетона в ограждениях зависит от сорбционных свойств материала, а также от влажностного состояния внутреннего и наружного воздуха. На величину равновесной влажности влияет и конструкция ограждения. Для однослойных панелей срок установления равновесной влажности зависит от вида облицовочных слоев.

Изучение влажностных свойств ограждающих конструкций из шунгизитобетона впервые осуществил НИИСФ в Карельской АССР, Мурманской и Архангельской областях в жилых домах серий 1-335АК 1-464Д методом отбора проб из панелей наружных стен.

Кроме того, в натурных условиях определили теплотехнические характеристики шунгизитобетонных ограждающих

Плотность бетона в сухом состоянии γ_0 , кг/м ³	Расчетная величина коэффициента теплопроводности λ , Вт/(м·°С) (условия Б)	Сопротивление теплопередаче м ² ·°С/Вт при толщине панелей, см		
		30	35	40
900	0,35	0,98	1,13	1,27
1000	0,38	0,91	1,04	1,17
1100	0,44	0,82	0,93	1,04
1200	0,50	0,74	0,80	0,94
1300	0,57	0,67	0,71	0,84
1400	0,64	0,62	0,70	0,77

конструкций — коэффициенты теплопроводности и теплоотдачи, тепловую инерцию, термическое сопротивление, сопротивление теплопередаче и плотность. Для условий эксплуатации жилых и промышленных зданий в Карельской АССР и Мурманской обл. в таблице приведены сопротивления теплопередаче шунгизитобетонных конструкций плотностью 900—1400 кг/м³.

В ходе исследований установлена динамика влажностного состояния шунгизитобетонных конструкций с момента окончания тепловлажностной обработки до трех лет эксплуатации в зданиях. Влажность по массе после ТВО составила 8—10%, в период ввода — 7—8%, через 2—3 года — 6—7%.

Полученные значения влажности шунгизитобетона в ограждающих конструкциях зданий свидетельствуют о быстром высыхании шунгизитобетона. Равновесная влажность устанавливается в первые два года эксплуатации зданий (в керамзитобетонных конструкциях через 3—4 года). Это позволяет уменьшить расход топлива, необходимый для сушки шунгизитобетонных стен в первые годы.

Сравнение равновесной эксплуатационной влажности шунгизитобетона в зданиях, построенных в Карельской АССР, Архангельской и Мурманской областях, с сорбционной влажностью показывает, что первая близка к максимальной сорбционной влажности бетона и совпадает с расчетной влажностью для условий Б по СНиП II-3-79*.

На основании полученных данных в СНиП рекомендована расчетная влажность шунгизитобетона $W_A=4\%$, $W_B=7\%$, в отличие от керамзитобетона, для которого данные величины соответственно равны 5 и 10%.

Результаты исследований теплофизических характеристик шунгизитобетона свидетельствуют о том, что ограждающие конструкции из шунгизитобетона по теплозащитным качествам превосходят керамзитобетонные.

Полученные данные позволяют рекомендовать применение шунгизитобетонных конструкций во всех климатических зонах СССР в отапливаемых зданиях различного назначения с сухим, нормальным и влажным режимом с относительной влажностью воздуха внутри помещений не более 75%, а с дополнительной влагоизоляцией в зданиях с большей влажностью воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шунгизитобетон и опыт его применения в строительстве/Г. А. Бужевич, В. И. Савин, А. А. Евдокимов и др. М., ЦИНИС, 1978.
2. Шунгиты Карелии и пути их комплексного использования. Под ред. В. А. Соколова и Ю. К. Калинина. Петрозаводск, Карелия, 1975.

На ВДНХ СССР

Сталежелезобетонные покрытия

В практике промышленного строительства находит широкое применение смешанное решение конструкций шатра производственных зданий, при котором крупноразмерные железобетонные плиты укладываются по стальным решетчатым фермам. Как показали исследования Белорусского политехнического института, эффективность такого конструктивного решения может быть существенно повышена при обеспечении совместной работы стальных ферм и железобетонного настила.

С этой целью к верхнему поясу фермы приваривают объединительные детали, которые после замоноличивания покрытия воспринимают усилия сдвига, возникающие между элементами конструктивного комплекса. За счет включения настила увеличивается мощность верхнего пояса фермы, что позволяет значительно уменьшить сечение стальной его части и компоновать ее как для обычной стальной фермы, работающей на восприятие усилий от собственного веса и веса плит настила.

Эффективность сталежелезобетонной конструкции повышается с увеличением пролетов системы и возрастанием доли нагрузок, прикладываемых после объединения, в общем балансе силовых воздействий. Сталежелезобетонные конструкции целесообразно применять в бесфонарных покрытиях и покрытиях с зенитными фонарями производственных зданий пролетом 30—36 м, особенно при наличии технологического оборудования, подвешиваемого к ферме.

Опытно-промышленное внедрение сталежелезобетонных покрытий на ряде промышленных объектов в Белорусской ССР показало, что их использование практически не вносит изменений в традиционную технологию изготовления и монтажа сборных железобетонных плит и стальных ферм, приводит к сокращению расхода стали на 6—10 кг/м², уменьшению трудозатрат на 0,05—1 чел·ч/м² и снижению приведенных затрат на 3—4 р./м². Общий экономический эффект от внедрения составил 259 тыс. р. при суммарной площади покрытий 56,38 тыс. м².

Влияние суперпластификатора С-3 на свойства керамзитобетона

Авторы изучали влияние суперпластификатора С-3 на физико-механические и деформативные свойства керамзитобетонных основ Акмянского быстротвердеющего цемента БТЦ-400 и керамзита, изготовленного Игналинским комбинатом строительных материалов. В качестве мелкого заполнителя использовали керамзитовый песок производства того же комбината и тяжелый песок Ризгонского комбината строительных материалов.

Основные характеристики применяемых материалов следующие: средний химико-минералогический состав клинкера: SiO_2 — 20,34%; Al_2O_3 — 5,33%; Fe_2O_3 — 4,57%; CaO — 65,52%; MgO — 2,88%; SO_3 — 0,64%; C_3S — 63%; C_2S — 11%; C_3A — 7%; C_4AF — 14%; нормальная плотность цементного теста 26,5%; сроки схватывания — начало 2 ч 0, 5 мин, конец — 3 ч 25 мин; средняя объемная насыпная масса керамзита фракции 10—20 мм — 590 кг/м³; фракции 5—10 мм — 710 кг/м³, керамзитового песка — 950 кг/м³; прочность на сдвливание в цилиндре фракций 10—20 и 5—10 мм соответственно 2,6 и 4,1 МПа; $M_{кр}$ = 2,98.

Керамзитобетоны с суперпластификатором С-3 исследовали при помощи трехфакторного эксперимента на трех уровнях отдельно для каждого вида мелкого заполнителя. Для увеличения числа уровней каждого фактора были включены дополнительные точки. В качестве варьируемых факторов принимали: X_1 — расход цемента, кг на 1

Таблица 1

Уровни варьирования	Расход цемента, кг	Подвижность смеси, см	Расход С-3, %
Основной уровень (X_{i0})	400	6	0,50
Интервал варьирования (ΔX_i)	100	2	0,25
Верхний уровень ($X_i = +1$)	500	8	0,75
Нижний уровень ($X_i = -1$)	300	4	0,25
Дополнительные точки: ($X_i = +2$)	600	10	1,00
($X_i = -2$)	200	2	0,00

м³ керамзитобетона; X_2 — подвижность керамзитобетонных смесей, см; X_3 — расход суперпластификатора % массы цемента. Расход крупного заполнителя для всех составов оставался постоянным и составлял: керамзит фракции 10—20 мм — 0,56 м³, 5—10 мм — 0,39 м³. Интервалы варьирования переменных приведены в табл. 1.

За выходные параметры в экспериментах были приняты: предел прочности при сжатии после пропаривания (y_1) и через 28 сут твердения пропаренных образцов (y_2); прочность при сжатии нормально твердевших образцов после 28 сут твердения (y_3); расход воды для получения требуемой подвижности (y_4). Опытные образцы-кубы с ребром 10 см пропаривали по режиму 3+6+3 ч, выдержав предварительно 4—5 ч.

Таблица 2

Коэффициент	Коэффициенты регрессии			
	y_1	y_2	y_3	y_4
A_0	—171,970/—344,910*	77,450/—211,200	—55,000/262,870	97,680/207,600
A_1	1,300/2,520	1,000/1,620	0,940/33,940	0,120/5,380
A_2	—3,730/—15,720	—7,270/15,060	—13,440/—18,310	13,940/3,500
A_3	84,280/235,940	98,450/14,150	130,350/18,060	27,680/—12,500
A_{11}	0,000/0,002	0,000/0,001	0,000/13,030	0,000/—1,420
A_{22}	—0,070/0,030	—0,200/1,790	—0,130/0,100	—0,320/—0,550
A_{33}	—112,780/167,000	—40,700/—14,640	—56,350/—1,650	—0,480/3,450
A_{12}	—0,001/0,020	0,010/—0,010	0,030/7,130	—0,020/1,500
A_{13}	0,200/—0,400	0,010/0,050	—0,010/—0,130	—0,150/—7,000
A_{23}	0,000/15,270	0,250/5,500	—0,500/6,630	—1,000/—1,000

* Перед чертой — керамзитовый песок, после черты — тяжелый.

Поскольку фактические составы керамзитобетонов от планируемых отличались незначительно (до 5%), то полученные результаты обрабатывали математическими методами. Они позволили получить зависимости выходных параметров от варьируемых факторов в виде полинома второй степени:

$$y = A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_3 X_3 + A_{11} X_1^2 + A_{22} X_2^2 + A_{33} X_3^2 + A_{12} X_1 X_2 + A_{13} X_1 X_3 + A_{23} X_2 X_3,$$

где $A_0, A_1, A_2, \dots$ — коэффициенты уравнений регрессии; X_1, X_2, X_3 — значения варьируемых факторов в натуральных или кодированных единицах. Значения коэффициентов регрессии приведены в табл. 2 для керамзитобетонов на керамзитовом и тяжелом песках.

После проверки адекватности полученных уравнений для оценки влияния исследуемых факторов на прочность при сжатии керамзитобетона и на расход воды для достижения требуемой подвижности керамзитобетонной смеси были построены графические зависимости расхода цемента для получения керамзитобетонов марок М50—М250 и расхода воды при различных расходах цемента от количества суперпластификатора С-3 (рис. 1—4).

В результате их анализа установлено, что при подвижности керамзитобетонной смеси 2—10 см применение суперпластификатора С-3 для пропариваемых бетонов марок М50—М100 неэффективно. Это объясняется тем, что при небольших расходах цемента часть С-3 поглощается заполнителем, уменьшая тем самым эффект разжижения. В керамзитобетонах на тяжелом песке поглощение раствора ниже, поэтому даже при увеличении количества добавки до 1% заметно некоторое снижение расхода цемента для получения более низких марок керамзитобетона, чем на керамзитовом песке. При больших расходах воды и большей подвижности смесей для керамзитобетонов более высоких марок использование С-3 позволяет сэкономить до 50—120 кг цемента по сравнению со смесями без добавок. Наибольшая прочность керамзитобетона, которую можно достичь после пропаривания при применении Игналинского керамзита, — 20 МПа.

Прирост прочности пропаренного керамзитобетона после 28 сут твердения не одинаков для керамзитобетонов с различным расходом цемента. При меньших расходах (до 300 кг) прочность после пропаривания составляет около 68—76% марочной, а при больших расходах цемента — 80—88%. По-видимому, растворяя часть керамзитобетона с меньшим расходом цемента имеет боль-

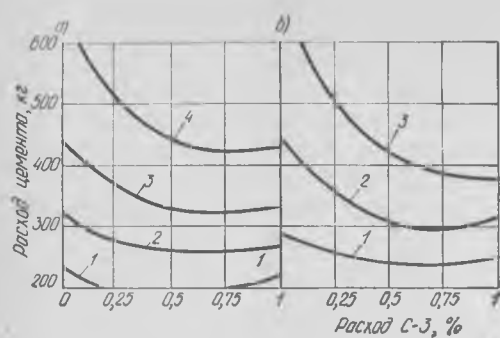


Рис. 1. Расходы цемента и С-3 для получения керамзитобетонов на керамзитовом песке марок 50 (1), 100 (2), 150 (3), 200 (4) при подвижности смеси 2 см (а) и 10 см (б)

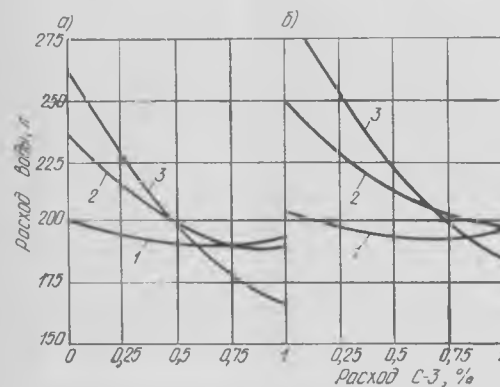


Рис. 2. Расходы воды и С-3 для получения керамзитобетонных смесей на керамзитовом песке подвижностью 2 см (а) и 10 см (б) при расходах цемента 200 (1), 400 (2) и 600 (3) кг/м³

фике, соответствующая минимальному расходу цемента, а точка, при достижении которой увеличение расхода С-3 вызывает незначительное уменьшение расхода цемента, т. е. стоимость экономленного цемента не покрывает стоимости добавки С-3. На рис. 1 прослеживается тенденция к увеличению расхода С-3 с повышением расхода цемента. Вероятно это объясняется увеличением удельной поверхности мелкодисперсной части керамзитобетона. Однако для точного установления этого эффекта необходимы эксперименты с более узким интервалом варьирования С-3.

Уменьшение расхода воды, как и расхода цемента, тем больше, чем выше расход цемента и подвижность керамзитобетонной смеси. Для керамзитобетонных смесей с различным расходом цемента при определенном расходе С-3 возможно получение равноподвижных смесей с близкими по значению количествами воды (см. рис. 2, 4). Для керамзитобетонных смесей на керамзитовом и тяжелом песках при применении С-3 возможно уменьшение расхода воды до 25%.

Прочность керамзитобетонов нормального твердения в возрасте 28 сут по сравнению с той же прочностью пропаренных образцов достигается при меньшем (на 30—50 кг) расходе цемента. Однако максимальная прочность нормально твердеющих образцов лишь незначительно превышает прочность пропаренных образцов, поскольку получение более высокой прочности лимитируется прочностными характеристиками керамзита.

В ходе экспериментов исследовали призмную прочность, усадку, модуль упругости. При этом сравнивали керамзитобетоны с одинаковым расходом цемента и с одинаковым V/C с добавкой 0,5% С-3 и без добавки, а также керамзитобетоны одинаковой подвижности, т. е. с уменьшенным количеством воды в керамзитобетонах с С-3.

Призмная прочность исследуемых керамзитобетонов в основном зависит от кубиковой прочности и практически одинакова для керамзитобетонов с добавкой С-3 и без нее; в наших опытах соотношение призмной и кубиковой прочности находилось в пределах 0,9—1,15.

Модуль упругости керамзитобетона при длительном твердении изменяется почти прямо пропорционально изменению кубиковой и призмной прочности, однако при одинаковой кубиковой прочности модуль упругости керамзитобетона с добавкой С-3 несколько меньше, чем у керамзитобетона без до-

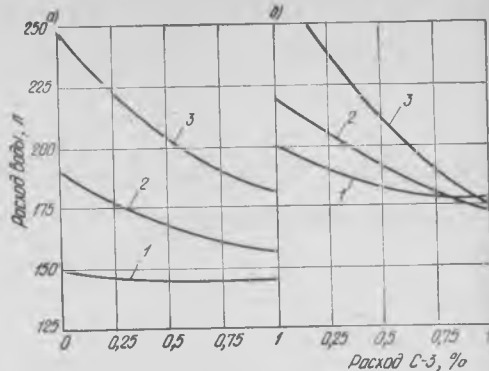


Рис. 4. Расходы воды и С-3 для получения керамзитобетонных смесей на тяжелом песке подвижностью 2 см (а) и 10 см (б) при расходах цемента 200 (1), 400 (2) и 600 (3) кг/м³

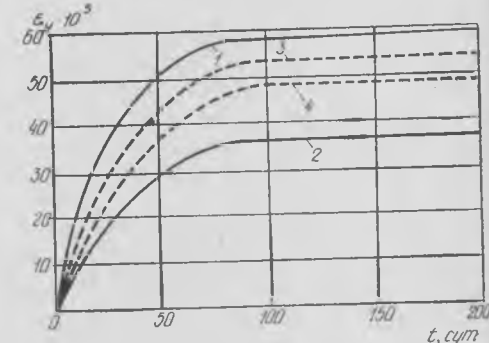


Рис. 5. Усадка керамзитобетона на керамзитовом песке без добавки С-3 (2, 3) и с добавкой (1, 4)

— $B/C=1,2$; — — — — — О. К. = 6 см. Расход цемента: 1, 2 — 388 кг/м³; 3, 4 — 375 кг/м³

бавки, по-видимому, из-за образования в цементном камне бетонов с С-3 иной структуры цементирующего вещества.

Как видно из рис. 5, деформации усадки керамзитобетонов с С-3 при том же B/C до 35% выше, чем у керамзитобетонов без добавки. При равной подвижности керамзитобетонных смесей деформации усадки образцов с добавкой С-3 и без нее отличаются незначительно.

Выводы

Применение суперпластификатора С-3 в пропариваемых керамзитобетонах на игналинском керамзите и акмянском быстротвердеющем цементе наиболее эффективно для марок 150—250 и позволяет экономить 50—120 кг цемента по сравнению с керамзитобетоном без добавок. Экономия цемента для керамзитобетонов нормального твердения может достигать 150 кг.

Призмная прочность и модуль упругости керамзитобетонов практически не зависят от добавки С-3. Керамзитобетоны с С-3 имеют несколько повышенные деформации усадки, а у керамзитобетонов из равноподвижных смесей они практически одинаковы.

Влияние свойств песка на прочность конструкционного керамзитобетона

Исследование влияния свойств песка на прочность конструкционного керамзитобетона осуществляли в два этапа. На первом методом математического планирования оптимизировали составы бетона на керамзите различного гранулометрического состава и прочность при различном расходе цемента в зависимости от вида песка. При этом варьировали четыре фактора на трех уровнях — расход цемента $X_1 = C$ — от 260 до 580 кг/м³; количество керамзитового гравия $X_2 = K$ — от 500 до 900 л/м³; фракционный состав керамзита X_3 — от 5—10 до 10—20 мм; вид песка X_4 — от 100% керамзитового до 100% кварцевого.

Керамзит Волгоградского завода фракции 5—10 и 10—20 мм прочностью $R_{ц} = 4,2$ и 2,9 МПа имел насыпную объемную массу $\gamma_n = 725$ и 650 кг/м³. В качестве мелкого заполнителя использовали кварцевый и керамзитовый песок с $M_{кр} = 1,8$. Вяжущим служил портландцемент Себряковского завода марки 400. Жесткость бетонной смеси всех составов составляла 15 с. Из растворной части каждого замеса формовали образцы.

Прочность определяли испытанием пропаренных образцов-кубов с ребром 15 см и призм размером 10×10×40 см из бетона, а также кубов с ребром 7 см и призм размером 4×4×16 см из растворной части. Кубы испытывали на прочность при сжатии бетона R_6 и растворной части $R_{р.ч}$, а балочки — на растяжение при изгибе (R_6^u и $R_{р.ч}^u$).

По данным о прочности образцов после тепловлажной обработки в возрасте 28 сут, были получены зависимости вида $Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4)$, которые позволили проанализировать влияние каждого фактора при постоянном уровне остальных на искомую характеристику. На рис. 1 приведены зависимости $R_6 = f(C)$ и $R_{р.ч} = f(C)$ при сжатии для бетона на керамзитовом гравии фракций 10—20 и 5—10 мм при расходе 900 и 500 и различном песке.

В результате экспериментов установ-

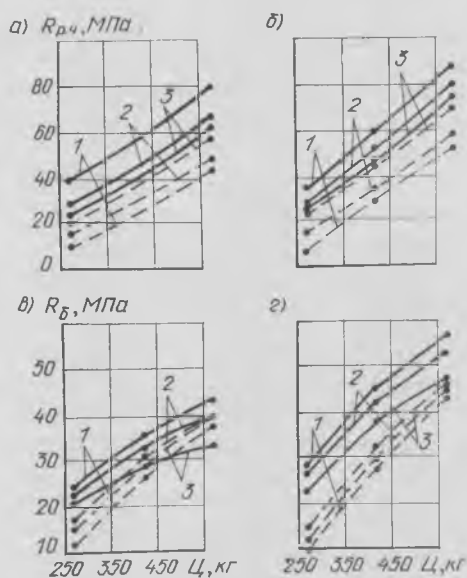


Рис. 1. Зависимость прочности при сжатии конструкционного керамзитобетона и его растворной части от расхода цемента

а, б — растворная часть керамзитобетона; в, г — керамзитобетон; а, в — керамзитовый гравий фракции 10—20 мм; б, г — то же, фракции 5—10 мм; 1 — на кварцевом песке; 2 — на смеси кварцевого и керамзитового песка (состава 1:1); 3 — на керамзитовом песке; — — — $K=900$; — — — $K=500$

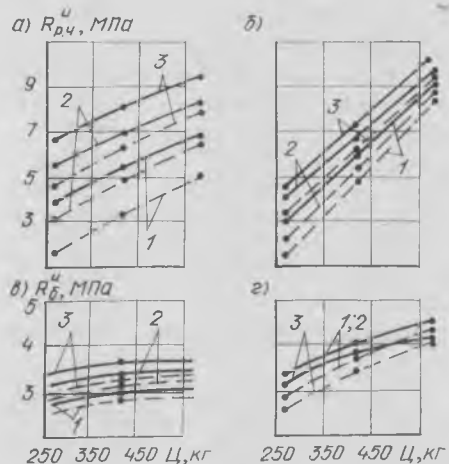


Рис. 2. Зависимость прочности на растяжение при изгибе конструкционного керамзитобетона и его растворной части от расхода цемента
Условные обозначения см. на рис. 1

лено, что истинное B/C уменьшается с увеличением расхода цемента C , керамзитового гравия K и его крупности (при прочих одинаковых факторах), что повышает прочность растворной части. При перемешивании в бетоносмесителе образуются 3—10% пылевидных фракций от керамзита и песка, существенно влияющих на прочность растворной части [1, 2]. Уменьшение K , а следовательно, повышение расхода песка, по-разному влияет на $R_{р.ч}$ и R_6 в зависимости от свойств песка. $R_{р.ч}$ снижается из-за увеличения B/C , а количество пылевидной фракции изменяется в зависимости от вида песка. При использовании обжигового керамзитового песка количество пылевидной фракции возрастает вследствие увеличения расхода песка, что способствует повышению $R_{р.ч}$ по мере уменьшения K . При аналогичном уменьшении K и использовании кварцевого песка пылевидная фракция образуется только от керамзита, поэтому ее количество уменьшается, что обуславливает снижение $R_{р.ч}$. Однако сам кварцевый песок обеспечивает повышение $R_{р.ч}$ в связи со значительно большей его прочностью по сравнению с керамзитовым.

В составах на кварцевом песке при уменьшении K с 900 до 500 $R_{р.ч}$ снижается от 1,7 (при $C=580$), до 4—6 (при $C=260$) раз. В составах на керамзитовом песке аналогичное уменьшение K в связи с противоположным действием увеличивающегося количества менее прочного пористого песка и пылевидной фракции разница в величине $R_{р.ч}$ нивелируется и не превосходит 15%. В результате в составах с $K=900$ наибольшую прочность имеет растворная часть бетонов на кварцевом песке (на 45—75% больше, чем на керамзитовом песке при $C=260$ и на 20—25% при $C=580$); при $K=500$ наибольшую прочность имеет растворная часть бетонов на керамзитовом песке (в 2,8—4,7 раза при $C=260$ и в 1,2—1,5 раза при $C=580$).

Изменение крупности фракции керамзитового гравия несущественно влияет на прочность растворной части бетонов, поскольку при этом незначительно изменяется B/C и количество пылевидной фракции.

Поскольку керамзит имеет меньшую прочность, чем $R_{р.ч}$, то R_6 снижается по отношению к $R_{р.ч}$ тем в большей степени, чем больше K . При $K=900$ это различие на кварцевом песке в 1,4 раза при $C=260$ и в 1,8 раза при $C=580$, а на керамзитовом — соответственно в 1,15 и 1,75 раза. При $K=500$ различие существенно меньше и не превышает на кварцевом песке 20%, а на керамзитовом — соответственно в 1,15 и 1,75 раза.

вом 35%. В результате зависимости $R_6 = f(\Pi)$ аналогичны для $R_{p,q} = f(\Pi)$: при $K=900$ наибольшая прочность соответствует составам на кварцевом песке, а при $K=500$ — на керамзитовом. R_6 для составов на кварцевом песке снижается с уменьшением K , а на керамзитовом увеличивается.

Таким образом, наибольшая прочность бетона при сжатии при равном Π соответствует составам на кварцевом песке при $K=900$.

На рис. 2 приведены графики зависимости прочности бетона при изгибе $R_6'' = f(\Pi)$ и растворной части $R_{p,q}'' = f(\Pi)$, аналогичные показанным на рис. 1 для прочности при сжатии. Характер этих зависимостей такой же, как и при сжатии (R_6'' и $R_{p,q}''$ возрастают с увеличением Π). Однако для растворной части влияние свойств песка при $K=900$ различно при сжатии и изгибе. Если при сжатии наибольшую прочность имеют составы на кварцевом песке при равном Π (см. рис. 1), то при изгибе — на керамзитовом (см. рис. 2). При $K=500$ наибольшие $R_{p,q}''$ получены на керамзитовом песке (см. рис. 2), т. е. так же, как при сжатии (см. рис. 1). Это свидетельствует о том, что при $K=900$ преобладают такие свойства растворной части на керамзитовом песке, как лучшее сцепление цементного камня с керамзитовым песком по сравнению с кварцевым [2], а также то, что прочность керамзитового песка при растяжении, очевидно, не менее прочности сцепления кварцевого песка с цементным камнем.

Величина $R_{p,q}''$ на керамзитовом песке больше, чем на кварцевом: при использовании керамзитового гравия фракции 10—20 мм — на 43% при $K=900$ и на 82% при $K=500$, а при фракции 5—10 мм — лишь на 25% при $K=900$ и на 28% при $K=500$. Следовательно, во втором случае кривые $R_{p,q}'' = f(\Pi)$ на исследуемых песках лежат существенно ближе друг к другу, т. е. имеют более близкие значения, чем при использовании гравия фракции 10—20 мм.

В связи с этим для бетонов порядок расположения кривых $R_6'' = f(\Pi)$ в зависимости от вида песка при различных фракциях различен. Это обусловлено тем, что наличие керамзитового гравия в бетоне снижает R_6'' по сравнению с $R_{p,q}''$ не только из-за меньшей прочности гравия по сравнению с песком, но и в связи с отрицательным действием внутренних растягивающих напряжений, возникающих на контакте с гравием от усадки растворной части. Поскольку усадка растворной части на керамзитовом

песке больше, чем на кварцевом, то снижение прочности бетона по сравнению с прочностью растворной части на керамзитовом песке больше, чем на кварцевом.

При $K=900$ снижение на керамзитовом песке составляет 2,3 и 2, а на кварцевом — 1,8 и 1,5 соответственно при керамзите фракций 10—20 и 5—10 мм, поэтому при достаточно близком расположении кривых $R_{p,q}'' = f(\Pi)$ в случае использования керамзитового гравия фракции 5—10 мм присутствие его в бетоне меняет расположение кривых $R_6'' = f(\Pi)$ по отношению к $R_{p,q}''$. Значительно большее снижение прочности бетона при изгибе на керамзитовом песке, чем на кварцевом, приводит к тому, что кривые $R_6'' = f(\Pi)$ для кварцевого песка лежат выше.

В керамзитобетоне на гравии фракции 10—20 мм, несмотря на большое снижение кривых $R_6'' = f(\Pi)$ по сравнению с $R_{p,q}''$, порядок расположения кривых $R_6'' = f(\Pi)$ остается таким же, как и у кривых $R_{p,q}'' = f(\Pi)$, т. е. наибольшая прочность отмечается у составов на керамзитовом песке. Это обусловлено тем, что кривые $R_{p,q}'' = f(\Pi)$ на исследуемых песках в этом случае лежат на значительно большем расстоянии друг от друга, чем в случае применения керамзитового гравия фракции 10—20 мм. Аналогичная картина наблюдается в керамзитобетоне при $K=500$.

В связи с этим максимальные значения R_6'' в случае использования более прочного керамзита (фракции 5—10 мм) отмечается при использовании кварцевого песка при любом расходе K . При использовании менее прочного керамзита (фракции 10—20 мм) большую прочность при изгибе имеют составы бетона на керамзитовом песке.

Прочностные характеристики бетонов и их растворной части на смеси песков имели промежуточные значения между соответствующими значениями для составов, изготовленных на кварцевом и керамзитовом песках. Аналогичными рассмотренным являются прочностные характеристики при использовании керамзита фракции 5—20 мм при $K=900$ и $K=500$, а также составы на керамзите фракции 10—20 и 5—10 мм при $K=700$.

На основании данных о прочности при сжатии бетона и его объемной массы определены коэффициенты конструктивного качества бетона ($k.k.k. = \frac{R_6}{\gamma_6}$, по которому обычно сопоставляют бетоны, отличающиеся по этим показателям).

Величина к.к.к. повышается с увеличением марки бетона. При одной и той же марке бетона к.к.к. возрастает при снижении насыпной объемной массы песка. Так, для керамзитобетона марок 200—400 на кварцевом песке к.к.к. = 14...26. При замене на керамзитовый песок ($\gamma_n = 1100...850 \text{ кг/м}^3$) к.к.к. повышается на 7—25%, керамзитовый песок ($\gamma_n = 850 \text{ кг/м}^3$) — на 25%.

Выводы

Наибольшей прочностью на сжатие независимо от фракции гравия при $K=900$ обладает керамзитобетон на кварцевом песке, а при $K=500$ — на керамзитовом песке.

Максимальную прочность на растяжение при изгибе при $K=900$ и $K=500$ имеет керамзитобетон на керамзитовом песке в случае использования гравия фракции 10—20 мм и на кварцевом песке при гравии фракции 5—10 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изменение прочностных свойств керамзитобетона в зависимости от его состава при равноконсистентных бетонных смесях/Г. А. Бужевич, Г. П. Курасова, Э. Г. Соркин и др. — В сб. трудов НИИЖБ: Новое в технологиях легких бетонов на пористых заполнителях, вып. 25, 1975.
2. Курасова Л. П. Роль пористого заполнителя в формировании микроструктуры и прочностных свойств керамзитобетона. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. М., 1978 (НИИЖБ).

Новые книги Стройиздата

Новиков И. Т. Научно-технический прогресс в строительстве. 2-е изд., перераб. и доп. — М., Стройиздат, 1983.

Булгаков С. Н. Технологичность железобетонных конструкций и проектных решений. — М., Стройиздат, 1983.

Новая техника, рационализация и изобретательство в капитальном строительстве/Я. С. Гольдин, М. Г. Минц, А. Т. Бруков, Ю. Л. Бобров. — М., Стройиздат, 1983.

Заваров А. И. Комплексная система управления качеством строительного проектирования. — М., Стройиздат, 1983.

Лебедев А. А. Воспроизводство производственных фондов строительства. — М., Стройиздат, 1983.

Н. Ф. ШЕСТЕРКИНА, канд. техн. наук; Н. П. ЛЕДНЕВА, В. В. ОРДИАН, инженеры (НИИЖБ)

Коррозионная стойкость полимерсиликатного керамзитобетона в сернокислотной среде

Известно, что бетоны на основе жидкого стекла с модифицирующими добавками, а также кислотостойкими наполнителями и заполнителями характеризуются высокой стойкостью к воздействию большинства минеральных и органических кислот [1, 2]. Однако коррозионная стойкость полимерсиликатных бетонов на искусственных пористых заполнителях изучена недостаточно, а имеющиеся данные часто противоречивы. Одни авторы отмечают сравнительно высокую кислотостойкость полимерсиликатных керамзитобетонов [3], другие указывают на заметное снижение прочности и разрушение керамзитобетона при воздействии растворов серной кислоты, поэтому в НИИЖБ исследовали коррозионную стойкость полимерсиликатных керамзитобетонов на жидком стекле в растворах H_2SO_4 .

В качестве вяжущего применяли натриевое жидкое стекло с силикатным модулем 2,72, плотностью 1,4 г/см³, отвечающее требованиям ГОСТ 13078—67. Инициатор твердения — кремнефтористый натрий, соответствующий ГОСТ 87—66. Полимерной добавкой служил фуриловый спирт по ОСТ 59-127-73. В качестве наполнителя использовали андезитовую муку по ТУ 6-12-101-77, мелкого заполнителя — кварцевый песок ГОСТ 8736—77. Крупным заполнителем являлся керамзитовый гравий Бандыханского месторождения Самаркандского керамзитового узла фракции 5—10 мм.

Плотность, г/см ³	2,51
Насыпная объемная масса, кг/м ³	885
Объемная масса зерен, г/см ³	1,72
Объем межзерновых пустот, %	48,5
Пористость зерен, %	32
Влажность, %	0,5
Водопоглощение, %	1,5
Прочность (сдавливанием в цилиндре), МПа	5,58

Химический состав керамзитового гравия следующий: SiO_2 — 62,12; CaO — 4,87; K_2O — 3,45; Fe_2O_3 — 7,82; MgO — 1,75; Na_2O — 1,13; Al_2O_3 — 17,8; SO_3 — 1,00; п. п. п. — 0,12% по массе.

Оптимальный состав бетона подобрали на основании метода математического планирования эксперимента исходя из условия достижения наибольшей

прочности и плотности бетона при объемной массе не более 1800 кг/м³.

В состав бетона входили жидкое стекло — 12,7; фуриловый спирт — 0,4; кремнефтористый натрий — 1,9; андезитовая мука — 17,9; кварцевый песок — 31,3; керамзитовый гравий — 35,8% по массе.

Коррозионную стойкость керамзитобетона изучали на образцах-кубах с ребром 7 см, погруженных в воду, и 30%-ный раствор H_2SO_4 .

В процессе выдерживания фиксировали изменение массы образцов, прочности и внешнего вида. После 4 мес хранения в воде не обнаружено видимых изменений, водопоглощение составило не более 3%, а потери прочности не превысили 10—15%. Образцы, помещенные в 30%-ный раствор H_2SO_4 , после этого срока разрушились. Образовавшиеся на образцах трещины расположены в поверхностном слое бетона и распространяются на глубину не более 5—10 мм. В трещинах обнаружены рыхлые новообразования белого цвета, которые исследовали под световым микроскопом в иммерсионных жидкостях. Диагностику минеральных фаз проводили с учетом отличительных оптических свойств и других характерных признаков.

Новообразования в образцах оказались кристаллами гипса $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Они представляют собой таблитчатые или тонкопризматические до игольчатых кристаллы, образующие характерные для гипса двойники в виде «ласточкина хвоста». Кристаллы имеют показатель светопреломления $N_p = 1,521$; $N_d = 1,530$, слабое двупреломление $N_d - N_p = 0,009$ и косое погасание.

Для получения более достоверных данных повторно испытывали керамзитобетонные образцы серии II того же состава в 30%-ном растворе H_2SO_4 . С целью сокращения времени проведения экспериментов и создания более жестких условий был принят циклический режим: нагрев до кипения, кипячение в растворе H_2SO_4 5 ч, охлаждение до комнатной температуры. Образцы испы-

тывали в течение недели, после чего выдерживали в этой среде в течение двух месяцев при комнатной температуре. Характер разрушения образцов оказался аналогичным разрушению образцов серии I. Под бинокулярной лупой на стенках образцов хорошо видны бесцветные кристаллы призматического габитуса, а в теле бетона повсеместно обнаружены рыхлые мучнистые агрегаты белого цвета. В иммерсионных препаратах в прозрачных образованиях отмечено присутствие кристаллов гидросульфата алюмината кальция (этtringита): $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$. Кристаллы размером 200—300 мкм игольчатые с совершенной спайностью, показатели светопреломления $N_o = 1,465$; $N_e = 1,461$, погасание прямое. В мучнистых агрегатах белого цвета в иммерсионных препаратах присутствуют кристаллы гипса и этtringита.

Результаты микроскопических исследований подтверждаются данными рентгено-фазового анализа. На рентгенограмме образца № 1 (рыхлые новообразования белого цвета) отмечаются линии, характерные для гипса с межплоскостными расстояниями d , равными 7,56; 4,36; 3,07; 2,89; 2,07 Å. На рентгенограмме образца № 2 (бесцветные прозрачные кристаллы) — линии, типичные для этtringита с d , составляющим 9,8; 5,61; 3,88; 2,77 Å.

В результате изучения коррозионной стойкости полимерсиликатного бетона установлено, что бетон на жидком стекле и керамзитовом гравии разрушается от действия концентрированной серной кислоты. Причиной этого явления является коррозионная активность керамзитового заполнителя.

Керамзитовый гравий как стеклокристаллический материал, в стекловидной фазе которого преобладают кислые окислы (не менее 60—70% SiO_2), характеризуется умеренной кислотостойкостью и значительно более низкой щелочестойкостью. После воздействия 10- и 30%-ного растворов H_2SO_4 за первые 3 мес он несколько увеличивает массу вслед-

стве образующихся нерастворимых сульфатов и коагуляции ими пор. В дальнейшем наблюдается потеря массы, достигающая к 12 мес 5—7%. Прочность гранул в течение года снижается монотонно, и в конечном итоге коэффициент стойкости составляет 70—80%.

Потеря прочности гранулами керамзита связана с нарушением их структуры. При этом в кислые растворы переходят полутонкие окислы (в основном железистые) и частично окислы щелочных и щелочноземельных металлов.

Ранее отмечалось, что глубина проницаемости 30%-ного раствора H_2SO_4 в полимерсиликатные бетоны на легких заполнителях составляет 4—9 мм [3]. Таким образом, в результате проникновения кислоты полимерсиликатный керамзитобетон в поверхностном слое бетона из зерен керамзитового гравия переходит в раствор окислов Ca, Mg и Al, образуя в присутствии иона SO_4^{2-} кристаллы гипса и гидросульфата алюмината, увеличивающиеся в объеме и

приводящие к растрескиванию и отслоению поверхностных слоев бетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мастики, полимербетоны и полимерсиликаты / В. В. Патуров, И. Е. Путляев, И. Б. Уварова и др. М., Стройиздат, 1975.
2. Ким И. Л. Изыскание кислотопроницаемых замазок, растворов и бетонов на основе жидкого стекла с добавкой спирта для кислотостойких полов. — Автореферат дисс. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. М., 1974 (НИИЖБ).
3. Химическая стойкость легких бетонов на жидком стекле / В. И. Павлов, П. Азизов, И. Е. Путляев, Н. Ф. Шестеркина. — Бетон и железобетон, 1980, № 12.

УДК 691.327:666.973.2

Р. Р. ЮСУПОВ, канд. техн. наук; Ш. ШАДЖАЛИЛОВ, инж. (ТашЗНИИЭП)

Конструктивные свойства керамзитобетона с использованием мелкого песка

В настоящее время в Калмыцкой АССР выпускаются и осваиваются железобетонные изделия широкой номенклатуры различного назначения из керамзитобетона с использованием местного керамзита с объемно-насыпной массой 550—570 кг/м³, прочностью при сдавливании в цилиндре 3—3,8 МПа и мелкого степного песка с $M_{кр}=1,5—1,7$. Отсутствие песка нормальной гранулометрии для получения конструктивного керамзитобетона марки М200 и более вынуждает идти на перерасход вяжущего. В соответствии с требованиями [1] в легких бетонах следует использовать песок с $M_{кр}>1,8$, более мелкие пески могут повлиять на формирование структуры и физико-механических свойств бетона.

В связи с этим в ТашЗНИИЭП проведен поиск рациональных составов керамзитобетона с использованием вышеотмеченных материалов и изучены особенности его конструктивных свойств.

Из теории прочности легких бетонов на пористых заполнителях известно, что высокую прочность можно получить в

бетонах с «плавающей» структурой крупного заполнителя, т. е. предпочтение отдается повышению содержания растворной составляющей. При разработке оптимальных составов керамзитобетона был изменен принцип подбора состава легкого конструктивного бетона, позволяющий получить высокую прочность при минимальном расходе вяжущего. Предложенный принцип основан на максимальном насыщении объема легкого бетона крупным заполнителем (расход до 1 м³/м³ бетона). Увеличение содержания крупного заполнителя при постоянном или несколько уменьшенном расходе вяжущего позволяет сократить расход песка, что приводит к повышению прочности растворной составляющей и, следовательно, к повышению (до определенного предела) прочности бетона. При этом высокая прочность достигается при сравнительно низкой объемной массе [2].

Увеличение объема крупного заполнителя также положительно влияет на формирование структуры керамзитобетона. Во-первых, увеличивается объем

воды, отсасываемой зернами заполнителя из цементного теста, что приводит к получению более плотной структуры контактной зоны и промежуточных слоев цементного камня, а также способствует дальнейшему проявлению процессов гидратации цемента. Во-вторых, как известно, контактная зона в легких бетонах является наиболее прочной составляющей, а повышение содержания крупного заполнителя приводит к увеличению ее удельной поверхности и повышению однородности цементного камня, что соответственно повышает прочность керамзитобетона в целом при меньших расходах вяжущего.

Составы керамзитобетона, подобранные по этому принципу с использованием портландцемента активностью 41,5 МПа, приведены в таблице. Полученные составы имеют меньший расход цемента (10—20%) по сравнению с рекомендуемым СН 386-74.

Для изучения прочностных и деформативных свойств керамзитобетона в групповых металлических формах были изготовлены опытные образцы-кубы с размерами ребра 10, 15 и 20 см, а также призмы размерами 10×10×40, 15×15×60, 20×20×80 см. После хранения в стабильных температурно-влажностных условиях ($\theta=80\pm5\%$; $T=20\pm2^\circ C$) образцы испытывали под кратковременной нагрузкой в различном возрасте по методике ГОСТ 24452—80.

Практический интерес представляют результаты опытов по определению ко-

№ состава	Расход составляющих на 1 м³ бетона						В/Ц	R _б ²⁸ , МПа	Объемная масса бетона в естествен- ном состояни- и в возрасте 28 сут, кг/м³
	цемента, кг	песка, кг	керамзита в л, фракции, мм			воды, л			
			0—5	5—10	10—20				
1	275/350	520	130	400	600	178	0,65	21,2	1520
2	350/440	500	117	400	560	200	0,57	24,1	1635
3	475/540	600	—	300	540	245	0,52	29,8	1710

Примечания: 1. Перед чертой по предложенному принципу, после черты — по СН 386-74.
2. Подвижность бетонных смесей для всех составов равна 2—4 см.

эффекта призмной прочности $K_{п.п} = \frac{R_{п.п}}{R}$, данные по которым для керамзитобетона в настоящее время многочисленны и противоречивы. Например, согласно СНиП II-21-75, это соотношение рекомендуется назначать по единой формуле для тяжелых и легких бетонов, по данным статистической обработки [3] — принимать равным 0,94, в соответствии с [4] — 0,9.

Анализ результатов проведенных исследований (рис. 1) показывает, что значение $K_{п.п}$ для такого керамзитобетона изменяется в пределах 0,71—0,95 независимо от размеров образцов. При этом установлено наличие тесной связи между $R_{п.п}$ и R (коэффициент вариации 7,1%), а уравнение регрессии для аппроксимации опытных точек принимает вид

$$R_{п.п} = 0,83 R. \quad (1)$$

Зависимость модуля упругости легкого бетона от прочности и объемной массы используется при нормировании упругих характеристик и включена в методику СНиП II-21-75, а также рекомендуется различными авторами. Значение модуля упругости исследованного керамзитобетона, полученное при испытании образцов различных сечений в возрасте от 7 до 360 сут, подтверждает справедливость принятой в нормах зависимости.

Результаты статистической обработки опытных данных по испытанным образцам 42 серий с использованием имеющихся методик показали, что наилучшее совпадение опытных и расчетных значений модуля упругости керамзитобетона обеспечивает методика СНиП II-21-75. Их среднее значение составило 0,96 при коэффициенте вариации 6%, т. е. прослеживается небольшое его снижение по сравнению с нормами. Это объясняется повышенной сжимаемостью,

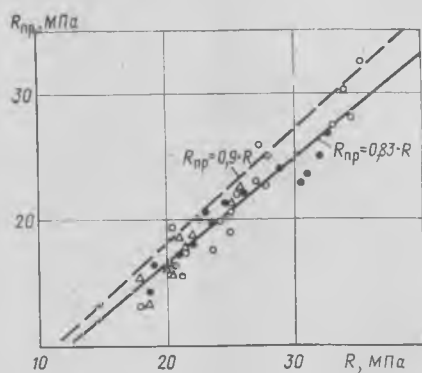


Рис. 1. Зависимость между призмной $R_{п.п}$ и кубиковой R прочностью керамзитобетона
○ — для образцов сечением 10×10 см; ● — то же, 15×15 см; △ — то же, 20×20 см;
— — — по формуле, предложенной в [4]

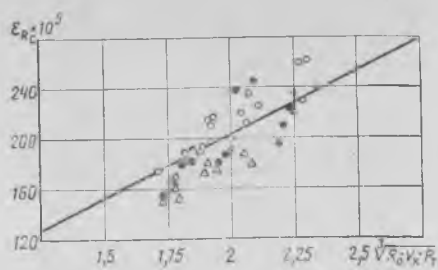


Рис. 2. Зависимость предельной сжимаемости ϵ_{R_c} керамзитобетона от $\sqrt[3]{R_0 V_k P_T}$
Условные обозначения те же, что и на рис. 1

а также пониженной объемной массой керамзитобетона, которые необходимо учитывать в расчетах конструкций.

Такой подход к нормированию модуля упругости керамзитобетона вполне оправдан, так как его прочность и объемная масса взаимосвязаны с основными технологическими и конструктивными факторами, а также структурными характеристиками, влияющими на модуль упругости.

Предельная сжимаемость керамзитобетона зависит в основном от прочности бетона к моменту испытания. Аналогичный подход сделан в работах [3, 4]. Между тем, как показывает анализ полученных данных, наилучшее совпадение опытных и расчетных значений ϵ_{R_c} обеспечивается при отказе от однозначной зависимости и учете влияния других характеристик бетона. Например, предельная сжимаемость исследуемого керамзитобетона зависит от расхода крупного заполнителя и удельного содержания цементного теста в бетонной смеси (рис. 2). Увеличение объема крупного заполнителя в сочетании с использованием мелкого песка, приводящее к соответствующему уменьшению объемной массы, повышает предельную сжимаемость керамзитобетона примерно на 10—15%.

Испытаниями керамзитобетона, прочность которого изменялась от 17,9 до 35,2 МПа, установлена достаточно широкая изменчивость предельной сжимаемости, находящейся в пределах $(151—262) \cdot 10^{-5}$, и выявлена корреляционная зависимость (коэффициент вариации 7,92%) для расчетного определения ϵ_{R_c} :

$$\epsilon_{R_c} = K_e \sqrt[3]{R_0 V_k P_T}, \quad (2)$$

где R_0 — прочность керамзитобетона к моменту испытания; V_k — расход крупного заполнителя; P_T — удельное (по массе) содержание цементного теста в

бетонной смеси; K_e — постоянный коэффициент, равный $102 \cdot 10^{-5}$.

Прочность сцепления арматуры с керамзитобетоном изучали на центрально-армированных образцах размером $15 \times 15 \times 30$ см с использованием стержней гладкого и периодического профиля диаметром 10—16 мм. Образцы дополнительно армировали спиральными хомутами, предотвращающими разрывы бетона при выдергивании стержня.

Анализ полученных данных показал, что прочность сцепления арматуры с керамзитобетоном изменяется в зависимости от прочности бетона и профиля арматуры. Кроме этих факторов на прочность сцепления определяющее влияние оказывает удельное содержание цементного теста в бетонной смеси, от которого зависит адгезионная способность контактной зоны арматуры с бетоном. На основе обработки экспериментальных данных выведена зависимость для определения прочности сцепления $\tau_{сц}$:

$$\tau_{сц} = 1,9 K_a P_T \sqrt{R_0}, \quad (3)$$

где P_T — удельное (по массе) содержание цементного теста в бетонной смеси; R_0 — прочность бетона в момент испытания ($R_0 \geq R_{28}$); $K_a = 1$ — для гладкой арматуры; $K_a = 1,9$ — для арматуры с периодическим профилем.

Результаты настоящих исследований будут способствовать более правильной оценке напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций из керамзитобетона на основе местных материалов, и следовательно, более рациональному их проектированию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по подбору состава конструктивных легких бетонов на пористых заполнителях. М., Стройиздат, 1975.
2. Ходжаев С. А. Технологические особенности напрягающего керамзитобетона для железобетонных кровельных панелей безрулонных крыш. Автореф. дисс. на соиск. ученой степени канд. техн. наук. М., 1981.
3. Курасова Г. П. Свойства конструктивного керамзитобетона марок 200—500. — В кн.: Легкие и ячеистые бетоны и конструкции из них. М., НИИЖБ, 1970.
4. Мешкаускас Ю. И. Конструктивный керамзитобетон. М., Стройиздат, 1977.

Прочность сжатых шунгизитобетонных элементов при длительной нагрузке

Наша страна располагает большими запасами углистых, битуминозных и хлоритовых сланцев. По степени изученности особое промышленное значение имеют шунгитовые карельские сланцы. Использование их в качестве сырья для производства легкого заполнителя (шунгизита) очень важно для развития строительства в северных, северо-западных и центральных районах.

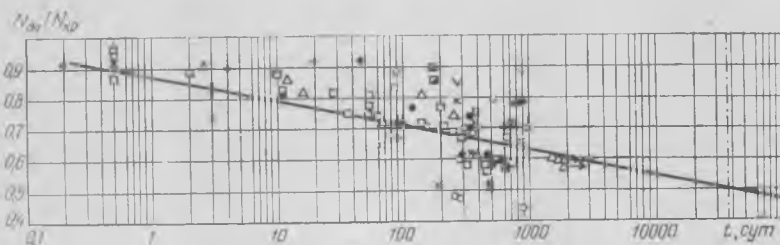
Необходимость исследований была вызвана не только отсутствием экспериментальных данных по сжатым шунгизитобетонным элементам, но и весьма ограниченными сведениями о длительных испытаниях гибких сжатых элементов из легких бетонов. Кроме того она обусловлена особенностью бетонной смеси, из которой изготавливают внутренние межкомнатные перегородки в вертикальных кассетах ($O.K.=8$ см), а также проверкой приемлемости теоретического подхода [1, 2] к расчету несущей способности гибких сжатых шунгизитобетонных элементов при длительном действии нагрузки.

Опытные образцы были приняты в виде фрагментов внутриквартирных несущих стен высотой 2,8 м с поперечным сечением 12×24 см. Армирование назначено конструктивно из четырех стержней диаметром 5 мм, объединенных в каркас хомутами диаметром 4 мм из стали класса В-1. Прочность бетона

опытных образцов варьировали от 15 до 25 МПа. Эксцентриситет приложения нагрузки принят в пределах упругого ядра сечения ($0,05h$), что близко к величине случайного эксцентриситета. При этом появилась возможность сопоставления полученных данных с результатами испытаний гибких элементов из других видов бетонов. Прочность бетона контролировали испытанием кубов, призм и оставшихся неразрушенными концевых участков гибких элементов высотой около 1 м. 15 гибких элементов нагружали кратковременной и 14 длительно действующей нагрузкой. Кратковременные испытания проводили для установления величины длительной нагрузки. Эксперимент выполняли с образцами из бетона (твердение естественное) в возрасте более 100 сут. Как известно, длительное действие нагрузки снижает несущую способность гибких элементов. При расчете таких элементов по СНиП II-21-75 это снижение учитывается для расчетного срока эксплуатации сооружений (100—150 лет). Согласно работе [3], несущая способность гибкой ($I_0/h=30$) центрально-сжатой бетонной колонны из тяжелого бетона снижается к расчетному периоду в 2 раза. При расчете прочности гибких сжатых элементов по СНиП II-21-75 с учетом длительного действия нагрузки

учитывается коэффициент β , отражающий деформативные свойства бетона во времени. Для некоторых бетонов β нормируется СНиП, однако для шунгизитобетона таких данных нет. При составлении Рекомендаций [4], не имея опытных результатов по длительным испытаниям гибких элементов, для шунгизитобетона принят $\beta=2,5$ (для керамзитобетона $\beta=1$).

Гибкие элементы нагружали в пружинных установках. Из 14 образцов, нагруженных длительной нагрузкой, разрушились 10, остальные находятся под нагрузкой около 5 лет. В зависимости от уровня нагрузки образцы разрушились через 2,6—814 сут. Один из образцов разрушился через 10 мин, поэтому его считали загруженным кратковременной нагрузкой. Поскольку при проектировании учитывается большой срок службы сооружений, то для установления снижения несущей способности гибких шунгизитобетонных образцов проведена линейная экстраполяция на 100 лет опытных данных по испытанию образцов в срок до 5 лет. Результаты испытаний гибких элементов из легких бетонов по данным разных авторов представлены на рисунке. Наклонная линия на графике характеризует снижение несущей способности опытных образцов во времени. Для шунгизитобетонных гибких элементов снижение несущей способности к 100 годам составит около 50% кратковременной несущей способности. Исходя из опытных данных (см. рисунок) несущая способность гибких сжатых элементов из тяжелого бетона, керамзитобетона и шунгизитобетона на кварцевом песке снижается от длительного действия постоянной нагрузки примерно одинаково по отношению к кратковременной разрушающей и составляет к расчетному периоду $0,5N_{кр}$, поэтому для этих бетонов можно принять $\beta=1$. Предполагаемую опытную разрушающую нагрузку гибких шунгизитобетонных элементов к 100 годам, установленную экстраполяцией опытных данных, равной $0,5N_{кр}$, сопоставляли с вычисленной по СНиП при $\beta=1...2,5$. Хорошее соответствие предполагаемой опытной разрушающей нагрузки и теор-



Долговременная несущая способность гибких сжатых бетонных элементов

Δ — шунгизитобетон; $\Delta \rightarrow$ — образец не разрушился ($\lambda=23$; $e_0/h=0,05$; $R_{пр}=16,3 \dots 23,2$ МПа); $\square$ — керамзитобетон ($\lambda=21 \dots 25$; $e_0/h=0,17 \dots 0,2$; $R_{пр}=8,7 \dots 13,5$ МПа); $\circ$ — керамзитобетон (песок керамзитовый); $\bullet$ — керамзитобетон ($\lambda=23 \dots 32$; $e_0/h=0,02 \dots 0,27$; $R_{пр}=10,5 \dots 20$ МПа); $\times$ — керамзитопемзобетон ($\lambda=16 \dots 18$; $e_0/h=0,05$; $R_{пр}=7,8 \dots 10,3$ МПа); $\blacksquare$ — керамзитогазобетон ($\lambda=16$; $e_0/h=0,1 \dots 0,27$; $R_{пр}=6,9 \dots 23,2$ МПа); ∇ — шлакопемзобетон (песок шлакопемзовый; $\lambda=22,3$; $e_0/h=0,17$; $0,25$; $R_{пр}=10,5$; $21,8$ МПа); — — — тяжелый бетон ($\lambda=30$; $e_0/h=0$; $R_{пр}=22 \dots 39$ МПа), по данным [3, 5]; — — — соответствует $t=100$ лет

ретической отмечалось при $\beta=1$. Такое же значение β принято в нормах для бетонов на пористых заполнителях и плотном песке, а также для тяжелых бетонов, что значительно меньше $\beta=2,5$ для шунгизитобетона [4].

При расчете по Рекомендациям [4] требуемая толщина несущей внутренней межкомнатной стеновой панели составляет 14 см, а по приведенным рекомендациям — 12 см, т. е. обеспечивается снижение толщины стены на 15%, стоимости — на 0,5 р/м².

В соответствии с работой [3], была приближенно оценена длительная несущая способность гибких элементов исходя из предельной характеристики ползучести ($\varphi_\infty=2$), полученной при испытании призм. При этом среднее значение $\beta=1,8$ больше найденного по результатам длительных испытаний гибких элементов, а теоретические значения несущей способности меньше на 35% предполагаемых опытных к 100 годам ($N_{дл}^{оп}=0,5N_{кр}$). По данным статьи [3], предельная характеристика ползучести тяжелого бетона естественного твердения равна двум. Если принять половину предельной характеристики ползучести шунгизитобетона, как это сделано для тяжелого бетона в работе [3], то $\beta=1$, и сопоставляемые значения несущей способности гибких элементов практически совпадают.

Сопоставление экспериментальных результатов испытания гибких элементов, разрушившихся в течение 814 сут, с теоретическими, в соответствии с Рекомендациями [2], выявило существенные

различия — образцы разрушались при более длительном выдерживании, чем по расчету. Экстраполяцией экспериментальных результатов до расчетного срока 100 лет установлено снижение несущей способности в два раза по сравнению с кратковременным действием нагрузки. Эта величина близка к расчетной (0,52), получаемой в соответствии с положениями работы [2].

Предложенный в источнике [2] теоретический метод использовали для проведения численного эксперимента по анализу влияния гибкости, эксцентрициитета и армирования на отношение несущей способности гибких элементов в 100 лет к кратковременной разрушающей нагрузке. Расчеты выполнены на ЭВМ М-220 по программам [2]. В результате анализа установлено, что уровень нагрузки снижается с увеличением гибкости, с уменьшением начального эксцентрициитета и процента армирования, что соответствует данным, полученным для гибких элементов из тяжелого бетона [2, 3, 5]. Расчет, в соответствии с рекомендациями работы [2], дает большие величины разрушающих нагрузок, чем СНиП II-21-75. Наименьшее различие отмечается при $\beta=1$, причем для бетонных и слабоармированных ($\mu=0,25\%$) элементов оно не превышает 30%. Таким образом, и этот анализ дает основание принять для шунгизитобетона $\beta=1$ [4].

Выводы

По данным НИИЖБ, наибольшее значение длительно действующей нагрузки, которую может выдержать вне-

центренно-сжатый ($e_0/h=0,05$) шунгизитобетонный элемент гибкостью $l_0/h=23$ за расчетный период, составляет около 50% кратковременно действующей нагрузки.

Проведенные экспериментально-теоретические исследования дают основания назначить для шунгизитобетона $\beta=1$ вместо 2,5, принятый в Руководстве [4]. Следовательно, в СНиП II-21-75 и в Руководство [4] можно включить и шунгизит.

При расчете прочности гибких сжатых элементов, в соответствии с разработанными рекомендациями, по сравнению с предложениями, содержащимися в Руководстве [4], обеспечивается уменьшение толщины внутренних межкомнатных стеновых панелей на 15% и тем самым снижение стоимости стены на 0,5 р/м².

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гвоздев А. А., Чистяков Е. А., Шубик А. В. Исследование деформаций и несущей способности гибких сжатых железобетонных элементов с учетом длительного действия нагрузки. — В кн.: Прочность и жесткость железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1971.
2. Шубик А. В., Чистяков Е. А. Деформации и несущая способность сжатых элементов при длительном действии нагрузки. — В кн.: Предельные состояния элементов железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1976.
3. Чистяков Е. А., Беликов В. А. Изгиб и внецентренное сжатие коротких и гибких элементов. — Бетон и железобетон, 1971, № 5.
4. Руководство по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из бетонов на пористых заполнителях. М.: Стройиздат, 1978.
5. Таль К. Э., Чистяков Е. А. Экспериментальное исследование гибких железобетонных стержней при длительном нагружении. — В кн.: Исследование прочности, жесткости и трещиностойкости железобетонных конструкций. М.: Госстройиздат, 1962.

Информация

Читательская конференция

В апреле нынешнего года в Тбилиси редакция журнала «Бетон и железобетон» провела читательскую конференцию с членами Совета содействия журналу по Грузинской ССР, представителями научно-педагогической и инженерно-технической общественности города, общественными корреспондентами Стройиздата. На конференции присутствовали также участники республиканской школы-семинара «Новое в технологии производства предварительно напряженных железобетонных конструкций», проходившей в это время в Тбилиси. Всего в конференции участвовало около 120 специалистов.

Главный редактор журнала К. В. Михайлов рассказал участникам конференции о работе редакции за последние годы и о ее планах на текущую пятилетку. Он, в частности, отметил, что в соответствии с решениями XXVI съезда партии, майского и ноябрьского (1982 г.) Пленумов ЦК КПСС, редакция в настоящее время уделяет особое внимание публикации статей и материалов, освещающих передовой производственный опыт, вопросам экономного использования ресурсов, внедрения новых прогрессивных форм и методов планирования и организации труда на предприятиях сборного железобетона, стройках, в научно-исследовательских и проектно-конструкторских организациях. Необходимо увеличить объем публикации, отражающих вклад работников

промышленности сборного железобетона в решение задач, связанных с реализацией Продовольственной программы СССР.

Задача отраслевой строительной печати сегодня состоит в том, чтобы, занимая более активную позицию, публиковать больше материалов с конкретными, апробированными на практике предложениями, деловыми критическими замечаниями, с тем чтобы накопленный производственный опыт лучших коллективов быстрее приобретал гласность и становился достоянием всех.

Участники конференции, в целом положительно оценивая характер публикуемых в журнале материалов, высказали пожелания и отдельные замечания в адрес редакции и ее Совета содействия по ГССР, обсудили и приняли новый его состав.

В. В. ПАТУРОВЕВ, д-р техн. наук, проф. (НИИЖБ); Ю. И. ОРЛОВСКИЙ, канд. техн. наук (Львовский филиал НИИСМИ); В. П. МАНЗИЙ, инж. (Львовский политехнический ин-т)

Технология пропитки бетонных изделий расплавом серы

Исследования, выполненные в последние годы в СССР [1] и за рубежом [2], показали эффективность применения расплава серы в качестве пропиточной композиции. Схема пропитки бетона серой известна с 20-х годов [3], однако примеры практического применения весьма ограничены из-за отсутствия рекомендаций по технологии и необходимого оборудования.

НИИЖБ, Львовским филиалом НИИСМИ и Львовским политехническим институтом разработана и исследована технология пропитки мелкоразмерных бетонных изделий расплавом серы. Технология включает следующие операции: приготовление расплава серы и его подогрев до 150°C; сушка бетонных изделий до постоянной массы; пропитка по заданному режиму, извлечение и охлаждение изделий после пропитки.

Целью изучения технологического процесса сушки являлось определение влияния параметров (температуры, относительной влажности воздуха при окончании сушки, скорости движения) и массивности высушиваемых изделий на скорость и продолжительность сушки. Был принят конвективный метод сушки с принудительной циркуляцией воздуха.

Кинетику сушки изучали на кубах с ребром 10 см, изготовленных из тяжелого

бетона на гранитном щебне. При изготовлении опытных образцов использовался портландцемент марки 500 Николаевского завода. После термовлажностной обработки образцы 72 ч выдерживали во влажных опилках и подвергали сушке в специальной камере по заданному режиму. В течение 2 ч температуру среды в камере поднимали до заданной, после чего включали вентилятор и устанавливали заданную скорость движения воздуха. Относительную влажность последнего определяли по психрометрической таблице в соответствии с показаниями «сухого» и «мокрого» термометров. Кинетику сушки определяли путем взвешивания опытных образцов через каждые 2 ч с точностью до 1 г. Высушенными считались образцы, масса которых не изменялась в течение 4 ч сушки.

На рис. 1 представлены экспериментальные данные по изучению влияния температуры воздуха на скорость и продолжительность сушки. Повышение температуры с 102 до 150°C сократило продолжительность сушки в 2 раза (с 32 до 16 ч) и увеличило скорость более чем в 3 раза [с 1,45 до $4,6 \cdot 10^{-2}$ г/см²·ч]. Из анализа кривых (см. рис. 1) следует, что процесс сушки протекает

неравномерно и его кинетика может быть разделена на 4 этапа: прогрев бетонных изделий до заданной температуры; сушка при относительно постоянной скорости; период резкого понижения скорости сушки; сушка при падающей скорости.

Скорость сушки на первом этапе зависит от разности парциальных давлений водяных паров на поверхности изделия и в окружающей среде. Она скачкообразно возрастает от нуля до четко выраженного перелома на ее кривой. Появление перелома свидетельствует об установлении равновесия между количеством тепла, идущего на нагрев массы изделия, и количеством тепла, расходуемого на испарение влаги.

На втором этапе испаряется вода, удерживаемая в структуре бетона механически, и скорость сушки становится равной скорости испарения воды со свободной поверхности изделия. Из анализа экспериментальных кривых следует, что сокращение продолжительности сушки осуществляется исключительно за счет сокращения второго этапа.

Третий этап характеризуется повышением температуры поверхности изделия

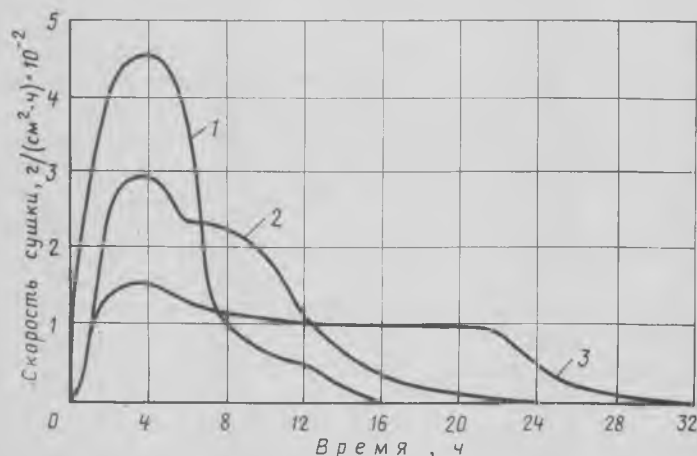


Рис. 1. Зависимость скорости сушки и ее продолжительности от температуры
1 — 150°C; 2 — 130°C; 3 — 102°C

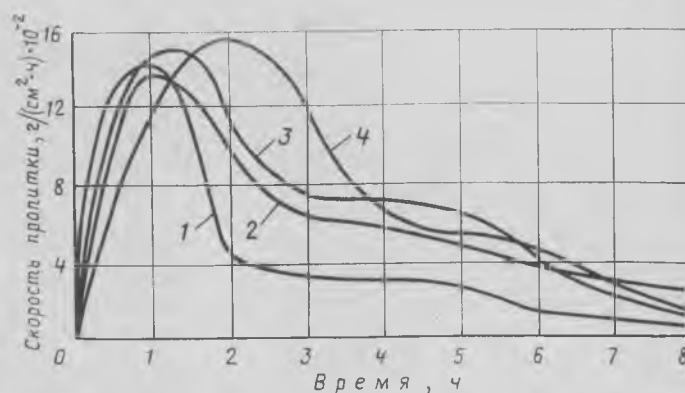


Рис. 2. Кинетика пропитки мелкоразмерных бетонных изделий расплавом серы при атмосферном давлении
1 — кубы с ребром 7 см; 2 — тротуарная плитка 50x50x5 см; 3 — кубы с ребром 15 см; 4 — призмы 15x15x60 см

выше температуры «мокрого» термометра и резким снижением скорости сушки. В дальнейшем сушка осуществляется с падающей скоростью, и интенсивность испарения в последний период зависит от энергии связи влаги с бетоном (адсорбционный потенциал). Скорость сушки постепенно снижается до нуля, что свидетельствует об установлении в бетоне равновесной влажности, определяемой параметрами воздуха и сорбционными свойствами изделия.

Высушенные и прогретые до 150°C образцы помещали в камеру пропитки с расплавом серы. Пропитка осуществлялась при нормальном атмосферном давлении в течение 8 ч. Кинетику пропитки изучали на образцах-кубах с ребром 7 и 15 см, призмах 15×15×60 см и плитах 50×50×5 см; модули поверхности соответственно составляли 0,86, 0,4, 0,31 и 0,48 см⁻¹. Все образцы изготовляли из тяжелого бетона одного замеса с использованием портландцемента марки 500, гранитного щебня плотностью 1300 кг/м³ фракции 10—20 мм, кварцевого песка с модулем крупности 2,24 при $B/C=0,68$. Через каждый час пропитки извлекали три образца каждой серии, охлаждали на открытом воздухе в течение 24 ч, взвешивали и испытывали на прочность при сжатии. Средние результаты опытных значений приведены на рис. 2.

Анализ результатов показывает, что процесс пропитки носит экспоненциальный характер. Наиболее интенсивен он в начальный период. В течение первых 2 ч образцы поглощали 60—70% максимально возможного объема серы. При атмосферном давлении для указанных образцов оптимальное время пропитки составляло 4—6 ч, при этом происходит частичная пропитка на глубину 25—50 мм. Дальнейшая пропитка изделий требует значительных затрат энергии при незначительном увеличении ее глубины и объема поглощенной серы.

В таблице приведены основные физико-механические свойства бетона, про-



Рис. 3. Зависимость энергоемкости технологии пропитки от вида пропитки
1 — поверхностная; 2 — частичная; 3 — полная

питанного расплавом серы в течение 6 ч при атмосферном давлении.

Исследованиями установлено, что характеристики расплава серы — вязкость, поверхностное натяжение и краевой угол смачивания — существенно влияют на процесс пропитки. Уменьшение вязкости и повышение величины поверхностного натяжения, а также увеличение краевого угла смачивания приводит к интенсификации пропитки бетона и снижению энергоемкости процесса за счет понижения температуры расплава при минимуме вязкости.

Исследовали влияние различных добавок, изменяющих основные характеристики расплава: йода, нафталина, парафина, селена, фосфора и его соединений. Установлено, что добавки йода и нафталина существенно изменяют вязкость и поверхностное натяжение расплава серы, что позволяет снизить температуру расплава до 130°C (вместо 155°C при применении расплава чистой серы).

Полученные результаты позволили сделать вывод, что критерием степени насыщения бетона расплавом серы является ее привес (масса поглощенной серы, отнесенная к массе образца до пропитки). При этом установлено, что в период наиболее интенсивного поглощения расплава образцом наблюдается линейная зависимость между глубиной пропитки и привесом серы.

Обработка результатов методом математической статистики позволила получить зависимость

$$h = C + 7G,$$

где h — глубина пропитки, мм; C — эмпирический коэффициент, зависящий от B/C ; G — привес серы в результате пропитки, %. Установлено, что коэффициент C равен 5 и 10 соответственно для бетонов с $B/C=0,4$ и $B/C=0,7$.

При других значениях B/C он определяется интерполяцией. Контрольной проверкой установлено, что зависимость справедлива в пределах $1 < G < 9$ для бетонных изделий удельной поверхностью 1—0,4 см⁻¹.

Исследования позволили разработать и изготовить опытно-промышленную установку для сушки и пропитки расплавом серы мелкозернистых бетонных изделий (СПУ-1). Установка разработана территориальной научно-исследовательской лабораторией экономики строительства Львовского политехнического института и изготовлена на заводе ЖБИ № 1 ПО Львовжелезобетон Минпромстроя УССР. Приготовление расплава серы на установке выделено в самостоятельный процесс, осуществляемый в автономном плавителе, объем которого сбалансирован с объемом пропитываемых изделий и режимом пропитки.

При производственных испытаниях изучено влияние режима пропитки на энергоемкость технологии пропитки тротуарной плитки (рис. 3). Установлено, что энергоемкость технологии практически не зависит от вида пропитки. Это объясняется тем, что основные затраты тепла связаны с сушкой бетона (420 кг усл. топлива/м³). Выполненные ранее исследования [4] показали, что независимо от вида пропитки сушку бетона необходимо вести до остаточной влажности не выше 0,5% (сохраняя постоянство массы в течение 2 ч сушки) во избежание возникновения новообразований, приводящих со временем к физико-химической деструкции материала. Удельные затраты тепла на сушку бетона до остаточной влажности 0,5% в зависимости от вида пропитки составляют 80—90% общих затрат на технологию пропитки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волгушев А. Н., Патуроев В. В., Путляев И. Е., Красильникова О. М. Применение серы для пропитки поровой структуры строительных материалов. — Бетон и железобетон, 1976, № 11.
2. New Uses of Sulphur. Symposium 173 rd Meet. Amer. Chem. Soc., New Orleans, 1977 Washington, D. C. 1978, 282 p.
3. Kobbé W. H. New Uses for Sulphur in Industry. Ind. Eng. Chem., 18, 10, 1924, p. 1026.
4. Орловский Ю. И. Свойства пропитанных серой бетонов. — Бетон и железобетон, 1979, № 8.

Характеристика бетонных образцов, пропитанных расплавом серы	Значения*
Плотность, кг/м³	2200—2400/2400—2600
Прочность при сжатии, МПа	20—40/60—80
Прочность при изгибе, МПа	4—5/8—10
Модуль упругости $\times 10^6$, МПа	2—2,5/3—4
Водопоглощение, %	6—8/0,3—1
Морозостойкость, циклы	200/более 500
Водонепроницаемость	B-2, B-4/B-12

* Перед чертой — до пропитки, после черты — после пропитки.

Б. С. КОМИССАРЕНКО, канд. техн. наук; В. М. ПУТИЛОВ, Г. В. САФРОНОВА, инженеры (НИИкерамзит)

Строительство теплотрасс с лотками из керамзитобетона без теплоизоляции трубопроводов

Строительство тепловых сетей с применением традиционных железобетонных лотков требует значительных материальных и трудовых затрат. Использование для лотков керамзитобетона благодаря совмещению конструктивных и теплозащитных функций материала позволяет отказаться от устройства специальной подвесной теплоизоляции и тем самым снизить стоимость и сократить сроки строительства теплотрасс.

Применение нового способа прокладки теплотрасс потребовало проведения целого комплекса исследований.

В обычных условиях температура в канале не поднимается выше 100°C, поэтому конструктивный расчет производили по СНиП II-21-75 и «Руководству по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из бетона на пористых заполнителях». Теплотехнический расчет, выполненный с учетом температуры теплоносителя до 130°C, показал, что при исключении подвесной теплоизоляции трубопроводов и объемной массе керамзитобетона до 1200 кг/м³ толщина стенки лотка должна составлять 15 см.

Для различных сочетаний трубопроводов на основании серии ИС-01-04 для лотков из тяжелого железобетона разработаны шесть типов керамзитобетонных лотков (ЛК-1 — ЛК-6). Во всех случаях суммарные тепловые потери трубопроводами диаметром 200 мм и менее ниже нормативных. Расчеты проверяли в процессе эксплуатации опытно-промышленных участков теплотрасс в г. Куйбышеве, Сызрани и Кинешеве. Систематическое наблюдение за их работой в течение нескольких лет подтвердило, что суммарные тепловые потери ниже нормативных.

Длительная эксплуатация керамзитобетона под землей предъявляет достаточно жесткие требования к его долговечности. По разработанной в НИИкерамзите методике ее оценивали по морозостойкости и стойкости при попеременном увлажнении

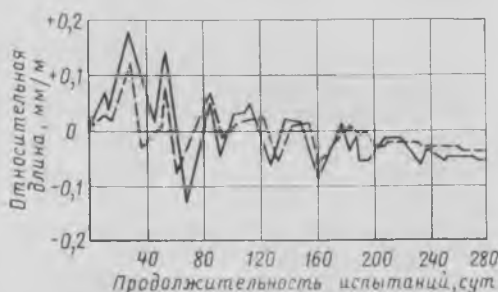


Рис. 1. Деформации набухания и усадки керамзитобетонных в условиях попеременного увлажнения и высушивания
— керамзитобетон марки М150; — — — то же, М100

и высушивании. После 100 циклов замораживания и оттаивания потеря прочности не превышает 10%, что соответствует требованиям ГОСТ 10060—76.

При попеременном увлажнении и высушивании образцы 8 ч находились в воде и 64 ч — на воздухе в помещении лаборатории. В процессе испытаний определяли изменение относительной длины образцов, их прочности и потери массы. Изменение относительной длины образцов фиксировали оптическим прибором ИЗВ-1 с точностью измерения 0,0015 мм. Характер циклов попере-

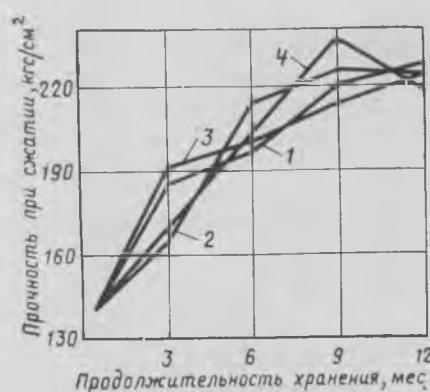


Рис. 2. Зависимость прочности керамзитобетона от времени хранения в агрессивных средах
1 — водной; 2 — общекислотной; 3 — сульфатной; 4 — щелочной

менного замораживания и оттаивания представлен на рис. 1. Значения усадки и набухания невелики и изменяются от +0,18 (набухание) до -0,13 мм/м (усадка). Характер изменения кривых показывает, что с течением времени эти значения уменьшаются, что свидетельствует о стабилизации структуры бетона и отсутствии признаков его разрушения. Это подтверждают и данные изменения прочности бетона и потери его массы. После 280 циклов попеременного увлажнения и высушивания масса бетона и его прочность не снижались.

Исследовали также водонепроницаемость керамзитобетона. Было установлено, что образцы-цилиндры диаметром и высотой 15 см свободно выдерживают давление 4—5 атм. При условии качественной заделки стыков в лотках это гарантирует их водонепроницаемость без применения специальных мер защиты, а следовательно, и хорошие условия эксплуатации трубопроводов и всей конструкции лотка в целом.

Коррозионную стойкость керамзитобетона изучали в агрессивных жидких средах, имитирующих грунтовые воды различной агрессивности. В качестве агрессивных была принята кислотная, сульфатная и щелочная среда средней степени агрессивности. К концу испытаний в сульфатной и кислотной среде наблюдалось не снижение, а рост прочности со 120 до 130 кгс/см² (рис. 2). В щелочной среде прочность бетона уменьшалась со 120 до 108 кгс/см². Это свидетельствует о том, что при наличии агрессивных грунтовых вод со средней степенью агрессивности по содержанию щелочи следует или воздерживаться от применения керамзитобетонных лотков вообще, или применять специальные меры защиты, как для обычного тяжелого бетона.

Для изучения возможной коррозии трубопроводов после длительной эксплуатации проводили натурное обследование теплотрассы, уложенной с применением керамзитобетонных лотков без тепловой изоляции трубопроводов в совхозе «Маяк» Куйбышевской области. Были вскрыты два участка теплотрассы, эксплуатировавшейся более трех лет. Обследование показало, что состояние труб и керамзитобетонных лотков вполне удовлетворительное. При визуальном осмотре на трубах не было обнаружено каких-либо признаков коррозии.

С целью экспериментальной проверки предложенного способа было построено несколько опытных участков теплотрасс. Так, в 1978 г. в Сызрани силами СМП-

168 треста Куйбышевтрострой была построена опытная теплотрасса из керамзитобетонных лотков, в которые уложили два теплопровода диаметром 250 мм. В течение отопительного периода проводили тщательное наблюдение за теплотрассой с необходимым измерением температуры трубопроводов в начале и в конце участка. Результаты испытаний показали, что суммарные теплотери подающим и обратным трубопроводами ниже нормативных.

Для проверки работоспособности теплотрасс с лотками из керамзитобетона в 1977 г. в селе Салча Новоаненского района МССР был уложен опытный участок. Во время испытаний потерь тепла в прямом и обратном трубопро-

водах не наблюдалось. Натурное обследование показало, что каналы теплотрассы сухие, коррозии труб и закладных деталей нет.

Кроме керамзитобетона лотки теплотрасс изготавливали из бетонов и на других пористых заполнителях. В частности, в ГССР для изготовления лотков теплотрасс в качестве заполнителя используют вулканический шлак Окамского месторождения, представляющий собой группу наиболее легких природных материалов.

Наряду с исключением дорогостоящей и трудоемкой подвесной теплоизоляции внедрение керамзитобетонных лотков вместо традиционных из обычного тяжелого бетона позволяет снизить трудозатраты на 38%, стоимость земляных

работ — на 10% и расход арматуры — на 25%. В общем случае экономический эффект составляет для различных типов лотков 7—13 р. на 1 пог.м теплотрассы.

Начиная с 1972 г. предлагаемый способ прокладки теплотрасс с лотками из керамзитобетона был внедрен более чем в 40 экономических районах страны. По данным НИИ керамзита, было уложено около 403 км теплотрасс и при этом получен экономический эффект в сумме 1833,5 тыс. р. За указанный период в институт не поступило ни одной рекламы на работу таких теплотрасс.

Таким образом, проведенный комплекс исследований подтвердил возможность и целесообразность строительства теплотрасс с лотками из керамзитобетона без подвесной теплоизоляции трубопроводов.

УДК 69.057.12-413:691.327:666.973.2

Спивак Н. Я., Стронгин Н. С. Проектирование крупнопанельных элементов зданий из легких бетонов. — Бетон и железобетон, 1983, № 7, с. 4—6

Приведены результаты исследований, опыт конструирования и строительства крупнопанельных зданий с частичным и комплексным применением легкого бетона на пористых заполнителях с рекомендациями и технико-экономическими данными. Ил. 4, список лит.: 3 назв.

УДК 691.327:666.973.2.001.

Развитие производства легких бетонов на пористых шлаковых заполнителях/В. А. Отрепьев, В. Н. Ярмаковский, С. Е. Александров, В. В. Попов. — Бетон и железобетон, 1983, № 7, с. 7—8

Освещается состояние и перспективы производства пористых заполнителей из доменных шлаковых расплавов (шлаковая пемза, граншлак), легких бетонов на их основе и конструкций из них. Изложены также основные методы улучшения эксплуатационных свойств шлакопемзобетона и конструкций из них, пути повышения их эффективности. Список лит.: 4 назв.

УДК 624.691.327:666.973.2.012.35

Довжик В. Г. Снижение энергоемкости и повышение теплозащитных свойств керамзитобетонных конструкций. — Бетон и железобетон, 1983, № 7, с. 10—12

Рассмотрены факторы, влияющие на снижение энергоемкости керамзитобетонных конструкций, предложены теоретические модели для расчета теплопроводности керамзитобетона и требования к теплопроводности керамзита, учет которых позволяет повысить теплозащитные свойства конструкций. Ил. 2, табл. 4, список лит.: 4 назв.

УДК 624.691.327:666.973.2.073

Крупноразмерные плиты покрытия из легких бетонов, армированных канатами/И. А. Иванов, И. С. Гучкин, В. С. Демьянова и др. — Бетон и железобетон, 1983, № 7, с. 12—14

Приведены данные по изготовлению и испытанию плит покрытий из керамзитшлакобетона на глинозольном керамзите размером 3X24 м, армированных канатами. Кроме того, изложен способ улучшения качества керамзитового гравия, а также некоторых характеристик керамзитобетона. Ил. 1, табл. 1.

УДК 691.327:666.973.2:539.4

Деллос К. П., Яскеляин Б. В. Изменение свойств конструктивных легких бетонов во времени. — Бетон и железобетон, 1983, № 7, с. 14—15

На основании обобщения литературных данных по изменению во времени прочности на сжатие и модуля упругости различных видов легкого бетона марок М200—М400 выявлено влияние, оказываемое на прочность этих характеристик влажностью среды твердения, видом мелкого и крупного заполнителя. Установлено, что в интервале времени до 180 сут наблюдается прирост прочности бетона на сжатие до 27%, а модуля упругости — до 18%. Это позволяет рекомендовать при расчете конструкций по предельному состоянию пользоваться увеличенными на 5—10% расчетными характеристиками легкого бетона. Табл. 1, список лит.: 3 назв

УДК 691.327:666.973.2

Теплофизические свойства шунгизитобетона/Н. А. Тачкова, Н. М. Ананьина, В. И. Савин, О. П. Манза. — Бетон и железобетон, 1983, № 7, с. 17—18

Приведены результаты исследований теплофизических свойств шунгизитового гравия и шунгизитобетона. Они подтверждены натурными обследованиями влажностных свойств и теплотехнических характеристик шунгизитобетонных ограждающих конструкций. Табл. 1, список лит.: 2 назв.

УДК 691.327:666.973.2:693.542.4

Ма ж у й к а А. И., М е ш к а у с к а с Ю. Ю. Влияние суперпластификатора С-3 на свойства керамзитобетона. — Бетон и железобетон, 1983, № 7, с. 19—20

Приведены результаты исследования влияния суперпластификатора С-3 на кубиковую и призмную прочность, модуль упругости, деформации усадки и ползучести керамзитобетона на керамзитовом и тяжелом песках. Показана возможность экономии цемента. В работе применены методы планирования экспериментов и математической обработки данных. Ил. 5, табл. 2.

УДК 691.327:666.973.2:539.4

Макеева Л. А., Курасова Г. П. Влияние свойств песка на прочность конструкционного керамзитобетона. — Бетон и железобетон, 1983, № 7, с. 21—22

Приведены результаты исследований прочности при сжатии и растяжении при изгибе конструкционного керамзитобетона и его растворной части в случае использования различных песков. Ил. 2, список лит.: 2 назв.

УДК 691.327:666.973.2:620.193.2

Шестеркина Н. Ф., Леднева Н. П., Ордиян В. В. Коррозионная стойкость полимерсиликатного керамзитобетона в сернокислой среде. — Бетон и железобетон, 1983, № 7, с. 23—24

На основании физико-химических исследований установлен механизм разрушения полимерсиликатного керамзитобетона в условиях сернокислотной агрессии. Показано, что новообразования являются кристаллами гипса и гидросульфата алюмината. Список лит.: 3 назв.

УДК 691.327:666.973.2

Юсупов Р. Р., Шаджалилов Ш. Конструктивные свойства керамзитобетона с использованием мелкого песка. — Бетон и железобетон, 1983, № 7, с. 24—25

Предложен принцип подбора состава керамзитобетона, основанный на предельном насыщении объема бетона крупным заполнителем, который, сохраняя требуемую прочность, позволяет уменьшить расход вяжущего и объемную массу бетона.

Установлено, что прочностные и деформативные свойства керамзитобетона с использованием повышенного содержания керамзита и мелкого песка с $M_{кр} = 1,5—1,7$ в основном соответствуют требованиям СНиП II-21-75. Ил. 2, табл. 1, список лит.: 4 назв.

УДК 691.327:666.973.2:539.4

Попугаев В. И. Прочность сжатых шунгизитобетонных элементов при длительной нагрузке. — Бетон и железобетон, 1983, № 7, с. 26—27

Приведены рекомендации по расчету прочности сжатых гибких элементов из шунгизитобетона при длительном действии нагрузки на основе экспериментально-теоретических исследований. Ил. 1, список лит.: 5 назв.

CONTENTS

- Simonov M. Z., Putlyayev I. E.* State and challenge to the future development of lightweight concrete
- Spivak N. Ya., Strongin N. S.* Design of large-panel members for building from lightweight concretes
- Otrepjev V. A., Yarmakovskiy V. N., Alexandrov S. E., Popov V. V.* Production development of lightweight concretes on porous slag aggregates
- Zarenin V. A., Chernyshov V. P., Krejmer Ya. O.* Application of keramsite concrete in rural construction
- Dovzhik V. G.* Decrease in power consumption and increase in heatreflection properties of keramsite concrete structures
- Ivanov I. A., Guchkin I. S., Demjanova V. S., Tyapkin V. A., Kornev N. A.* Large-size roof slabs from lightweight concretes reinforced by cables
- Dellos K. P., Yaskelyain B. V.* Properties change of constructive lightweight concretes in time
- Ruziev N. P.* Heat-engineering characteristics of keramsite—ash concrete
- Tachkova N. A., Ananjina N. M., Savin V. I., Manza O. P.* Heat-physical properties of shungisite concrete
- Mazhuika A. I., Meshkauskas Yu. Yu.* Influence of superplasticizer C-3 on properties of keramsite concrete
- Makeeva L. A., Kurasova G. P.* Influence of sand properties on strenght of constructive keramsite concrete
- Shesterkina N. F., Ledneva N. P., Ordijan V. V.* Corrosion resistance of polymer-silicate keramsite concrete in sulphur-acidic medium
- Yusupov R. R., Shadzhalilov Sh.* Constructive properties of keramsite concrete with the use of fine sand
- Popugayev V. I.* Strenght of compressed shungisite concrete members under long-term load
- Paturoev V. V., Orlovsky Yu. I., Manzij V. P.* Technology of concrete products impregnation by sulphur melt
- Komissarenko B. S., Putilov V. M., Safironova G. V.* Building of heat route from keramsite concrete without heat insulation of pipeline

CONTENU

- Simonov M. Z., Poultjaev I. E.* L'état et les perspectives du développement du béton léger
- Spivak N. Ja., Stronghine N. S.* L'élaboration des projets des éléments en gros panneaux pour les bâtiments en bétons légers
- Otrepjev V. A., Jarmakovskiy V. N., Alexandrov S. E., Popov V. V.* Le développement de la production des bétons légers sur les agrégats poreux en laitier
- Zarenine V. A., Tchernychev V. P., Krejmer Ja. O.* L'application du béton de keramsite dans la construction rurale
- Dovzhik V. G.* L'abaissement de la capacité d'absorption de l'énergie et le perfectionnement des propriétés de protection thermique des structures en béton de keramsite
- Ivanov I. A., Goutchkine I. S., Demjanova V. S., Tjapkin V. A., Kornev N. A.* Les dalles de grandes dimensions pour les recouvrements en bétons légers renforcés par les câbles
- Dellos K. P., Jaskelain B. V.* La variation dans le temps des propriétés des bétons légers de construction
- Rouziev N. P.* Les indications thermotechniques du keramsite-cendresbéton
- Tatchkova N. A., Ananjina N. M., Savine V. I., Manza O. P.* Les propriétés thermo-physiques du chounghésito-béton
- Mazhoujka A. I., Mechkauskas Yu. Yu.* L'influence de superplastifiant S-3 sur les propriétés du béton de keramsite
- Makeeva L. A., Kourassova G. P.* L'influence des propriétés du sable sur la résistance du béton de keramsite de construction
- Chesteurkine N. Ph., Ledneva N. P., Ordijan V. V.* La résistance à la corrosion du keramsito-béton de résine-silicates dans le milieu sulfurique
- Yussoupov R. R., Chadzhalilov Ch.* Les propriétés constructifs du béton de keramsite avec l'utilisation du sable fin
- Popougayev V. I.* La résistance des éléments comprimés en chounghésito-béton sous la charge prolongée
- Patouroev V. V., Orlovsky Yu. I., Manzij V. P.* La technologie de l'imprégnation des produits en béton par le soufre fondu
- Komissarenko B. S., Poutilov V. M., Saphronova G. V.* La construction des thermo-parcours avec des auges en béton de keramsite sans isolation thermique des conduites

INHALT

- Simonow M. S., Putljajew I. Je.* Zustand und Entwicklungsperspektiven des Leichtbetons
- Spivack N. Ja., Strongin N. S.* Projektieren von Bauelementen aus Grossplatten für Gebäude aus Leichtbetonen
- Otrepjew W. A., Jarmakowski W. N., Aleksandrow S. Je., Popow W. W.* Entwicklung der Produktion von Leichtbetonen unter Anwendung von porösen Schlackenzuschlagstoffen
- Sarenin W. A., Tschernyschew W. P., Krejmer Ja. O.* Anwendung des Keramsitbetons im ländlichen Bauwesen
- Dowshick W. G.* Verringerung des Energieaufwandes und Verbesserung der Wärmedämmeigenschaften von Konstruktionen aus Keramsilbeton
- Iwanow I. A., Gutschkin I. S., Demjanowa W. S., Tjapkin W. A., Kornev N. A.* Grossformatige Dachplatten aus mit Seilen bewehrten Leichtbetonen
- Dellos K. P., Jaskeljain B. W.* Veränderung der Eigenschaften von Konstruktionsleichtbetonen mit der Zeit
- Rusijew N. P.* Wärmetechnische Kennziffern des Keramsitaschenbetons
- Tatschkowa N. A., Ananjina N. M., Savin W. I., Mansa O. P.* Warmephysikalische Eigenschaften des Schungisitbetons
- Mashujka A. I., Meschkauskas Ju. Ju.* Einfluss des S-3—Superplastifikators auf Eigenschaften des Keramsitbetons
- Makejewa L. A., Kurasowa G. P.* Einfluss der Sandeigenschaften auf Festigkeit des Konstruktionskeramsitbetons
- Schestjorkina N. F., Lednjowa N. P., Ordijan W. W.* Korrosionsbeständigkeit des Keramsitbetons aus Polymersilikat im Schwefelsäuremedium
- Jusupow P. P., Schadzhalilow Sch.* Konstruktive Eigenschaften des Keramsitbetons unter Anwendung von Feinsand
- Popugajew W. I.* Festigkeit von gedrückten Elementen aus Schungisitbeton unter Dauerlasteinwirkung
- Paturojew W. W., Orlovski Ju. I., Manzij W. P.* Imprägnierungstechnologie von Betonernzeugnissen mit Schwefelschmelze
- Komissarenko B. S., Putilow W. M., Safironowa G. W.* Bau von Wärmetrassen mit Rinnen aus Keramsitbeton ohne Wärmeschutz von Rohrleitungen.

Редакционная коллегия: И. Н. Ахвердов, Ю. М. Баженов, В. Н. Байков, А. И. Буракas, Ю. В. Волконский, А. А. Гвоздев, А. М. Горшков, П. А. Демянюк, В. Т. Ильин, Н. М. Колоколов, М. Г. Костюковский, В. В. Михайлов, К. В. Михайлов (главный редактор), В. М. Москвин, Ю. М. Мухин, Д. А. Паньковский, В. С. Подлесных, Б. Я. Рискинд, С. И. Сименко, В. В. Судаков, Д. М. Чудновский, А. А. Шлыков (зам. главного редактора)

Технический редактор Сангурова Е. Л.

Корректор Федина А. В.

Сдано в набор 13.05.83.
Формат 60×90¹/₈

Печать высокая

Усл. печ. л. 4,0

Подписано в печать 14.06.83.
Усл. кр.-отт. 4,75

Уч.-изд. л. 5,45

Тираж 14535 экз.

Т-10579
Заказ 200

Адрес редакции: 101442, Москва, ГСП-4, Каляевская, 23а Тел. 258-18-54, 258-24-76

Подольский филиал производственного объединения «Периодика» Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли г. Подольск, ул. Кирова, 25

№ 9

- № 1002154. А. Н. Чернов, Р. Я. Геринг и А. К. Брусникина. УралНИИстром. Приспособление для крепления фильтра к форме для ячеистобетонных изделий.
- № 1002156. В. С. Широков, Н. Ф. Пигин, Ю. А. Гоголев и др. НИИЖБ. Головка для радиального прессования изделий из бетонных смесей.
- № 1002157. А. Н. Третьяк, Б. И. Рубин и А. И. Тамкович. Белорусский научно-исследовательский и проектно-технологический ин-т организации и управления строительством Госстроя БССР. Бетоносмесительная установка.
- № 1002268. С. С. Болбас, В. П. Седунов, В. Г. Якименко и др. Способ приготовления бетонной смеси.
- № 1002269. В. П. Селяев, В. И. Соломатов, В. Т. Ерофеев и А. П. Федорцов. Мордовский государственный ун-т. Полимербетонная смесь.
- № 1002481. С. Б. Виленский, Г. С. Кобринский, Р. Л. Романов и Е. С. Цукерман. ЦНИИЭП жилища. Стеновая панель.
- № 1002482. Л. А. Кулагин. Напряженная длинномерная строительная конструкция.
- № 1002483. В. Б. Арончик и В. С. Коган. ЛатНИИЭС. Железобетонный элемент.
- № 1002484. А. М. Козловский, И. С. Сырица, М. М. Борзенко и М. П. Катульский. ИСИА Госстроя БССР. Железобетонный ригель.
- № 1002488. Г. И. Гескин, Б. Я. Грувер, В. Е. Кюне и др. Донецкий Промстройинипроект. Способ возведения перекрытия.

№ 10

- № 1004096. Л. И. Медовский, А. В. Нестеров, А. В. Андрейченко и др. КТБ стройиндустрии. Способ формирования железобетонных изделий.
- № 1004097. Л. И. Эпштейн и В. М. Сырцов. НИЛ ФХММ и ТП. Устройство для формования изделий из бетонных смесей.
- № 1004100. Д. С. Иониси И. И. Скородинский. Кишиневгорпроект. Форма для изготовления изделий из бетонной смеси.
- № 1004101. Э. Н. Харченко, С. С. Спивак, В. Ф. Куницын и Г. О. Хайрулина. СКТБ Объединения Промстройкомплект. Форма-вагонетка для изготовления длинномерных строительных изделий.
- № 1004105. С. З. Вайнштейн. Главмособлстрой при Мособлисполкоме. Способ изготовления железобетонных плит.
- № 1004106. З. И. Паули и М. В. Паули. Завод ЖБК № 6. Пустотообразователь к форме для изготовления железобетонных многпустотных изделий.
- № 1004107. Е. З. Аксельрод, Б. В. Гусев, С. П. Радошевич и др. НИИЖБ. Кассетная установка для изготовления изделий из бетонных смесей.

- № 1004108. О. В. Борский, В. Е. Богданов и Э. С. Риттерман. Куйбышевский филиал Гидропроекта. Устройство для образования каналов в бетонных и железобетонных конструкциях.
- № 1004109. П. И. Алексеев, Л. В. Зарецкий, В. А. Камейко и др. ЭКБ ЦНИИСК. Установка для формования изделий с пустотами из бетонных смесей.
- № 1004110. Л. П. Зотова. НИИЖБ. Способ изготовления бетонных изделий.
- № 1004292. С. Аннаев, А. Н. Ниязов и В. Г. Дубаев. Ин-т химии АН ТуркССР. Комплексная добавка для бетонной смеси.
- № 1004294. Ю. Б. Волков, З. И. Глухова, О. С. Иванова и др. НИИ Главмострострой. Комплексная добавка для бетонной смеси.
- № 1004295. П. И. Юхневский, С. И. Мартынович, Н. Л. Полейко и др. Белорусский политехнический ин-т. Бетонная смесь.
- № 1004296. А. В. Волженский, Е. А. Борисюк, Ю. Д. Чистов и др. МИСИ. Бетонная смесь.
- № 1004297. Ю. М. Баженов, К. В. Гладких, О. Б. Высоцкая и др. МИСИ. Бетонная смесь.
- № 1004298. В. П. Шурыгин, В. А. Невский, Г. А. Ткаченко и В. П. Петров. РИСИ. Бетонная смесь.
- № 1004299. С. Т. Сулейменов, К. К. Куатбаев, М. Уралиева, М. К. Нуртаев и Ж. Т. Таскинбаев. Алма-Атинский НИИСМ. Сырьевая смесь для изготовления ячеистого бетона.
- № 1004316. Л. С. Кафанов. Способ изготовления декоративных бетонных изделий.
- № 1004322. В. М. Ширшов, В. И. Ноздрин и А. М. Фролов. Устройство для термовлажностной обработки железобетонных изделий.
- № 1004560. Г. А. Гамбаров и А. Г. Гамбаров. МИСИ. Железобетонное складчатое покрытие.
- № 1004568. В. В. Иванов, Ю. Д. Быченков, Ж. Ж. Шульц и Б. Н. Волюнский. НИИЖБ. Арматурный каркас консолей железобетонной колонны.
- № 1004573. В. А. Флак, И. И. Филимонюк и И. Л. Лифшиц. СКБ Главмострострой. Опалубка для изготовления железобетонных коробчатых блоков.
- № 1004574. Ю. П. Савосто, Е. А. Риль, Б. М. Гершкович и др. ПТТ Оргтехстрой Орловского управления строительства. Опалубка для возведения вертикальной железобетонной конструкции.
- № 1004575. Б. Ф. Рудинский, Б. В. Прыкин, М. В. Миколок и др. Днепрпетровский инженерно-строительный ин-т. Способ контроля процесса возведения вертикальных монолитных железобетонных конструкций в скользящей опалубке.

- № 1004576. В. А. Депутович, А. Ш. Лурье и Ю. С. Остринский. ЦНИИЭП жилища. Способ возведения здания.
- № 1004578. А. Е. Земляк. Трест Приднепроворгтехстрой. Устройство для приготовления и подачи бетонной смеси.

№ 11

- № 1006231. А. М. Дотлибов. ЦНИИПИ гражданскострой. Установка для формования объемных элементов.
- № 1006232. А. Д. Михайлов, П. П. Нефедков, А. В. Бахтеев и др. Главное управление по строительству в г. Владивостоке и Приморском крае. Завод крупнопанельного домостроения КПД-35 и СКБ треста Железобетон. Конвейерная линия для вертикально формующих строительных изделий.
- № 1006233. Е. И. Голованцев и Ю. А. Перфильев. Гипростроммаш. Установка для вертикального формования бетонных изделий.
- № 1006234. В. И. Соломатов, А. Г. Крупичка и Т. В. Соломатова. МИИТ. Смазка для форм.
- № 1006237. М. А. Коробов, В. Г. Ямнов, Е. Б. Гуров и С. Г. Поддорский. Серпуховский з-д железобетонных изделий. Бетоноукладчик.
- № 1006240. А. А. Чече и Р. Г. Чеснаков. Ин-т строительства и архитектуры Госстроя БССР. Устройство для формования трубчатых изделий из бетонных смесей.
- № 1006409. М. В. Чижевский, А. В. Бадич, М. И. Борисенко и др. Трест Оргтехстрой ПО Сибжилстрой. Бетонная смесь.
- № 1006410. Р. П. Калвишкис, Р. Я. Бергс, К. К. Лукстыньш, П. Я. Прейс. СПКО по наладке технологических процессов производства и оказанию помощи предприятиям Оргтехстрой. Полимербетонная смесь.
- № 1006411. А. Е. Гуревич, К. В. Розе, А. И. Русс и др. СПКО по наладке технологических процессов производства и оказанию помощи предприятиям Оргтехстрой. Сырьевая смесь для изготовления теплоизоляционного бетона.
- № 1006418. Ю. В. Максимов, Н. Ф. Шестеркина, В. В. Патуроев и др. НИИЖБ. Способ изготовления бетонополимерных изделий.
- № 1006657. М. Д. Бойко и В. А. Завазов. Способ цементации бетонных конструкций.
- № 1006658. А. В. Сирота. НИИСК. Сборное железобетонное покрытие.
- № 1006664. А. П. Дранчук, А. П. Рудаков, Г. М. Смилянский и др. ЦНИИпромзданий. Стеновая панель.
- № 1006670. С. Ф. Евланов, А. С. Бейвель, Л. С. Розенбойм и др. ВНИИтранстрой и ВПТИ транстрой. Арматурный каркас железобетонных изделий.
- № 1006676. А. А. Федоров и И. В. Китанин. Ростовский НИИ коммунального хозяйства. Опалубка монолитного железобетонного перекрытия.

**МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ**

в 1983/84 учебном году

ОБЪЯВЛЯЕТ ПРИЕМ

**специалистов с высшим образованием
на специальный факультет переподготовки кадров
по новым перспективным направлениям науки и техники
по следующим специальностям:**

Автоматизация проектирования

(машин, дорог, мостов, аэродромов,
систем автоматического управления
технологическими процессами)

**Срок обучения
9 месяцев**

**Автоматизация экспериментальных
исследований**

(ДВС, автомобилей, процессов автомобильных
перевозок и дорожного движения)

**Начало занятий
1 октября**

Надежность машин

(прогнозирование, повышение, реализация
надежности машин и технологических
комплексов)

**Срок обучения
6 месяцев**

Стандартизация и управление качеством

(в машиностроении и авторемонтном
производстве)

**Начало занятий
10 ноября**

*Обучение проводится с отрывом от производства. Для желающих
проходить переподготовку без отрыва от производства организуются
отдельные курсы лекций.*

Справки по телефону: 155-01-97.