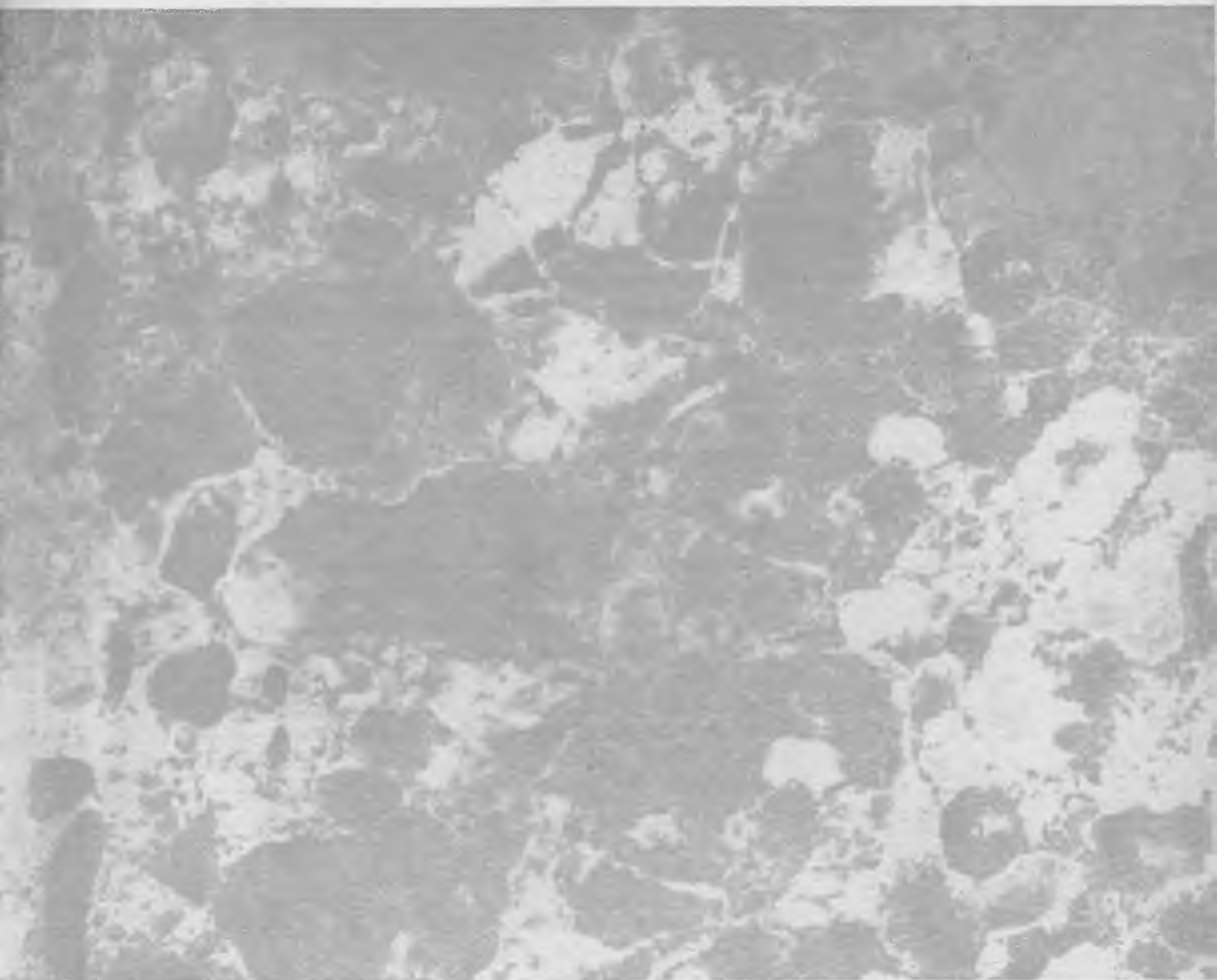


БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН 7

1985



Состав совета содействия журналу «Бетон и железобетон» по Латвийской ССР

Д. С. Аболиньш — доцент кафедры строительных конструкций Рижского политехнического института, канд. техн. наук

В. А. Бундулис — начальник технического управления Министерства строительства ЛатвССР

К. Я. Гайлитис — начальник технического управления республиканского объединения «Латвколхозстрой», лауреат Государственной премии ЛатвССР

В. Б. Грапп — заведующий лабораторией бетона ЛатНИИСтроительства Госстроя ЛатвССР, канд. техн. наук

В. С. Коган — заведующий лабораторией строительных конструкций ЛатНИИСтроительства Госстроя ЛатвССР, канд. техн. наук

Н. П. Козлов — главный инженер производственного объединения строительных материалов и конструкций «Вангажи» Минстройматериалов ЛатвССР

Л. К. Копс — главный конструктор проекта СПКО Оргтехстром Минстройматериалов ЛатвССР, канд. техн. наук

Г. Я. Куннос — руководитель проблемной лаборатории механики бетона Рижского политехнического института, заслуженный деятель науки и техники ЛатвССР, лауреат Государственной премии ЛатвССР, д-р техн. наук, проф. (председатель)

Х. А. Лапсиньш — заведующий конструкторским отделом СПКО Оргтехстром Минстройматериалов ЛатвССР, д-р техн. наук

П. П. Линарт — доцент кафедры экономики и организации строительства Рижского политехнического института, лауреат Государственной премии ЛатвССР, канд. техн. наук

В. Б. Мандригин — главный инженер проектного института Латгипрогорстрой Госстроя ЛатвССР, лауреат Государственной премии ЛатвССР

А. Р. Прусис — директор завода железобетонных конструкций № 3 Минстройматериалов ЛатвССР, лауреат Государственной премии ЛатвССР

В. И. Юфряков — заместитель председателя Госстроя ЛатвССР

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

ОРГАН ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

ИЗДАЕТСЯ с апреля 1955 г.

Содержание

Навстречу XXVII съезду КПСС

Развивать производство конструкций из легких бетонов	2
<i>Михайлов К. В., Путляев И. Е., Чиненков Д. В.</i> Перспективы применения конструкций из легких бетонов	3
<i>Симонов М. З., Шагинян С. Г.</i> Использование природных пористых заполнителей в производстве бетона и железобетона	6
<i>Петров В. П., Милокумова Т. Н.</i> Производство искусственных пористых заполнителей	7
<i>Элинзон М. П., Васильков С. Г., Ярмаковский В. Н., Александров С. Е., Поладко Г. И.</i> Легкие бетоны на пористых заполнителях из промышленных отходов	9
<i>Иванов И. А.</i> Совершенствование легких бетонов на основе промышленных отходов	11
<i>Горчаков Г. И., Степанова В. Ф.</i> Долговечность легких бетонов и конструкций, изготовляемых с использованием отходов промышленности	13
<i>Сливак Н. Я., Стронгин Н. С.</i> Совершенствование индустриального домостроения из легких бетонов	15
<i>Гранев В. В., Костюковский М. Г.</i> Несущие конструкции промышленных зданий из бетонов на пористых заполнителях	18
<i>Заренин В. А., Мангушев А. И.</i> Легкобетонные конструкции сельскохозяйственных производственных зданий	20
<i>Яунишкис Ю. П., Мешкаускас Ю. И.</i> Опыт возведения сборно-монолитных зданий из керамзитобетона в ЛитССР	21
<i>Довжик В. Г., Нацевский Ю. Д.</i> Повышение теплозащитных свойств ограждающих легкобетонных конструкций	24
<i>Маилян Р. Л.</i> Проектирование и расчет конструкций из легких бетонов	26
<i>Остринский Ю. С., Сергеева К. А.</i> Эффективность применения легких бетонов в жилищном строительстве	28
<i>Холощин Е. П., Зелинский И. Г., Гавронский Л. П., Боровой В. Г.</i> Опыт внедрения бетонов и конструкций на пористых заполнителях Дальнего Востока	30
<i>Скоморохов В. В.</i> Опыт и перспективы применения конструкций из шлакопемзобетона	32
<i>Бадалян С. Р., Сурманидзе Е. М.</i> Сейсмостойкие жилые здания из легких бетонов	34
<i>Лецинский М. Ю., Палиенко Н. И.</i> Опыт производства керамзитозолобетона	36

Трибуна соревнующихся

<i>Буракас А. И., Катруца Ю. А.</i> В борьбе за научно-технический прогресс	37
---	----

Экономия ресурсов

<i>Горский В. В., Горшков В. Б.</i> Опыт производства арматурных сеток с экономичным армированием в Минстрое СССР	40
---	----

Конструкции

<i>Жунусов Т. Ж., Шахнович Ю. Г., Горовиц И. Г., Королев А. Н.</i> Исследования каркасного здания на сейсмоизолирующих опорах	42
---	----

Бетоны

<i>Гузеев Е. А., Отрепьев В. А.</i> Конструкции и изделия из кислотостойких бетонов	44
---	----

В помощь проектировщику

<i>Карабанов Б. В.</i> Особенности расчета ригелей с подрезкой в опорных зонах на кручение с изгибом	46
--	----

Информация

Читательская конференция в Риге	47
---	----

7

[364]

июль 1985



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
МОСКВА

© Стройиздат, 1985

РАЗВИВАТЬ ПРОИЗВОДСТВО КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

Развитие производства и применения легких бетонов и конструкций на их основе является одним из крупных резервов интенсификации строительства, снижения его материалоемкости, стоимости и трудоемкости. По масштабам применения легких бетонов в строительстве наша страна занимает одно из ведущих мест в мире. В 1985 г. объем выпуска легкобетонных конструкций превысит 25 млн. м³. Рост производства легких бетонов обусловлен широкой возможностью снижать массу возводимых зданий и сооружений и более широко использовать попутно добываемое сырье, утилизировать отходы промышленности и сельского хозяйства. Все это способствует оздоровлению окружающей среды, снижению топливных и энергетических затрат в сфере строительства и эксплуатации зданий, высвобождению транспортных средств и сокращению объема перевозок. В конечном счете это приводит к снижению материалоемкости и уменьшению стоимости строительства, что входит в число главнейших задач капитального строительства, вытекающих из основных направлений экономического и социального развития СССР на 1981—85 гг. и на период до 1990 года, принятых XXVI съездом КПСС и уточненных в решениях последующих Пленумов ЦК КПСС.

Применяя различные виды пористых заполнителей и используя современные технологические приемы, можно получать легкие бетоны самого разнообразного назначения.

Благодаря работам советских ученых легкие бетоны приобрели ряд качественно новых свойств, что дало возможность существенно расширить сферу эффективного их применения за время, прошедшее после II Всесоюзной конференции по легким бетонам (1975 г., Минск).

За последние пять лет разработан, утвержден и выпущен комплекс нормативных документов, необходимых для массового производства легкобетонных конструкций различного назначения. Это ГОСТ 25820—83, определяющий требования к легким бетонам, бетонным смесям и заполнителям. Пересмотрен стандарт на заполнители пористые неорганические для легких бетонов (ГОСТ 9757—83), а также серия стандартов на отдельные виды пористых заполнителей (керамзит, аглопорит, шунгизит, вспученный перлит), в которых повышены требования к качеству пористых заполнителей для легких бетонов. Впервые разработаны стандарты на золу-унос и золошлаковые смеси тепловых электростанций, в которых изложены требования к ним как к заполнителям для легких бетонов сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений. Пересмотрен СНиП по проектированию бетонных и железобетонных конструкций, типовые нормы расхода цемента в легкобетонных конструкциях. Разработано «Руководство по заводской технологии изготовления наружных стеновых панелей из легких бетонов на пористых заполнителях», в которых сформулированы основные положения заводской технологии конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов, и ряд других нормативных документов.

Большая работа проведена и в области внедрения легкобетонных конструкций в массовое строительство. Объем производства пористых заполнителей и легких бетонов на их основе вырос на 25%. В 1985 г. ожидается выпуск пористых заполнителей на уровне 44,5 млн. м³, т. е. в текущей пятилетке прирост составит примерно 6 млн. м³, или 15,3%.

Основной прирост получен в связи с увеличением объемов выпуска керамзита. Несколько увеличилось производство вспученного перлита. Выпуск остальных пористых заполнителей, к сожалению, практически не изменился. В европейской части страны, где нет природных плотных заполнителей для конструкционных бетонов, перспективным сырьем являются широко распространенные кремнистые породы (трепел, диатомит, опоки). Примером эффективного запол-

нителя на базе кремнистых пород является трепельный гравий, освоенный в последние годы в Орловской и Владимирской областях. В северо-западных районах европейской части СССР накоплен практический опыт производства и применения изделий и конструкций из шунгизитобетона, пористый заполнитель для которого получают путем обжига шунгитовых пород Карелии.

Интересные работы с новым эффективным видом искусственного пористого заполнителя (азеритом) ведутся в Азербайджане. Получены опытные партии заполнителя и облегченные бетоны на его основе прочностью от 5 до 50 МПа и плотностью от 700 до 1500 кг/м³.

Разработаны и внедрены в массовое строительство новые эффективные укрупненные конструкции, в том числе повышенной заводской готовности, из легких бетонов с улучшенными эксплуатационными характеристиками: комплексные плиты покрытый, панели на пролет здания с эффективным утеплителем, 12-метровые пустотные настилы, укрупненные панели стен промышленных, общественных и сельскохозяйственных зданий с заполненными оконными проемами и т. д.

Комплексное применение легкобетонных конструкций в крупнопанельном и объемно-блочном строительстве выросло в 4 раза. Организовано массовое строительство многоэтажных домов из легких бетонов в сейсмических районах.

Наряду с этим в производстве и применении пористых заполнителей и легких бетонов имеются серьезные недостатки, снижающие эффективность их использования. Качество керамзита, являющегося основным видом пористых заполнителей, и технико-экономические показатели его производства остаются на низком уровне. Насыпная плотность керамзита практически не уменьшается, а выпуск наиболее эффективного керамзитового гравия марок 300—400 не превышает 10%. Средний расход топлива на производство керамзита снижается недостаточными темпами и превышает в 1,5—2 раза достигнутый на передовых предприятиях и в зарубежных странах. Не организован в необходимых объемах промышленный выпуск пористых песков. Недостаточен уровень применения зол ТЭС и отходов углеобогащения при производстве искусственных пористых заполнителей. Слабыми темпами развивается производство наименее энергоемких пористых заполнителей — природных и шлаковой пемзы.

Средняя плотность и теплозащитные свойства легких бетонов в ограждающих конструкциях во многих регионах страны не отвечают современным возросшим требованиям. В недостаточной степени используются возможности улучшения качества и экономии легких бетонов за счет применения зол ТЭС, структурообразующих добавок, надлежащих методов приготовления, транспортирования, формирования легкобетонной смеси. Не получает необходимого развития производство эффективных несущих конструкций из легких бетонов в жилищном и промышленном строительстве.

Таким образом, для повышения эффективности производства и применения легких бетонов необходимо решить большой объем разнообразных технических и организационных задач. Найти пути к решению назревших проблем дальнейшего развития производства и применения таких бетонов в массовом строительстве — долг работников науки, проектировщиков, конструкторов и производителей. Этот вопрос будет решаться на III Всесоюзной конференции по легким бетонам, которую намечено провести в августе текущего года в Ереване.

Накопленный опыт производства и применения бетонов и конструкций на их основе, результаты новых разработок отражены в серии статей, организованных редакцией с целью показать перспективы увеличения выпуска таких конструкций и возможности расширения области их применения.

Перспективы применения конструкций

из легких бетонов

Основой строительства из легких бетонов в нашей стране является мощная база по производству пористых заполнителей, наибольший объем которой составляют искусственные, получаемые преимущественно путем обжига. Они занимают около 83% общего объема пористых заполнителей. Примерно 69% этого объема составляет керамзит, являющийся основой в дальнейшем развитии легких бетонов. Это потребует принципиально новых технических решений по выбору исходного сырья, а также по технологическим переделам производства керамзита. Легкий бетон на таком заполнителе должен быть значительно ниже по энергоемкости и стоимости, чем в настоящее время. Керамзит сохранит значение перспективного заполнителя, если его средняя насыпная плотность 350 кг/м^3 , что позволит получать конструкционно-теплоизоляционные бетоны плотностью до 900 кг/м^3 .

Пористые заполнители можно получать также из отходов промышленности без дополнительной термической обработки, например, из зол и шлаков ТЭС по более совершенной технологии, чем производство керамзита.

Пористые заполнители следует рассматривать не только как основной компонент легких бетонов, но и как важный критерий оценки технических, экономических и социальных вопросов строительства. Поэтому научно-исследовательские организации должны направить усилия специалистов на повышение качества пористых заполнителей и прежде всего на снижение насыпной плотности, расхода топливно-энергетических ресурсов, разработку прогрессивных технологий. Одной из важнейших задач является производство пористых песков, без чего нельзя рассчитывать перспективу развития легкого бетона. Потребность в пористых песках насыпной плотностью $200 \dots 600 \text{ кг/м}^3$ уже сейчас составляет около 7 млн. м^3 , в перспективе она еще более увеличится.

Следует считать актуальной разработку и широкое развитие пористых заполнителей без существенных дополнительных энергозатрат на их произ-

водство, например поризованных металлургических шлаков, особенно гравиеподобной шлаковой пемзы, отходов лесопереработки и сельского хозяйства, а также природных пористых материалов. Такие заполнители в настоящее время производятся, но как правило низкого качества и в малых объемах.

Большой народно-хозяйственной задачей является освоение производства новых видов пористых заполнителей с преимущественным использованием отходов промышленности, сланцесодержащих и опаловых пород, а также азерита, шлакового гравия и т. д.

Научно-исследовательские организации должны координировать развитие производства пористых заполнителей с учетом требований, предъявляемых к строительству из легких бетонов. Только при тесном сотрудничестве специалистов по пористым заполнителям и легким бетонам можно добиться успешного развития этого важного направления.

Актуальные вопросы перспективного развития легких бетонов — снижение плотности, стоимости и энергозатрат на их производство. Эти вопросы должны решаться не только в области материаловедения, но также технологии и проектирования. Топливо-энергетические затраты и стоимость легкого бетона массового применения должны приближаться к аналогичным показателям тяжелых бетонов, что позволит значительно расширить рациональные области использования легких бетонов. Если в настоящее время примерно 80% производимого в стране легкого бетона расходуется на изготовление ограждающих конструкций, а около 20% — несущих, то принципиальное улучшение технико-экономических показателей может существенно изменить это соотношение в пользу несущих конструкций. Существующее соотношение обусловлено тем, что повышенные стоимость и топливно-энергетические затраты более полно компенсируются в наружных ограждающих конструкциях из легких бетонов (на искусственных пористых заполнителях).

Несмотря на массовое применение

легких бетонов в наружных ограждающих конструкциях, проблему нельзя считать решенной. Предстоит много поработать и, прежде всего, улучшить теплозащитные свойства легких бетонов.

Существуют различные технологические и конструкторские методы улучшения теплозащитных свойств ограждающих конструкций. Одним из наиболее перспективных является разработка легких бетонов с заполнителями типа керамзита (керамзит, азерит, шлаковый гравий и др.) насыпной плотностью $250 \dots 300 \text{ кг/м}^3$ разного фракционного состава и пористых песков. Коэффициент теплопроводности легкого бетона на основе таких заполнителей составит около $0,2 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$

Теплозащитные свойства легких бетонов могут быть улучшены также путем поризации растворной части. В настоящее время этот метод широко применяется и в будущем будет совершенствоваться, прежде всего, на базе твердеющих пен.

Перспективным методом улучшения теплозащитных свойств стеновых панелей является применение легких бетонов на пористых заполнителях с аморфизированной структурой (шлаковая пемза, азерит и др.). Теплопроводность таких бетонов может быть снижена на 25...30%, что позволит применять их плотностью на $150 \dots 200 \text{ кг/м}^3$ выше, чем аналогичные на пористых заполнителях с кристаллической структурой.

В отдельных случаях для улучшения теплозащитных свойств целесообразно применять легкие бетоны на вяжущих с пониженной теплопроводностью. Например, при замене цемента гипсом теплопроводность может быть снижена на 20%. За рубежом, в частности во Франции, для изготовления стеновых панелей применяют «изобетон» — легкий бетон на пористых заполнителях и пенополиуретановой связке. Коэффициент теплопроводности его менее $0,1 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$.

Теплозащитные свойства стеновых панелей могут быть значительно улучшены с помощью эффективных утеплителей в многослойных конструкциях. Это позволяет не только повысить

термическое сопротивление ограждающих конструкций, но и значительно разнообразить виды применяемых бетонов без ограничений по теплотехническим свойствам. Сейчас в качестве эффективных утеплителей применяют в основном плиты из минерального войлока, пенополистирола, резольноформальдегидного пенопласта, в ближайшей перспективе будет применяться теплоизоляционный бетон (гидрофобизированный перлитобетон, пенополистиролбетон, поризованный арболит, пенобетон на полиуретановом связующем и др.). Плотность теплоизоляционных бетонов и коэффициент их теплопроводности должны быть существенно меньше, чем применяемых конструктивно-теплоизоляционных. Применение теплоизоляционных бетонов в многослойных конструкциях вместо плиточного утеплителя предпочтительнее по технологии изготовления и по условиям их работы.

Перспективы развития конструктивных легких бетонов следует увязывать с экономическими факторами при их минимальной плотности и сохранении определенного уровня прочности. Целесообразно продолжить работы над легкими бетонами на заполнителях типа керамзит (керамзит, азерит и др.) плотностью 1200..1400 кг/м³ при прочности 20..40 МПа. Необходимо продолжать работы и над высокопрочными легкими бетонами для конструкций с эффективными сечениями элементов и под большие нагрузки.

Пути совершенствования конструктивных легких бетонов за счет использования модификаторов (суперпластификаторов, стабилизаторов, добавок, улучшающих формирование структуры бетона) не исключают применения заполнителей с улучшенными физико-механическими свойствами.

Перспективы развития легких бетонов в большой степени зависят от проектных и конструкторских разработок и исследований, выполненных в этой области.

За последние годы проектными и научно-исследовательскими организациями проведены обширные опытно-конструкторские разработки, теоретические исследования и испытания конструкций из легких бетонов для жилищного, общественного, промышленного и сельскохозяйственного строительства. Большинство конструкций проверено в опытном строительстве. Все перечисленные области строительства обеспечены рабочими чертежами типовых ограждающих конструкций. Разработана широкая номенклатура несущих конструкций, в том числе для

зданий с комплексным использованием легких бетонов. Для взаимозаменяемости и изготовления в одних опалубках геометрия несущих конструкций из легких бетонов принята такой же, как и конструкций из тяжелого бетона при сохранении характера армирования.

В наружных стенах типовых крупнопанельных 5-, 9- и 16-этажных домов предусматривается применение однослойных панелей, сплошных или многослойных внутренних стен, различных конструкций перекрытий, покрытий для теплых чердаков, а также лестничных маршей и площадок из различных видов легких бетонов на искусственных и природных пористых заполнителях. В 5-, 9-этажных домах со стенами из кирпича и блоков из легкого бетона применяют преднапряженные многослойные панели перекрытий длиной до 12 м, а также однослойные и двухслойные панели совмещенных крыш. В многоэтажных каркасных зданиях серии 1.020-1 наряду с панелями наружных стен ленточной разрезки длиной 6 м из легких бетонов предусмотрены многослойные панели перекрытий длиной 9 м и типа 2Т и Т длиной 11,65 м.

Для одноэтажных производственных отапливаемых и неотапливаемых зданий разработаны однослойные стеновые панели ленточной разрезки длиной 6 м

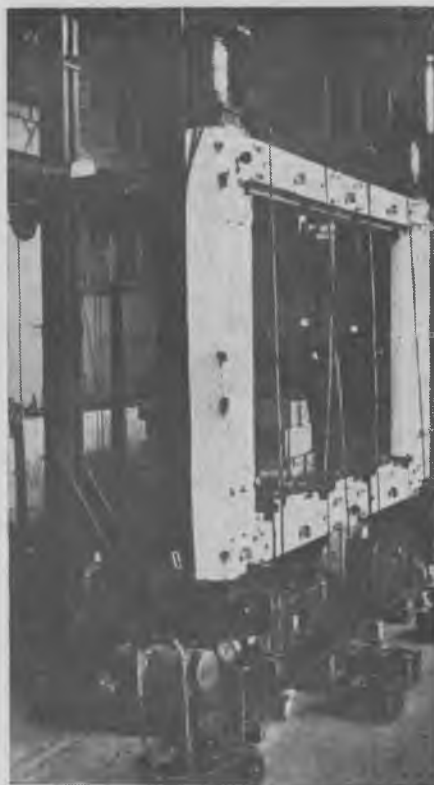


Рис. 1. Испытания однослойной укрупненной стеновой панели размером 3×6 м из легкого бетона для стен промышленных зданий

12 м, а также крупные блоки для зданий с агрессивной средой. Имеются типовые решения ребристых плит покрытий 3×6 и 3×12 м, включая комплексные, балок пролетом до 18 м, сегментных ферм покрытий пролетом 18 и 24 м. Для многоэтажных производственных зданий разработаны многослойные и ребристые панели перекрытий и ригели длиной 6 м под них.

Для стен производственных сельскохозяйственных зданий наряду с двухслойными панелями ленточной разрезки длиной 6 м разработаны укрупненные панели высотой до 3,3 м и трехслойные панели на гибких связях с эффективным утеплителем и наружными слоями из легких бетонов. Из несущих конструкций в качестве типовых применяются ребристые плиты покрытий длиной 6 м.

Для зданий различного назначения перспективными являются укрупненные панели стен с заполнением оконных проемов в заводских условиях, обеспечивающие повышение заводской готовности и уменьшение трудоемкости монтажа по сравнению с широко применяемыми панелями ленточной разрезки. Длина панелей принимается равной шагу колонн, высота равна высоте этажа, но не более 3,3 м. Наряду с уменьшением числа монтажных единиц при этом уменьшается расход стали на закладные и соединительные детали. Разработаны, исследованы и применяются укрупненные панели сельскохозяйственных производственных зданий. Имеются проекты панелей общественных зданий. Закончены исследования и разработаны чертежи укрупненных панелей промышленных зданий. Их применение позволит снизить трудозатраты на монтаж стен многоэтажных и одноэтажных зданий соответственно на 28 и 16% и расход стали — на 18% (рис. 1).

Применение укрупненных панелей стен высотой на здание или этаж позволяет упростить конструкции здания за счет исключения наружных рядов колонн и использовать стены как несущие конструкции, обеспечивая снижение расхода бетона и стали. Построено несколько таких опытных промышленных зданий с неполным каркасом (рис. 2). На двухпролетном здании с подвесными кранбалками в Калинин по сравнению с таким же зданием из типовых конструкций достигнуто снижение расхода стали на 16% и бетона на 10% при снижении трудоемкости монтажа на 33%. Имеются также проекты производственных сельскохозяйственных и общественных зданий небольшой этажности. Для вы-

явления преимуществ упомянутых зданий необходимо расширить проектные проработки и научные исследования, а также обеспечить широкую проверку их в опытном строительстве.

Как уже отмечалось, одним из путей повышения термического сопротивления наружных стен является применение трехслойных панелей с эффективными утеплителями с гибкими связями, наружные слои которых могут выполняться из разных бетонов. Повышение термического сопротивления таких конструкций достигается с наименьшими затратами. Трехслойные конструкции стен применяют практически во всех областях строительства — крупнопанельных жилых, производственных сельскохозяйственных, одноэтажных и многоэтажных промышленных и общественных зданиях и т. д. Имеется опыт применения трехслойных панелей в плодовоощехранилищах, разработаны конструкции панелей ленточной разрезки длиной 12 м для промышленных зданий.

Что касается трехслойных конструкций с эффективным утеплителем, то здесь еще много нерешенных вопросов, особенно технологических — достижение заданной толщины бетонных слоев, фиксация арматуры, анкеровка связей, устранение затеков бетона между плитами утеплителя и по периметру конструкции. Нуждаются в дальнейшей производственной и лабораторной проверке конструкции гибких связей и способы защиты от коррозии. Необходимо продолжить экспериментально-теоретические исследования этих конструкций и их элементов с целью нормирования методов расчета и конструирования. Представляются перспективными и трехслойные стеновые панели с утеплителем из теплоизоляционного бетона и наружными слоями из прочного легкого бетона, в которых располагается арматура.

При применении в ограждающих конструкциях более эффективных сталей целесообразно использовать предварительное напряжение. Это позволит снизить расход арматуры, а также улучшить эксплуатационные свойства конструкций. Однако минимальная марка бетона для предварительно напряженных конструкций по СНиП II-21-75 «Нормы проектирования. Бетонные и железобетонные конструкции» принята равной М150. Бетоны такой прочности характеризуются повышенным расходом цемента, худшими теплозащитными свойствами, чем обычно применяемые для ограждающих конструкций.

Были выполнены исследования по выявлению возможности использования



Рис. 2. Строительство двухпролетного промышленного здания с неполным каркасом с использованием наружных стеновых панелей из легкого бетона как несущих конструкций



Рис. 3. Строительство плодовоощехранилища с применением в наружных стенах и перегородках холодильных камер трехслойных панелей из легкого бетона с эффективным утеплителем и гибкими связями

преднапряженной арматуры в легком бетоне более низкой прочности и установлены условия ее применения. Так, при применении арматуры диаметром 14 мм класса А-IV можно исключить раскол бетона при передаче усилий с напряженной арматуры на конструкцию. Марку бетона можно снизить до М100, что нашло отражение в новом СНиП на проектирование железобетонных конструкций и использовано при разработке панелей ленточной разрезки длиной 12 м для стен промышленных зданий и панелей над теплыми чердаками жилых зданий. При переходе к бетону марки М100 расход цемента снижается на 30...40 кг/м³ и повышается термическое сопротивление конструкций. Для увеличения объема применения таких конструкций необходимо расширить их номенклатуру, а также продолжить исследования с целью подготовки более широких рекомендаций по проектированию.

Исследования позволили снять ряд ограничений, предусмотренных СНиП II-21-75 для бетонов марок М100 и ниже, что позволяет создавать более экономичные конструкции. Результаты исследований учтены в новой редакции СНиП на проектирование железобетонных конструкций и использованы при разработке стеновых панелей ленточной разрезки длиной 6 м, расход арматуры в которых снижен на 15% в сравнении с типовыми конструкциями. Получены

обнадеживающие данные по использованию в конструкциях из легких бетонов арматуры низких марок периодического профиля не имеющей площади текучести. Исследования в этой части целесообразно расширить и ускорить.

Заслуживает внимания вопрос о минимальном проценте армирования железобетонных конструкций. Например, при ограничении по СНиП для изгибаемых конструкций минимального процента продольной арматуры 0,05 широко и успешно применяются панели с процентом армирования 0,04. Для выявления возможности дальнейшего снижения площади продольной арматуры необходимы направленные исследования, в частности по ограничению раскрытия трещин, возникающих при изготовлении, монтаже и транспортировании конструкций.

Основными задачами проектных и научно-исследовательских организаций в области несущих конструкций из легких бетонов являются расширение их номенклатуры, разработка районных каталогов, а также изучение прочности, деформативности и других свойств бетонов на местных заполнителях и железобетонных конструкций из них. Целесообразно расширить применение легких бетонов в мостах, сваях и других конструкциях зданий и сооружений, где наряду со снижением собственной массы достигается уменьшение расхода арматурной стали.

М. З. СИМОНОВ, чл.-корр. АН АрмССР, д-р техн. наук., проф.,
С. Г. ШАГИНЯН, канд. техн. наук (АрмНИИСА)

Использование природных пористых заполнителей в производстве бетона и железобетона

Бетон и железобетон, занимающие в современном строительном производстве господствующее положение, в среднем по стране на 90% от всего объема изготавливаются на плотных заполнителях и на 10% на пористых заполнителях, в том числе на природных пористых заполнителях — около 1,4%. Возможности и выгоды более широкого использования природных пористых заполнителей, как правило, недооцениваются.

Во многих регионах страны имеются крупные месторождения пористых горных пород вулканического или осадочного происхождения. На их основе при минимальных капиталовложениях и в короткие сроки можно создать производство эффективных и дешевых пористых заполнителей. Особенно выгодно производство природных пористых заполнителей на основе каменных отходов, образовавшихся от добычи штучного стенового камня из пористых горных пород в разрабатываемых или заброшенных карьерах.

Создание в каменных карьерах дробильно-сортировочных установок по выпуску фракционированных пористых заполнителей, как правило, не представляет особых затруднений. Несколько усложняется создание таких производств в районах с холодным и влажным климатом, когда горные пористые породы перед переработкой в заполнители требуют предварительной сушки.

Систематическое использование в строительстве природных пористых заполнителей началось в период первой пятилетки (1928—1929 гг.), когда в строй вступили крупнейшие для того времени предприятия «Ани-пемза» и «Артик-туф» по разработке месторождений анинской пемзы и арктического туфа. Впервые в СССР, начиная со здания Института марксизма-ленинизма в Тбилиси, из легкого железобетона на основе заполнителей из анинской пемзы и арктического туфа, стали возводить жилищно-гражданские, промышленные и общественные объекты, в том числе с применением двухпустотных настилов «Симкар». Строительство конструкций и со-

оружений из легкого железобетона продолжалось и в годы войны (сборные шестипустотные и ребристые плиты промышленных покрытий, фермы пролетом до 20 м, цилиндрические оболочки пролетом 6 м, оболочки размерами в плане 18×26 м и 20,6×25 м из легкого железобетона и др. С 1949 по 1957 г. легкий железобетон широко применяли также в транспортном строительстве при возведении мостов, виадуков, путепроводов.

В Армянской ССР, где общие запасы пористых горных пород, пемзы, туфа, вулканических шлаков и других исчисляются миллиардами кубометров, бетон и железобетон на их основе с обычной и напрягаемой арматурой в настоящее время получил преимущественное применение во всех областях строительства, включая также гидротехнические и транспортные сооружения. Удельный вес применения бетона и железобетона на пористых заполнителях составляет свыше 70% от всего объема применения бетона и железобетона. Ежегодное производство природных пористых заполнителей достигло 6 млн. м³, причем часть их вывозят в другие республики.

Первоочередное внимание в последние годы уделяется развитию производства туфовых заполнителей на основе отходов от добычи туфовых стеновых камней и облицовочных плит, накопившихся в разрабатываемых и заброшенных карьерах. Полная отработка этих карьеров на всю толщину полезного слоя позволит рекультивировать тысячи гектар нарушенных земель и вернуть их в сельскохозяйственный оборот.

Среди различных туфовых заполнителей к наиболее легким относятся арктические, обеспечивающие получение бетонов марки до М200 с объемной массой до 1500 кг/м³ и к наиболее прочным — агаватунские, обеспечивающие получение бетонов марок до М500, с объемной массой до 1900 кг/м³. Из-за ограниченных запасов в республике кварцевых песков в тяжелых бетонах начинают использовать пористые пески в сочетании с плотным крупным заполнителем.

Грузинская ССР в настоящее время располагает крупными залежами пористых вулканических пород, в основном вулканических шлаков. Запасы последних превышают 200 млн. м³. Исследования легкого бетона на местных заполнителях проводят с 1959 г. в ГрузНИИСтроме, ИСМИС АН ГССР, ГрузНИИЭГС, ТбилЗНИИЭП, ГПИ им. В. И. Ленина. Помимо изучения вулканических шлаков разных месторождений ГССР и бетонов на их основе найдена возможность упрочнения низкопрочных природных пористых заполнителей двумя способами: обжигом природного пористого щебня, предварительно облощенного смесью из измельченного песка той же породы, что и щебень, с добавлением глины и обжигом до спекания щебня из тедзамского туфа во вращающейся печи.

В настоящее время объем легкого бетона в производстве стеновых панелей блоков превышает 250 тыс. м³ в год.

Бетоны на вулканических шлаках применяют в разнообразных областях строительства. Мощности предприятий, разрабатывающих заполнители из вулканических шлаков, составляют 300—400 тыс. м³. Планируется увеличить производство местных пористых заполнителей и удельный вес применения конструкций из легкого железобетона. При этом себестоимость 1 м³ вулканического шлака не будет превышать 2 р.

В Азербайджанской ССР имеются месторождения пористых горных пород осадочного происхождения — ракушечных известняков, пригодных для производства пористых заполнителей для бетонов. Разведанные запасы пористых известняков можно расширить. В настоящее время их в основном используют в качестве стенового и облицовочного материала. Наряду с основной продукцией при механизированной обработке каменных месторождений образуется около 50% отходов, пригодных для переработки в пористые заполнители. Ежегодно на карьерах республики образуется около 2 млн. м³ отходов, которые еще не используются. Огромное количество отходов накопилось в отвалах и старых выработках в каменных карьерах. При организации переработки отходов в заполнители можно с малыми капитальными затратами обеспечить строительство эффективными дешевыми мелкими и крупными заполнителями для бетонов. Получаемые пористые заполнители по прочности сдавливанием в цилиндре составляют 3,5...30 МПа.

В последнее время предприятия Минпромстроя и Главбастроя АзССР

применяют известняковые щебни и пески в производстве бетонных и железобетонных изделий. Предполагается увеличить производство заполнителей из отходов камнепиления в 1985 г. до 135 тыс. м³. Экономия от применения таких заполнителей по сравнению с плотными составит 1,5...4,65 р. на 1 м³ бетона.

На основе заполнителей из пористых ракушечных известняков изготавливают бетоны марок до М500, причем расход цемента на 1 м³ по сравнению с тяжелыми бетонами несколько снижается.

В Украинской и Молдавской ССР сосредоточено более половины всех запасов имеющихся в стране пильных известняков (более 2,5 млрд. м³).

Большинство из разведанных месторождений пильных известняков Украины расположено в южном и юго-западном экономических районах. Из 131 разведанного на Украине месторождения пильных известняков эксплуатируется 95. Разработка горной массы с учетом потерь при добыче составляет 13,5 млн. м³. На западе УССР и в Закарпатье имеются значительные запасы вулканических туфов, которые разрабатываются местными строительными организациями и используются в качестве стенового камня и облицовочных плит.

В Молдавии пильные известняки расположены преимущественно в северных и центральных районах республики. Учтено 44 месторождения с общими запасами пильного камня около 500 млн. м³. Эксплуатируется 20 месторождений с общими запасами более 130 млн. м³.

При разработке пильных известняков в отвалы идет 25...70% перерабатываемой горной массы. Установлено, что известняковые пески, получаемые из отходов камнедобычи низкопрочных пород, могут заменить кварцевые пески в бетоне на тяжелом щебне, на керамзитовом гравии и т. п. В Одессе на базе известнякового песка и щебня налажено производство крупных стеновых блоков для гражданского и промышленного строительства. В Керчи возведен экспериментальный 80-квартирный жилой дом со стенами и панелями перекрытий из бетона на ракушечных заполнителях. Экономический эффект от внедрения отходов камнедобычи колеблется от 0,65 до 11,66 р. на 1 м³ изделия.

В европейской части РСФСР наиболее распространены пористые карбонатные породы (Ростовская область, Краснодарский и Ставропольский края, Дагестанская АССР, Волго-Вятский район и др.), туф, пемза, пепло-пемза (Кабардино-Балкария, Северная Осетия и др.). Месторождения пористых пород

разрабатываются для получения пильного камня. Отходы при камнепиении, составляющие 40—50%, идут в отвалы. При современном уровне добычи пильного камня можно получить миллионы кубометров пористых заполнителей из туфов и известняков-ракушечников без дополнительных затрат на разработку месторождений. Себестоимость 1 м³ карбонатного песка составляет 1—2 р.

Пористые заполнители из известняков-ракушечников, туфов и пемз используются в бетонных и железобетонных изделиях для жилищного, гражданского и промышленного строительства. При замене в керамзитобетоне кварцевого или дробленого керамзитового песка карбонатным снижаются расход цемента и стоимость бетона. В Горьковской области стоимость 1 м³ керамзитового песка равна 9,60 р., кварцевого — 4,80 р. и карбонатного — 2 р.

На Дальнем Востоке, в Сибири и в Средней Азии разведанные промышленные запасы пористых горных пород сосредоточены, главным образом, на территории Дальнего Востока и частично в Забайкалье, в Читинской, Камчатской, Сахалинской, Магаданской областях, Приморском и Хабаровском краях. Эти породы представлены вулканическими шлаками, пемзами, пористыми базальтами или агломератовыми туфами. К крупнейшим относятся запасы пористых горных пород на Камчатке. Здесь широко применяют в строительстве вулканические шлаки. Ежегодный объем их добычи составляет 310 тыс. м³. Имеются месторождения пемзы.

Перспективно комплексное использование природных пористых заполнителей Камчатки для всего региона. Наличие практически неограниченных запасов

природных пористых заполнителей Камчатки позволит резко расширить производство легких бетонов на их основе и одновременно уменьшить капитальные вложения на создание предприятий по получению плотных искусственных пористых заполнителей.

Выводы

Создание производства дешевых фракционированных природных пористых заполнителей из пористых горных пород вулканического и осадочного происхождения требует незначительных капиталовложений, небольших затрат технологического топлива и может быть осуществлено в короткие сроки.

На природных пористых заполнителях в зависимости от их вида можно получать бетоны от самых легких, обладающих высокими теплоизоляционными свойствами и низкой объемной массой, до высокопрочных для ответственных несущих конструкций различного назначения. В целях дальнейшего повышения эффективности применения природных пористых заполнителей следует расширить исследования по получению их рассортированными по массе и прочности.

В регионах страны, где ощущается недостаток в кварцевом песке для тяжелых бетонов или легких на искусственных пористых заполнителях замена его песками из пористых горных пород технически оправдана и экономически выгодна.

Следует унифицировать технические требования и методы испытания, установленные стандартами на плотные и пористые заполнители, а также определить границу, разделяющую эти виды между собой.

УДК 691.327

В. П. ПЕТРОВ, канд. техн. наук, Т. Н. МИЛОКУМОВА, инж. (НИИ керамзит)

Производство искусственных пористых заполнителей

В 1983 г. 427 предприятий подотрасли выпустили 42,01 млн. м³ пористых заполнителей, в том числе 33,5 млн. м³ искусственных. Наибольший удельный вес в общем объеме производства занимает выпуск керамзита (гравия и песка) — 71%. Ожидаемый к 1985 г. прирост пористых заполнителей составит 5,9 млн. м³ (15,5%) в основном за счет увеличе-

ния объемов производства керамзита (4,8 млн. м³). Несколько увеличивается выпуск перлита, зольного аглопоритового гравия и вермикулита.

Основные технико-экономические показатели производства некоторых видов пористых заполнителей представлены в табл. 1.

Несмотря на то, что керамзитовый гра-

Показатели	Искусственные пористые заполнители				
	керамзитовые песок и гравий	аглопорит	перлит	шунгизит	шлаковая пемза
Число предприятий	310	15	63	14	6
Производительная мощность, тыс. м ³	40207,2	922,3	3212,8	1274,8	2023,0
Объем производства, тыс. м ³	29815,6	809,8	2085,7	718,7	1856,1
Уровень использования производственной мощности, %	77,0	87,8	64,7	56,4	85,6
Средняя насыпная плотность, кг/м ³	516	612	96	547	756
Концентрация производства на одно предприятие, тыс. м ³	129,7	61,5	51,0	91	337,1
Рентабельность производства к производственным фондам, %	+5,5	+4,1	+19,0	+4,2	+6,1
Удельные капложения, р/м ³	16,7	11,4	12,3	22,8	3,5
Приведенные затраты, р/м ³	14,03	11,32	11,70	19,92	3,06
Удельный расход топлива, кг/м ³	97,4	88,3	30,2	97,0	—
Расход электроэнергии, кВт·ч/м ³	23,6	25,2	15,7	20,6	5,6

вий характеризуется высокими себестоимостью и энергоемкостью производства, он остается основным крупным пористым заполнителем. Производство шлаковой пемзы сдерживается из-за ограниченности сырьевой базы, поскольку основную часть доменных шлаков используют для получения гранулированных шлаков. Аглопорит уступает керамзиту по качеству. Перлит используют в основном для изготовления теплоизоляционных изделий и засыпок.

Производство керамзитового гравия располагает мощной сырьевой базой, имеющейся практически во всех экономических районах страны, которая обеспечивает работу предприятий на длительную перспективу. Практически неисчерпаемым сырьем для керамзита являются углеотходы, а также золы и шлаки ТЭС.

Современное производство керамзита имеет существенные недостатки. К ним относятся несоответствие между объемами выпуска гравия и песка. Керамзитовый песок получают в объеме 2,5 млн. м³ (8,4% общего выпуска) при требуемом 6—7 млн. м³ (20—25%). Высока среднеотраслевая насыпная плотность керамзита, недостаточен объем выпуска керамзитового гравия марок 300—400, необходимых для получения эффективных стеновых однослойных панелей (14% вместо требуемых 40%). Имеющаяся сырьевая база позволяет получать необходимое количество гравия марок 300—400. Действующие предприятия, особенно построенные в 50—60-х гг., слабо оснащены системами пыле- и газоочистки. Степень оснащения предприятий очистными аппа-

ратами составляет в среднем по подотрасли всего 23—25%. Уровень освоения мощностей низок и составляет 77%.

Одной из основных причин, вызвавших отмеченные недостатки, является ведомственная разобщенность подотрасли. Предприятия по производству керамзитового гравия входят в состав более 20 различных ведомств. Это явилось причиной появления неоправданно большого числа мелких нерентабельных производств с высокими удельными затратами всех видов ресурсов, низкими условиями труда и пр. Отрицательно сказывается на развитии подотрасли отсутствие единой технической политики. Предприятия строились и продолжают строиться по проектам, созданным различными проектными организациями, подчас без учета основ производства керамзита.

Длительные сроки освоения мощностей, обусловленные вводом в эксплуатацию недостроенных, недоукомплектованных объектов, а также значительный физический и моральный износ большого числа действующего оборудования, введенного в 50—60-х гг., сдерживает производство керамзита. В ближайшие годы эти недостатки и причины, их вызвавшие, должны быть устранены.

НИИКерамзитом детально проанализирована работа действующих предприятий по производству керамзита и разработаны основные мероприятия по устранению недостатков в их деятельности. Главными из них являются улучшение подготовки сырья и формования сырьевых гранул; применение при необходимости корректирующих добавок, улучшающих химический состав сырья, повышающих его вспучиваемость

и прочность гранул, широкое внедрение посыпки гранул огнеупорным порошком, применение в сушильных барабанах трубчатых теплообменников; внедрение на отдельных technically оснащенных предприятиях устройств по вводу вторичного воздуха.

Для увеличения объемов производства пористого песка необходимо построить специализированные предприятия по получению крупного пористого песка (фракций 1—5 мм), в качестве мелкой фракции использовать золы ТЭС. На внедрение указанных мероприятий могут потребоваться 170—200 млн. р. капитальных вложений. Еще 40—50 млн. р. необходимо на осуществление обеспыливания действующих установок и улучшения условий труда.

Это позволит увеличить объем выпуска продукции на 14 млн. м³, в том числе пористого песка — на 4 млн. м³, снизить удельные затраты, в том числе топлива — на 20% (удельный расход топлива будет снижен на 17—18 кг/м³), себестоимость продукции почти на 2 р/м³, среднеотраслевую насыпную плотность на 70 кг/м³, повысить выход гравия марок 300—400 на 40—45%.

Целесообразно часть средств, отпускаемых на развитие подотрасли, выделить на осуществление указанных мер по техническому перевооружению предприятий, основную часть — на строительство новых заводов в развивающихся районах.

Дальнейшее поступательное развитие производства искусственных пористых заполнителей связано с внедрением механизированных и автоматизированных высокопроизводительных технологических линий, работающих, в основном, на отходах промышленности (золах ТЭС и углеотходах). Это потребует организационной перестройки работы предприятий подотрасли. В крупных городах целесообразно создать объединения по производству пористых заполнителей на базе действующих. Необходимо также построить и освоить опытно-промышленные технологические линии по производству керамзита из углеотходов и зол ТЭС мощностью 200—300 тыс. м³ заполнителей в год. Использование топливосодержащих отходов промышленности — это один из наиболее перспективных путей снижения материалоемкости производства искусственных пористых заполнителей.

М. П. ЭЛИНЗОН, С. Г. ВАСИЛЬКОВ, кандидаты техн. наук (ВНИИСТРОМ);
В. Н. ЯРМАКОВСКИЙ, канд. техн. наук (НИИЖБ);
С. Е. АЛЕКСАНДРОВ, канд. техн. наук (ЦНИЛ Главлипецкостроя);
Г. И. ПОЛАДКО, канд. техн. наук (НИИСМИ)

Легкие бетоны на пористых заполнителях из промышленных отходов

Из промышленных отходов наибольшее практическое значение для производства пористых заполнителей легких бетонов имеют металлургические шлаки, золы и шлаки тепловых электростанций (ТЭС), а также породы, получаемые при обогащении углей на углеобогатительных фабриках.

Ежегодный выход доменных шлаковых расплавов составляет 52,1 млн. т, а в народном хозяйстве (и в частности, в строительстве) используется 83,1%; ТЭС накапливают в год более 100 млн. т золы и шлака, используют их около 10%; а из 104 млн. т отходов углеобогащения применяют только около 5%. Остальные многомиллионные отходы транспортируют в отвалы, для чего затрачиваются значительные государственные средства, в местах хранения отходов ухудшается состояние окружающей среды.

Вместе с тем установлено, что из расплавов металлургических шлаков, зол и шлаков ТЭС, отходов углеобогащения можно организовать массовое производство эффективных пористых заполнителей для легких бетонов с марками по прочности до М600 включительно. К таким заполнителям относятся шлакопемзовый щебень и песок из доменных шлаковых расплавов, изготовляемые на шести металлургических заводах страны в объеме около 2 млн. м³ в год, доменный гранулированный шлак;

золаоглопоритовый гравий на основе золы ТЭС, производство которого освоено в Московской области (установка производительностью 40 тыс. м³ в год) и в Молдавской ССР (завод мощностью 300 тыс. м³ заполнителя в год).

Эффективным заполнителем на основе отходов промышленности является также глинозольный керамзит. Производство его организовано в Ленинграде, Калинин, Кирове и других городах страны.

На основе отходов углеобогащения получают аглопоритовый щебень и песок. Около 25 углеобогатительных фабрик выдают в год 40 млн. т породы, пригодной для производства пористого заполнителя этого вида.

Из заполнителей на основе золы ТЭС, пока не получивших широкое применение, следует отметить обжиговой и безобжиговой зольный гравий.

Показатели основных свойств заполнителей из отходов промышленности и легких бетонов марок М50...М600 на их основе приведены в таблице. Анализ ее данных показывает, что наибольшая марочная прочность (М600) получена у легких бетонов на шлакопемзовом щебне, на безобжиговой зольной гравии (М500) при расходах цемента ниже регламентируемых строительными нормами, марка М400 достигнута для бетонов на зольноаглопоритовом гравии и глинозольном керамзите.

Показатели	Щебень из		Гравий			
	шлаковой пемзы	отходов углеобогащения	аглопоритовый из золы ТЭС	глинозольный керамзит	обжиговой зольный	безобжиговой зольный
<i>Заполнитель</i>						
Средняя насыпная плотность фракций 5...10 и 10...20 мм, кг/м ³	600...900	400...600	600...800	350...800	270...350	750...950
Прочность при сдвигании в цилиндре, МПа	0,7...2,7	0,4...1,6	1,26...4,47	1,2...6,3	0,5...1,0	3,5...8
Объем межзерновых пустот, %	50...54	48...56	40...48	40...49	40...49	40...49
<i>Бетон</i>						
Марка по прочности на сжатие	50...400	100...300	50...400	50...400	50...150	200...500
Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м ³	1400...1600 1700...1900	1300...1450 1600...1800	1050...1200 1600...1800	900...1300 1500...1700	900...1300 1500...1700	—

Примечание. Показатели шлаковой пемзы по 6-ти металлургическим заводам — Азовсталь, Криворожсталь, Челябинский, Череповецкий, Ново-Липецкий и Магнитогорский. Над чертой — с применением пористых песков для бетонов М50...М75, под чертой — с применением кварцевого песка для бетонов марок М150...М600.

Наименьшая средняя плотность конструкционно-теплоизоляционного бетона М500 получена на обжиговой зольной гравии и глинозольном керамзите, а наибольшая — на шлакопемзовом щебне. Однако следует заметить, что шлакопемзобетон с $\gamma_6^{yx} = 1400$ кг/м³ оптимального состава и структуры имеет коэффициент теплопроводности не выше, чем керамзитобетон с $\lambda_6^{yx} = 1100$ кг/м³. Это обусловлено его лучшей структурой и фазовым составом заполнителя. Расход цемента для получения бетонов М50...М75 на указанных заполнителях примерно одинаков и колеблется в интервале 200...240 кг/м³, что также ниже регламентируемых нормами.

Прочностные, деформативные и теплотехнические характеристики бетонов на рассмотренных заполнителях отвечают требованиям соответствующих СНиП. Эти бетоны имеют также высокую морозостойкость, арматура в них достаточно надежно защищена от коррозии, поэтому они пригодны для изготовления конструкций широкой номенклатуры зданий и сооружений.

Выбор вида пористых заполнителей из отходов промышленного производства должен определяться конкретными условиями данного района строительства, с обязательным учетом расхода топлива и энергозатрат на их производство. На выпуск шлаковой пемзы и гранулированного доменного шлака технологическое топливо практически не расходуется. По сравнению с керамзитовым гравием, на производство 1 м³ которого по данным НИИКерамзита расходуется 103,2 кг усл. топлива, на изготовление зольноаглопоритового гравия затраты существенно меньше — 40 кг усл. топлива, а на аглопоритовый щебень из отходов углеобогащения — 30 кг усл. топлива. Расход электроэнергии (в кВт·ч) на производство 1 м³ керамзитового гравия составляет 24, щебня и песка аглопоритовых — 47,4, щебня и песка из шлаковой пемзы — 6,2. На производство опытных партий безобжиговой зольной гравии расходовалось 20 кВт·ч.

Таким образом, наименьшие затраты топлива и электроэнергии характерны для шлаковой пемзы. Она имеет и более низкую стоимость и себестоимость, ее оптовая цена — 2,59 р/м³. Все это позволяет считать, что в металлургических и близлежащих районах строительство должно вестись с преимущественным использованием шлаковой пемзы в качестве заполнителя легких бетонов.

Следует отметить необходимость улучшения качества шлаковой пемзы, в частности снижения насыпной плот-

ности (γ_n) и повышения показателей однородности ($K_{одн}$) по основным свойствам. Это особенно относится к шлаковой пемзе, выпускаемой заводами «Азовсталь» и Криворожским металлургическим. Некоторые успехи в работе по улучшению качества шлаковой пемзы достигнуты на Ново-Липецком и Череповецком металлургических комбинатах. В настоящее время средняя величина $\gamma_0^{ср}$ заполнителя фракции 10..20 мм соответственно составляет 700 кг/м³ и 650 кг/м³ при прочности в цилиндре ($R_а^{ср}$) — 0,95 МПа и 0,75 МПа. Это, по существу, лучшие показатели щебневидной шлаковой пемзы гидроэкранным способом производства.

Перспективной является гравиеподобная шлаковая пемза, производство которой по барабанной технологии УралНИИстромпроекта освоено в тресте Южуралметаллургстрой из доменных шлаковых расплавов Саткинского металлургического завода (СатМЗ). Эта пемза предпочтительнее по насыпной плотности, межзерновой пустотности, водопоглощению и особенно по $K_{одн}$ по сравнению со шлакопемзовым щебнем, получаемым из близких по химико-минералогическому и фазовому составам доменных шлаковых расплавов Магнитогорского металлургического завода, поризуемых по водоструйной технологии.

Установлено, что конструкционно-теплоизоляционный легкий бетон на гравиеподобной шлаковой пемзе СатМЗ может быть получен при уменьшении расхода шлакопอร์ตландцемента марки 400 на 7..9% по

сравнению с равномарочным и равноконсистентным бетоном на шлакопемзовом щебне Магнитогорского завода. При этом средняя плотность такого бетона меньше на 3,5—8%, а коэффициент теплопроводности ($\lambda_0^с$) — на 15..16% в основном за счет лучшей микроструктуры гравиеподобного заполнителя. В конструкционном легком бетоне марок М200..М400 замена шлакопемзового щебня гравиеподобной пемзой позволяет снизить расход цемента на 10—30% при получении равнопрочного бетона. К сожалению, расширение производства гравиеподобной шлаковой пемзы на других заводах Минчерметом не планируется.

Представляется перспективным и другой новый вид пористого заполнителя из доменных шлаковых расплавов — шлакопемзовый гравий. В опытным порядке он получен на гидроэкранный установке треста Железобетон Главлипецкстроя, оборудованной механическим лопастным диспергатором барабанного типа. По сравнению с традиционным шлакопемзовым щебнем, получаемым на Ново-Липецком металлургическом комбинате, шлакопемзовый гравий, имеющий плотную остеклованную оболочку, имеет лучшие показатели $K_{одн}$ и P_m . Это предполагает получение конструкционно-теплоизоляционного бетона на его основе с пониженным расходом цемента и коэффициентом теплопроводности.

Выполнены исследования, позволившие снизить в производственных условиях среднюю плотность бетона на традиционном шлакопемзовом щебне с 1600..1650 кг/м³ (в сухом состоянии)

до 1400..1450 кг/м³, а коэффициент теплопроводности — с 0,382 до 0,324 Вт/(м·К). Это было достигнуто за счет оптимизации гранулометрического состава шлакопемзового заполнителя и оптимальной (9—10%) поризации растворной части бетона воздухововлекающими добавками. С применением тонкомолотой добавки гранулированного доменного шлака получен шлакопемзобетон с уменьшенным на 10—15% расходом цемента при сохранении средней его плотности и прочности. Коэффициент теплопроводности бетона при этом снизился на 5—6%.

При замене до 10% шлакопอร์ตландцемента шлаком-отходом нейтрализации известью сернокислых травильных растворов, выбрасываемых на метизных и сталепрокатных заводах страны в отвалы в объеме около 1 млн. т ежегодно, коэффициент теплопроводности шлакопемзобетона М50 был снижен на 12%. При этом появилась возможность снизить температуру изотермического прогрева бетона стеновых изделий с 90 до 60°С.

Разработки в области конструкционно-теплоизоляционного шлакопемзобетона позволяют в ряде районов страны (Липецкая, Вологодская, Челябинская области и др.) вместо керамзитобетонных применять панели стеновых зданий из шлакопемзобетона с сохранением их толщины при средней плотности на 300 кг/м³ большей, чем у равнопрочного керамзитобетона (рис. 1). Экономический эффект при этом составляет в среднем 16 р. на 1 м³ бетона.

Исследовалась возможность повышения марочной прочности конструкционного шлакопемзобетона при пластичных бетонных смесях с целью применения в крупноразмерных и тонкостенных преднапряженных конструкциях. Шлакопемзобетон марок М400..М600 был получен при расходе цемента ниже регламентируемых СН-386-74, исследован и внедрен при изготовлении большепролетных плит покрытий промышленных зданий.

Например, из шлакопемзобетона марки М400 при использовании пластифицирующей добавки СДБ (бетонная смесь с О.К. 4..5 см) в П/О Череповецметаллургхимстрой были изготовлены панели-оболочки типа КЖС размерами 3×24 м, а в Главлипецкстрое — ребристые плиты покрытий размерами 3×12 м (рис. 2) и панели типа «П» размерами 3×18 м. Испытания конструкций показали, что они удовлетворяют требованиям СНиП по прочности, жесткости и трещиностойкости, ими могут быть заменены анало-



Рис. 1. Строительство жилых зданий серии 125 в Череповце с ограждающими и несущими конструкциями из шлакопемзобетона



Рис. 2. Плиты покрытия 3×12 м из шлакопемзобетона марки М400 для промышленных зданий Липецка

гичные конструкции из тяжелого бетона. Экономический эффект от их внедрения составляет 2—3 р. на 1 м^3 бетона. Объем комплексного применения шлакопемзобетона в ограждающих и

несущих конструкциях на предприятиях Минтяжстроя СССР, обеспеченный подготовкой технологических линий, а также проектной и нормативной документацией, превышает 10 млн. м^3 . Но

для этого требуется около 15 млн. м^3 шлакопемзового заполнителя, что более чем в 7 раз превышает имеющийся в настоящее время реальный объем его производства.

Сырьевым источником для получения заполнителей легких бетонов могут служить также шлаки, выплавляемые в электросталеплавильных и чугунолитейных цехах машиностроительных заводов.

В опытно-промышленных условиях доказана эффективность использования в легких бетонах пемзы из шлакоз ферросплавных производств — электропечного ферромарганца и силикамарганца. Другим сырьевым ресурсом для производства пористых заполнителей являются шлаки-отходы электротермического производства фосфора.

Таким образом, в нашей стране имеется значительная сырьевая база отходов различных отраслей промышленности, которые могут быть эффективно использованы для изготовления пористых заполнителей легких бетонов и конструкций из них, а также как добавки-микронаполнители, позволяющие сократить расход цемента.

УДК 691.327:666.973.2.001

И. А. ИВАНОВ, д-р техн. наук (Пензенский инженерно-строительный ин-т)

Совершенствование легких бетонов на основе промышленных отходов

Качество легких бетонов обычно характеризуется снижением их плотности, повышением прочности, сокращением затрат цемента и энергоемкости керамзита. Наряду с этими показателями имеются дополнительные возможности, которые реализуются еще не в полной мере. К ним относится повышение качества самого пористого заполнителя и, в первую очередь, керамзита. Этого можно достигнуть при полной или частичной замене стандартных заполнителей попутными продуктами промышленности. Необходимо совершенствование структуры легких бетонов, ориентация на такие бетоны, прочность которых была бы не выше минимально необходимой, повышение доли стекловидной фазы заполнителей для наружных стеновых ограждающих конструкций.

Известно, что естественные пористые заполнители экономичнее искусственных, однако на их долю приходится лишь

8% в балансе таких заполнителей по стране. В последние годы тенденция замены тяжелых плотных заполнителей искусственными пористыми усиливается и диктуется не только стремлением к снижению массы конструкции, затрат на их транспортирование и монтаж, но и природными условиями нашей страны, на большей части которой нет естественного камня и хорошего песка. В тех регионах, где имеются требуемые горные породы, их дальнейшая разработка приводит к нарушению многих уникальных природных комплексов, таких, как Жигули, предгорья Кавказа и др. Не менее важно усилить утилизацию зол, шлаков и других отходов, загрязняющих окружающую среду.

В настоящее время основную долю пористых заполнителей изготавливают из природных глинистых пород. На долю попутных продуктов промышленности

приходится лишь 5%. При этом на добычу сырья из недр земли требуется в 2,5 раза больше капитальных вложений, чем на их переработку.

Для улучшения конструкций из легкого бетона и в первую очередь, ограждающих, необходимо обеспечить заводы сборного железобетона пористым песком.

Золы ТЭС представляют собой готовый мелкий заполнитель, заменяющий часть кварцевого песка в тяжелых бетонах и почти полностью в легких. Пористость отдельных частиц золы составляет 10—20%, в результате чего средняя плотность легких бетонов при замене песка золой снижается примерно на 200 кг/м^3 . Увеличивается коэффициент термического сопротивления материалов, улучшается формоустойчивость бетонной смеси и обеспечивается сохранность формы при немедленной распалубке.

В отличие от обычных бетонов, где между частицами песка имеются достаточно крупные пустоты, которые плотно заполняются цементным тестом, в зольном бетоне такой возможности нет. Будучи соразмерными частицы золы и цемента не образуют жесткого каркаса. Оптимизация зернового состава таких систем чрезвычайно важна. Избыток цемента ведет к раздвижке частиц золы, при которой возрастает усадка и снижается морозостойкость. Излишне малое количество цемента (менее 180 кг/м³) вызывает разжижение цементного теста, необходимого для смазывания всех частиц золы. Нельзя забывать о том, что удельная поверхность золы на один-два порядка выше, чем песка.

При недостатке цемента может начаться коррозия стальной арматуры. Ее вызывают три фактора: снижение щелочного индекса бетона ($pH < 11,8$) в результате химического взаимодействия гидроксида кальция с золами ТЭС или пылевидной частью керамзита; повышение газопроницаемости бетона на пористых заполнителях по сравнению с тяжелыми, усиливающей диффузию кислорода к арматуре; наличие у зол некоторых углей повышенного количества сульфидных соединений.

Для защиты стальной арматуры в керамзитозолобетоне НИИКерамзит и НИИЖБ рекомендуют в ТУ 21-31-45-82 расход цемента не менее 200 кг/м³. Следует также учитывать трещиностойкость бетона: чем она выше, тем надежнее сохраняется арматура. Локализацию микротрещинообразования и связанную с ним сохранность арматуры можно гарантировать при разности модулей упругости растворной части и пористого заполнителя в пределах $E_p/E_z = 1-3$. Поскольку изменение соотношения между золой и цементом мало влияет на гранулометрию их смеси, более результативно оптимизировать ее третьим компонентом: песком, дробленным керамзитом или аглопоритом, доменным граншлаком и другими пористыми, но более крупными, чем зола, частицы.

Керамзитозолобетонные панели начали применять в 1958 г. строители Москвы, несколько позднее — Новосибирска. Сейчас их изготавливают на Киевском ДСК-4. Московские строители использовали золы Каширской и Новомосковской ТЭС, частично Алексинской ТЭЦ, образующихся при сжигании бурых углей, ППП которых не превышали 3—5%. Используемые в настоящее время угли имеют ППП значительно выше. Опыт новосибирских строителей отличается от московских применением

золы с повышенным содержанием не сгоревших остатков (ППП до 15%) и сухим ее отбором.

По установленным Госкомцен СССР оптовым ценам золы ТЭС являются самым дешевым мелким пористым заполнителем для легких бетонов (1 т золашлаковой смеси ТЭС стоит 0,35 р.).

До последнего времени считалось, что получение пористого песка дроблением керамзита экономически не оправдано. Действительно, выход песка на 1 м³ керамзита не превышает 0,5—0,7 м³. Однако и расход пористого песка на 1 м³ бетона значительно меньше, чем керамзита.

В 1976—1977 гг. в содружестве с Пензасельстроем в совхозе Степановский был построен коровник на 200 голов, все конструкции которого (несущие и ограждающие) выполнены из керамзитобетона на дробленном пористом песке. Подобный производственный опыт для животноводческих зданий был осуществлен впервые в Советском Союзе. Плотность керамзитобетона на превышала 1600 кг/м³, снижение общей массы здания по сравнению с тяжелым бетоном составило 68 т, или 27,4%, экономия арматуры — 8%.

Обследование этого здания через 7 лет эксплуатации показало, что прогиб несущих конструкций не превышает расчетного, арматура надежно защищена от коррозии.

Опыт применения дробленного керамзитового песка подтверждает высокую эффективность рассматриваемого заполнителя. Так, для мелкозернистого бетона на обжиге и дробленном песке прочность при расходе цемента 500 кг/м³ составила соответственно 22,5 и 30,5 МПа, а удельный расход цемента на единицу прочности бетона соответственно — 2,22 и 1,64 кг.

Растворная часть в этом случае представлена мелкозернистым бетоном с предельной крупностью заполнителя 1,25 мм. При использовании в качестве мелкого заполнителя зол ТЭС подобный показатель не достигим.

Рационально комбинировать эти пористые заполнители, прежде всего исходя из сокращения расхода цемента. Доля золы должна составлять 0,2—0,25 объема дробленного керамзитового песка. Подобный опыт имеется в Новосибирске и Киеве.

Экономии дробленного песка в конструктивных бетонах можно добиться использованием смеси тяжелого и дробленного песка при объеме последнего до 25%. В этом случае прочность бетона достигает 58 МПа, а плотность не превышает 1725 кг/м³.

Из освоенных в Советском Союзе

зольных заполнителей особое значение имеет глинозольный керамзит, поскольку для его производства не требуется создания новых специализированных предприятий. Новое производство может успешно функционировать лишь при выполнении определенных требований, предъявляемых к сырью, как смеси двух компонентов. Функции золы сводятся к обеспечению смеси стекловидной фазой без температурных аномалий. В результате привнесения кристаллов муллита повышается степень кристаллизации керамического тела, благодаря выгоранию ококсированных частиц золы снижается расход топлива. Глина обеспечивает связанность частиц золы до обжига, позволяет получить расплав в определенном температурном интервале, создает устойчивый источник кислорода, выделяющегося в результате дегидратации глинистых минералов и обеспечивающего выгорание ококсированных частиц золы.

В соответствии с «Указаниями по технологии производства глинозольного керамзита» многообразие сочетания глинистых пород с золами ТЭС может обеспечить изготовление керамзита с насыпной плотностью менее 500 кг/м³ или повышение прочности керамзита и перевод его по этому показателю в более высокую категорию качества.

Положительный опыт изготовления из глинозольного керамзита плит на пролет 3×18 и 3×24 м был осуществлен Главкузбасстроем в Кемерове. Для опытных плит размером 3×24 м кварцевый песок заменен мелким гранулированным доменным шлаком. Для плит 3×18 м оставлен тяжелый кварцевый песок. Обследование плит покрытия 3×18 м, установленных в здании базы УМТК Главкузбасстроя, после 5 лет эксплуатации при высоких снеговых нагрузках подтвердило их достаточную жесткость и трещиностойкость. Прогиб за указанный период не превышает расчетного.

Продолжительное время одним из недостатков легких бетонов считалась их повышенная ползучесть. Исследования, проведенные в Пензенском инженерно-строительном институте и НИИЖБ, показали возможность ослабления этого явления. Во внимание должна приниматься не только марка бетона и его модуль упругости, но и ползучесть самих зерен заполнителя.

Главным резервом улучшения показателей гранул из глинистого сырья и попутных продуктов промышленности является снижение интенсивности микротрещинообразования в процессе их изготовления. Зольные заполнители благоприятнее, чем глинистые, в результате

их меньших усадочных деформаций при сушке и обжиге. Вместе с тем для них характерна и менее выраженная обжиговая оболочка.

Установлено, что сближение показателей упругих характеристик компонентов бетона E_p и E_a позволяет снизить деформации ползучести легкого бетона на 50%. При изготовлении плит на

пролет 3×18 и 3×24 м с учетом этого критерия модуль упругости составил $(21,2—22,3) 10^3$ МПа и его мера ползучести — $(1,82—1,94) 10^{-5}$ (МПа) $^{-1}$.

При производстве зольных заполнителей образуется фракция менее 5 мм. Работы, проведенные в новосибирске, показали, что на базе подобных отхо-

дов можно организовать производство известково-аглопоритового вяжущего, применение которого позволит получить легкобетонные конструкции без цемента. При количестве извести около 20% и автоклавном твердении легкие бетоны имеют марку по прочности М200—М300 и среднюю плотность 1400—1500 кг/м 3 .

УДК 691.327:620.193.2

Г. И. ГОРЧАКОВ, д-р техн. наук, проф. (МИСИ);
В. Ф. СТЕПАНОВА, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Долговечность легких бетонов и конструкций, изготовляемых с использованием отходов промышленности

Многочисленными исследованиями в области технологии легких бетонов установлено, что стойкость их в агрессивной среде определяется стойкостью заполнителя к действию растворов кислот, а также обратимыми изменениями объема заполнителей при переменном увлажнении и высыхании.

Причиной деструкции зерен и искусственного пористого заполнителя может быть гидратация свободных оксидов СаО и MgO, образовавшихся при термической диссоциации крупных частиц известняка и доломита. Объемные изменения вызывает также частичная регидратация гидрослюд и дегидратированного глинистого вещества, не аморфизированного вследствие нарушения технологии агломерации шахтной породы. Столь же нежелательные явления вызывает невыгоревшее органическое вещество, набухающее при увлажнении и окислительных процессах. Распад шлаковых заполнителей может происходить вследствие перехода двухкальциевого силиката из β в γ -модификацию с увеличением объема на 10%, либо из-за окисления сульфидов железа и марганца в гидрослюды с возрастанием объема твердой фазы. Создание плотной структуры легких бетонов возможно с учетом изменчивости реологических свойств бетонной смеси, обусловленной частичным поглощением жид-

Таблица 1

Вид заполнителя	Количество СаО, мг, поглощенной в процессе термообработки 1 г заполнителя крупностью, мм			
	5—10	10—20	0—5	≤ 0,15
Перлит	28	25	252	319
Шлаковая Пемза	—	19	259	308
Керамзит	30	21	185	265
Аглопорит	62	63	110	—
Шунгизит	31	15	150	273

кой фазы пористым заполнителем и гидратацией вяжущего в присутствии активного пористого заполнителя. Имеется большое число экспериментальных данных, позволяющих констатировать, что бетоны на пористых заполнителях в некоторых агрессивных средах при солевой форме физической коррозии являются более стойкими, чем тяжелые бетоны. Однако долговечность армированных конструкций зависит не только от стойкости самого бетона, но и от его способности длительно защищать стальную арматуру от коррозии [1].

Отличительная способность защитного действия бетона на пористых заполнителях по отношению к стали определяется физико-химическими свойствами заполнителя [2]. Известны пористые, искусственные и естественные заполнители, которые, не являясь агрессивными по отношению к стали, способны

в процессе термообработки связывать гидроксид кальция, приводя к снижению рН жидкой фазы бетона, а в дальнейшем — к развитию коррозии арматуры в нем.

Работами последних лет установлено, что практически все пористые заполнители, в составе которых имеются окиси кремнезема и алюминия, обладают гидравлической активностью. Интенсивность поглощения гидроксида кальция различна для разных видов и фракций заполнителя (табл. 1).

Как видно из табл. 1, наибольшей активностью обладают пылевидные фракции ($\leq 0,14$ мм); с увеличением крупности заполнителя гидравлическая активность его снижается. Кроме того, необходимо отметить, что активность всех исследуемых пористых заполнителей повышается при гидротермальной обработке. В табл. 2 на примере шунгизита показано, что ни одну из его фракций по количеству поглощенной СаО при нормальной температуре нельзя отнести к гидравлически активному материалу, тогда как при термообработке шунгизит фракции $< 1,25$ мм становится гидравлически активным материалом.

Поскольку наибольшее количество гидроксида кальция связывается мелкими фракциями пористого заполнителя, наибольшую опасность, с точки зрения коррозии арматуры представляют конструкционно-теплоизоляционные бетоны, где в качестве мелкого заполнителя применяются пористые пески, а расход цемента в них, как правило, не превышает 250 кг/м 3 .

Ускоренные и длительные коррозионные испытания стали в бетонах на пористых заполнителях свидетельствуют о том, что в пропаренных бетонах на гидравлически активных заполнителях с малыми расходами цемента коррозия арматуры наблюдается сразу после термообработки. При эксплуатации конструкций из таких бетонов в условиях повышенной относительной влажности среды ($\varphi > 60\%$) коррозия арматуры интенсивно развивается. Учитывая изложенное, необходимо при проектировании состава

Таблица 2

Условия твердения	Количество СаО, мг, поглощенной 1 г шунгизита фракции, мм						Прошло через сито	
	10—20	5—10	2,5—5	1,25—2,5	0,6—1,25	0,3—0,6	0,15—0,3	< 0,15
Нормальное Пропаривание	3—5 15	3—5 31	19 74	19 93	14 147	29 195	46 240	50 273

бетона на пористом заполнителе в конструкциях, предназначенных для агрессивных сред, где в качестве мелкого заполнителя используется пористый песок, назначать расход цемента в зависимости от активности мелкого заполнителя, его расхода и вида применяемого вяжущего.

В табл. 3 приведены данные по оценочной степени активности песка в зависимости от количества поглощенной СаО.

Таблица 3

Группа заполнителей	Характеристика гидравлической активности	Количество СаО, мг, связанное 1 г материала в процессе ТВО
I	Неактивные	до 25
II	Слабоактивные	до 50
III	Среднеактивные	до 100
IV	Сильноактивные	>100

Критическое содержание портландцемента и его разновидностей в таких бетонах может быть рассчитано по формуле

$$Ц_{кр} \geq \frac{K \Sigma Pa}{0,43 \alpha C_3S + 0,11 \beta C_2S}$$

или при $C_2S < 25\%$

$$Ц_{кр} = \frac{K \Sigma Pa}{0,43 \alpha C_3S}$$

где K — коэффициент запаса: $K=1,25$; P — содержание песка и пыли, $кг/м^3$ бетона с учетом увеличения ее содержания при перемешивании бетонной смеси; σ — количество СаО, мг, которое может быть связано 1 кг заполнителя; α, β — степень гидратации: $\alpha=0,8$; $\beta=0,6$.

Повысить защитные свойства таких бетонов по отношению к арматуре можно не только увеличением расхода цемента, но и введением добавок-ингибиторов коррозии стали.

В последние годы в производстве строительных материалов все более широкое применение находят вторичные ресурсы, прежде всего промышленные отходы (металлургические шлаки, шламовые отходы, отходы топливной промышленности и энергетики, золы и золошлаковые смеси, фосфорные шлаки, железистые и кремнеземистые отходы и др.).

Замена отходами части цемента или песка способствует получению дешевого сырья, а следовательно, экономии капитальных вложений, снижению степени загрязнения окружающей среды, экономии материальных и топливно-энергетических ресурсов. При этом необходимо учитывать, что некоторые заполнители, полученные из отходов промышленности, содержат агрессивные по отношению к стали вещества, сернистые соединения, хлор, фтор, несгоревший уголь и т. п.

К ним относятся шлаки, золы, золошлаковые смеси и вяжущие материалы на их основе.

Коррозия арматуры в бетонах с применением золы зависит от соотношения цемента и золы, удельной поверхности золы, а также от содержания в ней сернистых соединений. Четкой зависимости степени коррозионных поражений арматуры от потерь при прокаливании не наблюдается.

Влияние золы на поровую структуру и долговечность бетона зависит от водопотребности золы в бетонной смеси и ее пуццолановой активности в данных условиях твердения. Эти факторы учитываются в предложенных формулах групповой пористости цементно-золного камня в бетоне. Введение золы увеличивает объем капиллярных пор в бетоне даже в длительные сроки твердения. Для повышения морозостойкости бетона следует использовать золы, наиболее активные в данных условиях твердения и снижающие водопотребность бетонной смеси. Весьма эффективно применение добавок гидрофобопластифицирующего типа [3].

Комплексные гидрофобизирующие добавки, пластифицируя бетонные смеси, повышают их удобоукладываемость с 3—4 до 16—22 см (в зависимости от состава бетона и добавки). При этом расход воды затворения уменьшается на 8—25%, что дает экономию пресной воды при изготовлении цементных смесей и сокращает расход цемента не менее чем на 10% (на 1 $м^3$ бетона).

Использование зол и золошлаковых смесей в несущих и ограждающих конструкциях должно быть обосновано не только экономически, но и необходимо обеспечение стойкости бетона и сохранности в нем арматуры, поэтому области их применения должны выбираться дифференцированно.

Долговечность плотного легкого бетона зависит от структуры растворной части (мезоструктуры), определяющей гидрофизические свойства и морозостойкость бетона. Исследования поровой структуры, проведенные на оптимально подобранном составе керамзитобетона классов прочности 7,5—25 со средней плотностью 1000—1600 $кг/м^3$, с модифицирующими добавками солей эфиров сульфокربонных кислот и водорастворимых полимерполиакриламидов, вводимые в бетонную смесь в оптимальных количествах — от 0,75% массы цемента до 0,4 для ПАВ показали, что в результате пластифицирующего эффекта снижается расход воды затворения, капиллярная пористость уменьшается на 17—57%. Уменьшение капиллярной пористости сопровождается снижением

общей пористости на 7—28% и увеличением объема пор геля. Улучшение свойств легкого бетона обусловлено также модифицирующим воздействием добавок на кристаллические новообразования, структура которых становится более мелкодисперсной, плотной и однородной.

Введение оптимального количества добавок, модифицирующих структуру легкого бетона, существенно улучшило его гидрофизические свойства — водопоглощение снизилось на 25—39% (в случае равноподвижных смесей на 50%), капиллярное всасывание и сорбционная влажность уменьшились соответственно в 2—3,2 и 1,5—3 раза, морозостойкость повысилась в 2—3 раза. Кроме того, бетоны с модифицирующими добавками характеризуются меньшими усадочными деформациями, поэтому трещиностойкость бетона с добавками, оцениваемая коэффициентом трещиностойкости, повысилась в 2,5—3,7 раза по сравнению с составом без добавок и в 4 и 5 раз для бетона, изготовленного с уменьшенным количеством воды затворения.

Структуру легкого бетона нужно проектировать так, чтобы были совместимы температурно-влажностные деформации крупного заполнителя и растворной части, используя правило аддитивности, можно подобрать состав растворной части с температурным коэффициентом линейного расширения, близким температурному коэффициенту расширения крупного заполнителя [4]. Снижению усадочных и температурных деформаций составных частей легкого бетона способствуют химические добавки, уменьшающие водопоглощение растворной части и деформации ее при замораживании бетона.

Таким образом долговечность железобетонных конструкций из бетонов на пористых заполнителях, в том числе с использованием отходов промышленности, складывается из комплекса факторов, обеспечивающих как стойкость самого бетона, так и сохранность арматуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанова В. Ф., Алексеев С. Н. Защитные свойства легких бетонов по отношению к арматуре. — В сб. трудов НИИЖБ: Новое в технологии легких бетонов на пористых заполнителях, вып. 25, 1975.
2. Степанова В. Ф. Коррозия и защита арматуры в бетонах на пористых заполнителях. — Бетон и железобетон, 1979, № 8.
3. Добавки гидрофобизирующего действия как фактор технико-экономической эффективности цементов и бетонов / Г. И. Горчаков, В. И. Соловьев, Л. А. Памашпольский, М. И. Хигерович. — В кн.: Исследование и применение бетонов с суперпластификаторами. — М.: Стройиздат, 1982.
4. Состав, структура и свойства цементных бетонов / Г. И. Горчаков, Л. П. Орендлихер, В. И. Савин и др. — М.: Стройиздат 1976.

Н. Я. СПИВАК, Н. С. СТРОНГИН, кандидаты техн. наук (ЦНИИЭПжилища)

Совершенствование индустриального домостроения из легких бетонов

В настоящее время объем строительства панельных, объемно-блочных и монолитных жилых зданий с комплексным применением легких бетонов на искусственных и естественных пористых заполнителях превышает 3 млн. м² общей площади в год. Только для крупнопанельных зданий с комплексным применением легких бетонов разработаны типовые проекты 15 серий, в том числе 6 для сейсмических районов.

Массовое жилищное строительство с комплексным применением керамзитобетона ведется в Астрахани, Белгороде, Волгограде, Кишиневе, Краснодаре, Курске, Новокуйбышевске, Элисте и др., шлакопемзобетона — в Вологде, Липецке, Орске, Череповце, Кривом Роге, Коммунарске, Жданове и др., аглопоритобетона — в Минске, бетона на природных пористых заполнителях — в Ереване, Тбилиси, Петропавловске-Камчатском и др. (рис. 1, 2 и 3).

При обычных условиях целесообразность строительства из легких бетонов в каждом конкретном регионе определяется отсутствием месторождений или разработок плотного камня или гравия; наличием залежей природных пористых заполнителей или вторичных минеральных ресурсов для их производства, а также достаточно мощной базы по выпуску искусственных пористых заполнителей. В сейсмических районах при наличии других сложных условий (просадки, подработки и пр.) целесообразность использования легких бетонов обуславливается дополнительными факторами, в первую очередь, возможностью повышения надежности зданий при одинаковом расходе материальных ресурсов.

Комплексное применение легкого бетона в домостроении по сравнению с традиционными решениями позволяет более рационально проектировать конструкции, а также снижать их массу. При этом уменьшается расход арматуры в изгибаемых элементах (перекрытиях, покрытиях, лестничных маршах, площадках и др.), ее расход на монтажные петли. За счет снижения нагрузок от собственной массы здания удастся снизить марку бетона в несущих конструкциях, расход материалов на устройство фундаментов и пр. Например, в 16-этажном доме при обычных условиях



Рис. 1. Крупнопанельные дома серии 91 в Липецке с комплексным применением шлакопемзобетона



Рис. 2. Крупнопанельные дома серии 1-464Д в Новокуйбышевске с комплексным применением керамзитобетона



Рис. 3. Сейсмостойкие крупнопанельные дома серии 1-451 КП в Ереване с комплексным применением бетонов на естественных пористых заполнителях

строительства не требуется применение бетона марки выше М200.

При увеличении высоты зданий до 16—25 этажей эффективность применения легких бетонов существенно возрастает, что в конечном счете сказывается на снижении стоимости многоэтажного строительства.

Поскольку сейсмическая нагрузка на здание уменьшается пропорционально снижению его массы, применение легкого бетона в сейсмических условиях дает дополнительный эффект, в первую очередь, снижая расход арматуры для восприятия сейсмических нагрузок.

Таким образом, уменьшается материалоемкость строительства, а также стоимость, трудоемкость производства конструкций из легких бетонов (см. таблицу).

Данные таблицы получены при использовании наиболее распространенного и наиболее дорогого из искусствен-

ных пористых заполнителей — керамзитового гравия. Однако в расчетах принято, что для внутренних несущих и ограждающих конструкций применяется конструктивный керамзитобетон на плотном (кварцевом) песке со сниженным расходом керамзитового гравия (до 350—400 л/м³). Возможность применения

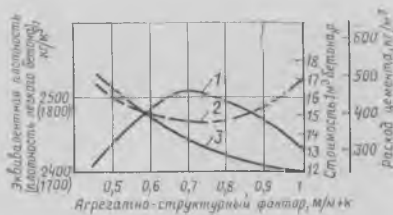


Рис. 4. Зависимость свойств конструктивного керамзитобетона от агрегатно-структурного фактора (М/М+К) и расхода цемента (Ц)

1 — эквивалентная плотность $\gamma_{эв}$, кг/м³; 2 — расход цемента, кг/м³; 3 — расчетная стоимость 1 м³ бетона, р.

Материалы	Материалоемкость	Трудоемкость, чел.-ч	Энергоемкость, кг усл. топлива	Масса, кг	Отпускная стоимость, р.
Цемент, кг	185/210	0,27/0,31	40,6/6/46	185/210	3,88/4,41
Сталь арматурная, кг	21/25	1,07/1,27	21/25	21/25	3,97/4,73
Керамзит, гравий, м ³	0,59/0,35	0,37/0,24	62/37	295/175	5,85/3,47
Щебень, м ³	—/0,46	—/0,32	—/12,5	—/690	—/2,81
Песок тяжелый, м ³	0,30/0,23	0,48/0,25	12/6,2	450/345	0,76/0,59
Всего на 1 м ² общей площади		2,01/2,37	130,1/126,1	950/1445	14,46/16,01
Эффективность, %		—18/—	+3/—	—34/—	—11/—

Примечания. В сопоставлении с домами из тяжелого бетона с наружными стенами и крышами из легкого бетона для условий зоны Московской обл. Перед чертой — для легких бетонов, после черты — для тяжелых.

такого бетона доказана результатами работ ЦНИИЭПжилища (рис. 4).

Снижение расхода керамзитового гравия в конструктивном бетоне позволило значительно повысить эффективность комплексного применения керамзитобетона. Если в традиционном строительстве из тяжелого бетона на 1 м² общей площади расходуется 0,452 м³ плотного заполнителя (щебня), то при комплексном применении керамзитобетона на внутренние конструкции требуется всего 0,238 м³ керамзитового гравия. Благодаря этому конструктивный керамзитобетон становится конкурентоспособным по стоимости с тяжелым бетоном даже тогда, когда стоимость керамзитового гравия почти вдвое выше плотного заполнителя.

Сопоставление технико-экономических показателей вариантов типовых проектов крупнопанельных зданий с комплексным применением керамзитобетона и с обычным решением (внутренние конструкции — из тяжелого, наружные — из керамзитобетона) показывает, что строительство из легких бетонов обеспечивает снижение расхода бетона на 20%, стали до 10%, цемента до 18%, трудоемкости до 10%, снижение массы домов до 40% и стоимости до 5%.

При использовании естественных пористых заполнителей или заполнителей из вторичных материалов (аглопорита, шлаковой пемзы, зольного гравия и др.) технико-экономическая эффективность применения легких бетонов значительно повышается.

В настоящее время 80% крупнопанельных домов строятся с наружными стенами и крышами из легкого, остальные конструкции — из тяжелого бетона. Поскольку в общем объеме производства пористых заполнителей около 75% (29 млн. м³) составляет керамзит, наружные ограждающие конструкции в основном выполняют из керамзитобетона. При этом на 1 м² общей площади расходуется 0,35 м³ керамзитового гравия. Для перехода на комплексное применение достаточно добавить лишь 0,24 м³ керамзита.

Анализ современной базы домостроения показал, что из действующих 484 домостроительных предприятий ресурсами местных пористых заполнителей для комплексного применения легкого бетона обеспечены 377. Эти предприятия ежегодно производят и строят дома общей площадью 34 млн. м². Для перевода их на комплексное применение легкого бетона требуется 20,3 млн. м³ пористых заполнителей.

Эти предпосылки положены в основу разработанного ЦНИИЭПжилища с участием НИИ керамзит проекта программы,

предусматривающей значительное увеличение объемов индустриального жилищного строительства с комплексным применением легких бетонов. В программе имеются предложения и мероприятия по созданию новых видов пористых заполнителей, по совершенствованию конструкций из легкого бетона и их заводского производства, а также по переводу домостроительных предприятий на комплексное применение легких бетонов.

Предусмотрена необходимость разработки мероприятий по увеличению мощности производства шлаковой пемзы, зольного аглопорита, упорядочению промышленности по производству вспученного перлита и сооружению горнообогатительных предприятий по производству пористых щебня и песка из природных месторождений.

В области технологии производства конструкций предусматривается пофракционная приемка, хранение в закрытых складах и пофракционное объемно-весовое дозирование пористых заполнителей; использование смесителей, обеспечивающих принудительное перемешивание смеси без изменения зернового состава заполнителей; транспортирование смеси к месту укладки тележками или кубеями, без ленточных транспортеров; применение дискретных бетонных узлов на линиях формования; обеспечение предельного виброуплотнения с пригрузом малоподвижной смеси легкого бетона при горизонтальном формовании; постепенная замена кассетного формования с эффективными пластификаторами горизонтальным; применение при термообработке сухого прогрева, обеспечивающего совмещение ускорения твердения с сушкой бетона наружных ограждений до 8—10%-ной влажности (по объему). Все это позволит улучшить качество и повысит эксплуатационные характеристики конструкций без существенных капиталовложений.

В области совершенствования проектирования конструкций из легких бетонов выбор типа наружных несущих и ограждающих конструкций следует выполнять с оптимизацией по факторам сопротивления теплопередаче и стоимости; выбор типа и проектирование внутренних несущих и звукоизолирующих конструкций следует выполнять с оптимизацией по факторам динамической характеристики E/γ (отношения начального модуля упругости E к плотности γ) и стоимости; следует назначать при проектировании возможно более низкие марки бетона по прочности, а для данного типа конструкций рекомендуемые структуры легкого бетона, в частности, степени насыщения смеси крупными (К)

и мелким (М) заполнителями, определяемых агрегатно-структурным фактором $(\frac{M}{M+K})$.

При проектировании наружных стен выбор типа конструкций следует начинать с рассмотрения однослойных панелей, в том числе без отделочного слоя, толщиной до 35÷40 см. При коэффициенте теплопроводности бетона не более 0,4 Вт/(м·К) однослойные панели обеспечивают высокую теплозащитную способность при минимальной стоимости, металлоемкости и трудоемкости производства.

Если по местным условиям применение однослойной конструкции нецелесообразно, следует рассмотреть возможность применения двухслойных с несущим слоем из конструктивного легкого бетона и утепляющим слоем из крупнопористого легкого бетона, или трехслойных с наружным и внутренним слоем из конструктивного легкого бетона, соединенных бетонными армированными связями, и с утепляющей прослойкой из эффективного теплоизоляционного материала (рис. 5). Возможно применение однослойных панелей с утепляющими вкладышами из замоноличиваемых или засыпных материалов (моноперлит, крупнопористый керамзитобетон, особо легкий керамзитовый гравий и др.), проходящих в настоящее время проверку в экспериментальном строительстве.

При проектировании внутренних ограждающих конструкций (внутренних стен, перегородок и междуэтажных перекрытий) следует использовать основные положения теории звукоизоляции ограждений из легкого бетона, разработанных ЦНИИЭПжилища. В соответствии с ними звукоизоляционная способность конструкции из легкого бетона

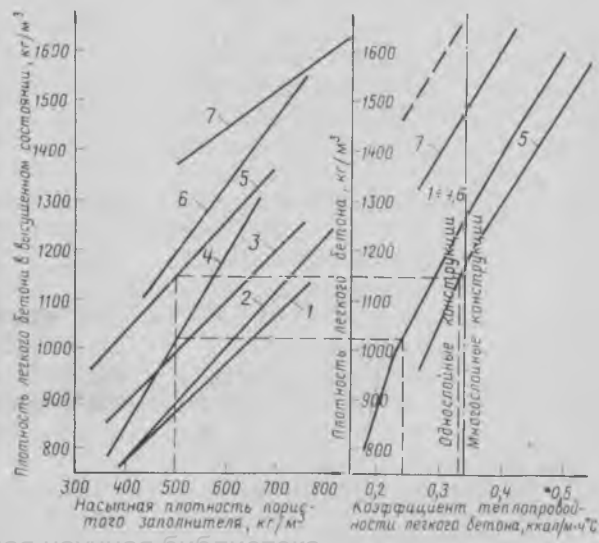
зависит не только от ее массы или «поверхностной плотности», но и от показателя E/γ . Результаты исследований ЦНИИЭПжилища позволили найти методы получения легких бетонов с наилучшими показателями. Оказалось, что для внутренних конструкций из керамзитобетона и др. (например, шунгзитобетон) предпочтительным является бетон на плотном (кварцевом) песке с малой концентрацией пористого заполнителя. Такой бетон пригоден для всех внутренних конструкций жилых зданий, поскольку к ним предъявляются требования звукоизоляции и прочности. При плотности бетона 1700—1800 кг/м³ и соответствующем модуле упругости такие конструкции могут обеспечивать звукоизоляцию, равную звукоизоляции конструкций из тяжелого бетона при одинаковой толщине.

При проектировании внутренних несущих стен целесообразно применять сплошные или многопустотные сечения из конструктивного керамзитобетона с малой концентрацией керамзитового гравия. При использовании заполнителей других видов в каждом случае необходимо сопоставлять технико-экономические показатели конструкций стен с различными типами сечений, значениями проектной прочности и показателя E/γ . Для сокращения объема вычислений разработаны алгоритмы оптимизационного расчета внутренних несущих и звукоизолирующих стен с использованием ЭВМ.

При выборе типа конструкции междуэтажных перекрытий решающее значение имеет конструктивная система здания. Междуэтажные перекрытия из легкого бетона размером «на комнату» при опирании по контуру предпочтительны акустически раздельного типа с

Рис. 5. Области рационального применения однослойных и многослойных конструкций наружных стен из легкого бетона в зависимости от вида бетона и насыпной плотности пористых заполнителей

1 — керамзитоперлитобетон; 2 — керамзитопенобетон; 3 — керамзитобетон на керамзитовом песке; 4 — керамзитозолотобетон; 5 — поризованный керамзитобетон на кварцевом песке; 6 — аглопоритобетон; 7 — шлакопемзобетон



преднапряженной несущей частью из легкого бетона (для керамзитобетона — с малой концентрацией пористого заполнителя) и конструкцией раздельного пола, лежащего на упругомягкой звукоизолирующей прокладке. При широком шаге несущих стен следует использовать преднапряженные многопустотные или сплошные панели из легкого бетона размером на «половину» конструктивной ячейки и покрытием пола из теплозвукоизолирующего линолеума. При этом следует иметь в виду теплотехнические свойства легкого бетона, конструируя плиты перекрытий лоджий и балконов

как консольные неразрезные элементы, совмещенные с панелями перекрытий.

При выборе типа конструкции и проектировании крыши из легких бетонов следует учитывать положительные результаты, полученные при опытно-строительстве крыш с теплым чердаком и безрулонной кровлей из керамзитобетона и шлакопемзобетона с однослойными и слоистыми панелями покрытий. Применяемый для этих конструкций конструкционно-теплоизоляционный легкий бетон марок М200...М300 обладает высокой морозостойкостью ($MP3 \geq 200$)

и высоким сопротивлением водопроницаемости (В-8), что удовлетворяет предъявляемые к ним эксплуатационные требования и обеспечивает достаточную долговечность конструкций крыши.

Описанные принципы использования легких бетонов обеспечат повышение уровня эксплуатационных и технико-экономических показателей жилых домов, а расширение комплексного применения таких бетонов позволит снизить материалоемкость, трудоемкость и стоимость индустриального жилищного строительства.

УДК 666.973.2:691.327

В. В. ГРАНЕВ, М. Г. КОСТЮКОВСКИЙ, кандидаты техн. наук (ЦНИИпромзданий)

Несущие конструкции промышленных зданий из бетонов на пористых заполнителях

Научно-исследовательские, проектные и строительные организации проделали значительную работу по созданию и внедрению в промышленное строительство несущих конструкций из легких бетонов. Ее актуальность обусловлена отсутствием природного щебня твердых пород во многих районах страны, необходимостью облегчения изделий.

Исследования и практика показали, что опалубочные размеры сборных несущих конструкций из легкого бетона для массового строительства целесообразно принимать такими же, что и из тяжелого бетона аналогичного назначения. Область применения преднапряженных плит, балок, ферм по нагрузкам определяется в большинстве случаев несущей способностью конструкций унифицированных размеров при максимально возможной марке легкого бетона; в некоторых случаях ограничения могут быть обусловлены требованиями жесткости.

Наиболее широкое применение конструкционный легкий бетон должен получить для плит покрытий промышленных зданий.

Разработка современных типовых ограждающих конструкций покрытий основана на принципе разделения функций несущей основы и теплоизоляции. Помимо значительного экономического эффекта и повышения эксплуатационных качеств, при таком решении достигается

высокая степень унификации плит, возможность применения для них тяжелого и легкого бетона, а также различных теплоизоляционных материалов. При этом может быть достигнуто значительное снижение массы конструкции.

Заметное применение в строительстве промышленных зданий получили разработанные ЦНИИпромзданий типовые преднапряженные плиты длиной 6 и 12 м из бетонов на пористых заполнителях. Положительный опыт использования наиболее распространенных ребристых преднапряженных плит размерами 6×3 м позволил разработать и ввести в действие ГОСТы от 22701—77 и до 22705—77 на такие плиты из тяжелого и из легкого бетона.

Целесообразно применение легкого бетона и для стропильных конструкций покрытий. ЦНИИпромзданий разработал чертежи типовых конструкций балок пролетом 6 и 9 м и сегментных ферм пролетом 18 и 24 м, ПИ № 1 — типовые конструкции двухскатных решетчатых балок пролетом 18 м и стропильных безраскосных ферм пролетом 24 м. Область применения плит и несущих конструкций покрытий из легкого бетона в сравнении с аналогичными из тяжелого несколько ограничена из-за более низких марок бетона.

Преднапряженные конструкции из легкого бетона должны получить широкое

применение и в перекрытиях многоэтажных промышленных зданий. Разработаны чертежи типовых преднапряженных ригелей, ребристых и многопустотных плит перекрытий. Весьма актуальной является экономическая эффективность применения конструкций из легкого бетона.

ЦНИИпромзданий провел сопоставление конструкций из легкого и тяжелого бетонов. Объемная масса легкого бетона в высушенном состоянии принималась 1800 кг/м^3 , а железобетона в состоянии естественной влажности 2000 кг/м^3 . Были рассмотрены несущие конструкции из тяжелого и легкого бетона восьми каркасов одноэтажных зданий с подвесными и опорными кранами при четырех нагрузках от покрытия и двух каркасов многоэтажных зданий с перекрытиями из ребристых и многопустотных плит при временной нормативной нагрузке на перекрытия 10 кПа .

Основные результаты сопоставления таковы. В плитах покрытий, как правило, редко удается уменьшить количество арматуры, так как масса ограждающей конструкции покрытия при замене в плитах тяжелого бетона легким снижается всего на $30 \dots 45 \text{ кг/м}^2$, в то время как разница несущей способности типовых плит соседних марок по армированию составляет свыше 100 кг/м^2 . В трех из восьми одноэтажных зданий получена экономия арматуры в плитах от

2 до 10%. В сегментных фермах пролетами 18 и 24 м оказалось возможным в трех зданиях снизить расход стали на 2...8%.

В колоннах в ряде случаев (например, в одноэтажных зданиях без опорных кранов) приходится увеличивать марку бетона или сечение арматуры из-за пониженного модуля упругости легкого бетона и связанной с этим повышенной деформативности колонн.

Некоторая экономия тяжелого бетона (от 2 до 13%) и арматурной стали (от 2 до 7%) достигается в фундаментах (большие значения относятся к зданиям с подвесным подъемно-транспортным оборудованием).

В целом по каркасу для зданий без опорных кранов экономия бетона составила до 3,5% (за счет фундаментов), стали в отдельных случаях 1...1,5%, а для зданий с опорными кранами экономия бетона только в двух случаях составила 0,5%, а стали во всех зданиях от 2 до 5% (за счет плит длиной 12 м и сегментных ферм).

В 4-этажном здании с рамным каркасом, с сеткой колонн 12×6 м и временными нормативными нагрузками на перекрытия 10 кПа расход материалов с переходом на легкий бетон не изменился. Облегчение перекрытий дало снижение расхода стали на фундаменты на 7%.

Что касается эффективности несущих конструкций из легких бетонов по стоимости, то она обусловлена, главным образом, соотношением цен на заполнители пористые и из естественных твердых пород. Эти соотношения, как известно, колеблются в значительных пределах в зависимости от вида пористых заполнителей и условий в различных районах страны. Сопоставления конструкций из легкого и тяжелого бетонов для отдельных районов, не имеющих местных заполнителей твердых пород, показали, что несущие конструкции покрытий и перекрытий из легких бетонов на искусственных пористых заполнителях могут иметь практически ту же или несколько меньшую стоимость, что из тяжелого бетона.

Повышение эффективности может быть достигнуто при использовании легких бетонов пониженной плотности. НИИЖБ показал возможность получения бетона плотностью 1200—1400 кг/м³ в сухом состоянии при кубиковой прочности 200—400 кгс/см²; для такого бетона применяется керамзитовый гравий и перлитовый песок [1].

ЦНИИпромзданий совместно с НИИЖБ провели исследования плит из бетона пониженной плотности для покрытий

Наименование конструкции	Приведенная толщина об- тоне, см	Расход ста- ли, кг/м ²	Стоимость в 1 деле, р/м ²
<i>Плиты покрытия из тяжелого бетона</i>			
Плиты 6×3 м, высота продольных ребер 250 мм	5,36	3,71	13,1
Балки пролетом 18 м	2,26	4,78	3,84
Фундаменты колонн каркаса	3,54	0,74	1,86
<i>Плиты покрытия из керамзитобетона</i>			
Плиты 6×3 м, высота продольных ребер 250 мм	5,36	3,71	13,3
Балки пролетом 18 м	2,26	4,6	3,74
Фундаменты колонн каркаса	3,54	0,74	1,86
<i>Плиты покрытия из керамзитоперлитобетона</i>			
Плиты 6×3 м, высо- та продольных ребер 250 мм	5,36	3,21	13,1
Балки пролетом 18 м	2,26	4,6	3,74
Фундаменты колонн каркаса	3,29	0,72	1,71

Примечание. Плиты — комплексные с утеплителем из перлитопласта бетона плотностью 125 кг/м³; балки и фундаменты из тяжелого бетона.

промышленных зданий. Были рассчитаны и сконструированы плиты с сохранением опалубочных размеров по действующим ГОСТ и сериям типовых конструкций. Испытания нескольких образцов дали положительные результаты [2].

Расчеты показали, что плиты размерами 6×3×0,25 м, а также 12×3×0,45 м с толщиной продольных ребер 85 мм (первый типоразмер) из легкого бетона пониженной плотности с высокоэффективным утеплителем могут быть применены на всех участках покрытий зданий, возводимых в I и II районах по снеговой нагрузке. Плиты 6×3×0,3 м, а также 3×12 м с толщиной продольных ребер 100 мм (второй типоразмер) могут быть применены на всех участках покрытий в III районе, а также в IV районе, за исключением участков, примыкающих к повышенным пролетам.

Сопоставлены технико-экономические показатели плит из керамзитоперлитобетона, керамзитобетона и из тяжелого бетона с двумя видами утеплителя — керамзитобетона плотностью 500—600 кг/м³ со стяжкой и перлитопласта бетона плотностью 125 кг/м³ без стяжки. Следует отметить, что масса покрытия из керамзитоперлитобетонных плит с эффективным утеплителем в 2,3—2,5 раза меньше, чем традиционной ограждающей конструкции.

В таблице приведены показатели расхода бетона, стали и стоимости конст-

рукций одноэтажного здания с подвешенным транспортом, сеткой колонн 18×6 м, возводимого в I районе по снеговой нагрузке (г. Львов). Как видно из таблицы, при переходе в плиты от тяжелого бетона к легкому отмечается некоторая экономия его в фундаментах и арматуры в плитах и балках. Общее снижение расхода стали составляет 0,7 кг/м² при замене тяжелого бетона бетоном пониженной плотности и 0,5 кг/м² при замене обычного керамзитобетона.

Стоимость плит в рассмотренных вариантах практически одинакова, поскольку некоторое снижение затрат на арматуру и транспорт перекрывается удорожанием смеси легкого бетона. Однако по суммарной стоимости сопоставляемых элементов (плит, балок, фундаментов) вариант с плитами из бетона пониженной плотности дешевле на 2%.

Для зданий с покрытиями из плит 6×3 м, возводимых в IV районе по снеговой нагрузке (г. Куйбышев) с традиционным утеплителем, применение легкого бетона, в том числе пониженной плотности, не дало снижения материалоемкости и стоимости конструкций.

Выводы

Имеется достаточно широкая область рационального применения бетонов на пористых заполнителях в типовых сборных несущих конструкциях промышленных зданий — плитаях и стропильных конструкциях покрытий, в междуэтажных перекрытиях и т. п. При замене тяжелого бетона легким в ряде случаев достигается небольшая экономия арматурной стали, некоторое снижение объема бетона в фундаментах.

Применение легкого бетона позволяет экономично осуществлять многие несущие конструкции в районах, не имеющих местного щебня твердых пород.

Для повышения эффективности несущих конструкций необходимо уменьшать плотность легкого бетона и снижать стоимость искусственных пористых заполнителей.

Целесообразно применять покрытия с плитами из легкого бетона пониженной плотности и высокоэффективным утеплителем без стяжки, что позволяет снизить массу ограждающей конструкции покрытий в 2,3—2,5 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Макеева Л. А. Влияние свойства и расхода заполнителей на прочность при сжатии и объемную массу конструкционного керамзитоперлитобетона. В кн.: Новое в технологии и свойствах легких бетонов. НИИЖБ, 1980.
- Шаймухамбетов К. Ш., Чиняков Ю. В. и др. Облегченные керамзитоперлитобетонные плиты покрытий — одноэтажных промышленных зданий. — Промышленное строительство, 1985, № 2.

Легкобетонные конструкции сельскохозяйственных производственных зданий

Широкое применение в сельском строительстве находят легкие бетоны и конструкции на их основе. В Минсельстрое СССР ежегодный объем производства таких конструкций составляет свыше 2,7 млн. м³.

С использованием легких бетонов на пористых заполнителях ЦНИИЭПсельстроем, Гипронисельхозом, Промстрой-проектом и НИИЖБ разработаны комплекты промышленных конструкций для строительства сельскохозяйственных производственных зданий.

Для стен предложены двухслойные панели горизонтальной разрезки серии 1.832.1-9. Теплоизоляционно-конструкционный слой из бетона марки М50 защищен со стороны помещения слоем (50 мм) плотного легкого или тяжелого бетона марки М200. Теплоизоляционно-конструкционный слой выполняется из керамзитобетона, керамзитопенобетона, перлитобетона или шлакопемзобетона.

С целью снижения трудоемкости монтажа и изготовления разработаны также же двухслойные укрупненные стеновые панели повышенной заводской готовности со встроенными оконными и дверными блоками (серия 1.832.1-10). В результате их применения трудозатраты при монтаже стен снижаются в 2 раза.

Типовыми проектами сельскохозяйственных зданий предусматривается установка легкобетонных стеновых панелей на фундаментные балки. На основе многолетних наблюдений предложены двухслойные цокольные стеновые панели, исключающие применение фундаментных балок. Низ панелей на высоту заглубления в грунт (300 мм) покрывают битумной мастикой.

Высота цокольных панелей 0,9—2,1 м, высота 3 и 3,3 м у цокольных панелей со встроенными оконными и дверными блоками. Применение таких панелей снижает расход стали на 1,5—2 кг/м².

Для сокращения расхода арматуры в стеновых панелях при подъеме их из горизонтальных форм разработаны панели с кантователями, позволяющие вести распалубку и съём панелей в вертикальном положении. В этом случае

расход арматуры сокращается на 20—25%.

В последние годы ЦНИИЭПсельстрой и НИИЖБ исследовали панели без внутреннего защитного слоя из плотного бетона. В целях обеспечения сохранности арматуры панелей в процессе эксплуатации предложено наносить на внутреннюю поверхность специальное цементно-латексное покрытие толщиной 2 мм либо вводить в бетонную смесь химические добавки ингибиторы или покрывать арматурные каркасы специальными обмазками. В результате установлено, что несмотря на отсутствие изолирующего слоя из плотного бетона, дополнительная пароизоляция при разработанных вариантах защиты практически не требуется.

На основании экспериментов разработаны рабочие чертежи однослойных панелей как горизонтальной разрезки, так и укрупненных повышенной заводской готовности. Применение однослойных панелей сокращает трудоемкость изготовления на 10%, при снижении массы стен на 20—30% и расхода цемента на 15—20 кг/м².

Наиболее целесообразно использование легкобетонных панелей из бетонов плотностью 700—900 кг/м³. Для этого необходимо заполнить объемной плотностью до 400 кг/м³. Однако до 70% керамзита, производимого на предприятиях Минсельстроя СССР, имеет объемную плотность 500—800 кг/м³. Такой керамзит позволяет получать теплоизоляционно-конструктивный керамзитобетон высокой плотности (1000—1200 кг/м³ и более), что влечет применение панелей толщиной до 500 мм. Для снижения плотности керамзитобетона производят облагораживание его поризацией цементного камня с помощью пенообразователей и исключением из состава бетона песка. Керамзитопенобетон дает возможность снизить массу стеновых панелей на 15—20% и уменьшить толщину стен на 5—10%.

Другим способом снижения плотности керамзитобетона панелей, изготавливаемых из тяжелого керамзита, является использование крупнопористого керамзи-

тобетона, позволяющего исключить из состава бетона мелкие фракции керамзита и песок, а также уменьшить расход цемента. Учитывая это, в 1984 г. разработаны легкобетонные стеновые панели, состоящие из легкого бетона марки М200 со стороны помещения, среднего слоя из крупнопористого керамзитобетона марки М25 с объемной плотностью 800—900 кг/м³ и наружного слоя толщиной 40 мм из мелкозернистого бетона марки М100.

Однако основным в повышении эффективности керамзитобетонных стеновых панелей остается снижение объемной плотности керамзитового гравия и соответственно керамзитобетона.

ЦНИИЭПсельстрой создал новую технологию получения керамзита способом «термоудара». Кольцевая печь, работающая на этом принципе, была смонтирована в Кольчугине. На этой установке выпускали керамзит плотностью $\gamma \leq 400$ кг/м³, который на 20—30% легче получаемого во вращающихся печах.

В настоящее время исследованы и применяются в строительстве однослойные стеновые панели для сельскохозяйственных производственных зданий из пенополистиролбетона. Пенополистиролбетон марки М35—М50 имеет плотность 700—800 кг/м³ и коэффициент паропроницаемости, как и плотный тяжелый бетон, поэтому при изготовлении панелей можно отказаться от защитного слоя из плотного бетона со стороны помещения.

Для районов с низкими расчетными температурами (ниже —30°С) разработаны трехслойные панели на гибких связях с эффективным утеплителем (серия 1.832.1-8). Панели состоят из внутреннего слоя (100 мм) и наружного слоя (50 мм) из тяжелого или легкого бетона марки М200 с утеплителем между ними. Слои соединяют вилкообразными металлическими связями из оцинкованной стали диаметром 10 мм. В качестве теплоизоляционного слоя использованы жесткие и полужесткие минераловатные плиты на синтетическом связующем, плиты пенополистирола и др.

Трехслойные панели бывают горизонтальной разрезки, повышенной заводской готовности и цокольные. Их номенклатура аналогична номенклатуре легкобетонных панелей, что делает их полностью взаимозаменяемыми.

Для сельских строительных комбинатов ЦНИИЭПсельстроем и НИИЖБ созданы трехслойные стеновые панели с жесткими металлическими связями (серия 4Н-79), которые широко применяются в строительстве. Внутренний и наружный слои панелей толщиной 50 мм

выполнены из тяжелого или легкого бетона марки М200, средний слой толщиной 80 мм — из плит пенополистирола ПСБ плотностью 20 кг/м³. Панели рассчитаны из условия совместной работы слоев, которая обеспечивается жесткими связями объемного арматурного каркаса.

Технико-экономическим анализом установлено, что в двухслойных стеновых панелях из легкого бетона с ростом сопротивления теплопередаче масса, расход цемента, стоимость «в деле» увеличиваются значительно быстрее, чем в трехслойных панелях. Так при повышении сопротивления теплопередаче двухслойных панелей из керамзитобетона плотностью 1000 кг/м³ с 0,76 до 1,53 м²·К/Вт толщина панелей возрастает с 300 до 600 мм, масса с 400 до 800 кг/м², расход цемента с 90 до 170 кг/м², стоимость «в деле» с 25,8 до 46 р/м².

В трехслойных стеновых панелях на гибких связях с утеплителем из пенополистирола при изменении сопротивления теплопередаче с 1,37 до 2,32 м²·К/Вт толщина панелей изменяется с 200 до 250 мм, масса с 270 до 280 кг/м², расход цемента 50—55 кг/м², а стоимость «в деле» с 25 до 30 р/м².

Таким образом для северных и центральных районов страны с низкими расчетными температурами более экономичными являются трехслойные панели с эффективными утеплителями и слоями из легкого бетона.

Для покрытий сельскохозяйственных

зданий разработаны ребристые железобетонные преднапряженные плиты покрытия длиной 6 м, изготавливаемые из тяжелого или легкого бетона марок М200, М300 и М350 (серия 1.865.1-4/80). Плиты успешно применяются при устройстве покрытий сельскохозяйственных производственных зданий с асбестоцементной и рулонной кровлей. На основе ребристых легковесных плит сельской серии предложены комплексные плиты покрытий под асбестоцементную, а также под рулонную и мастичную кровли.

В качестве теплоизоляции комплексных плит можно использовать керамзитобетон, перлитобетон, вермикулитобетон и ячеистые бетоны, битумперлит, фибролит, пенополистирол и минераловатные плиты.

Бетоны на пористых заполнителях применены и при разработке несущих конструкций каркасов сельскохозяйственных производственных зданий с асбестоцементной кровлей. Разработаны односкатные балки пролетом 6; 7,5 и 9 м из легкого бетона марок М200 и М300 и трехшарнирные рамы пролетом 12, 18 и 21 м из легкого бетона марки М300. Предложенные конструкции имеют опалубочные размеры типовых балок из тяжелого бетона серии 1.862-1 и типовых рам серии 1.822.1-2/82, их можно выпускать в существующих формах. Эти конструкции, рассчитанные на унифицированные нагрузки 1,8—2,7 т/пог. м., можно применять вместо аналогичных конструкций из тяжелого бетона. Раз-

работаны также рабочие чертежи легковесных треугольных безраскосных ферм пролетом 6, 9, 12 и 18 м, изготавливаемых в опалубке типовых ферм серии 1.063.1-1. Легковесные фермы рассчитаны на унифицированные нагрузки 1,5—2,7 т/пог. м и взаимозаменяемы с фермами из тяжелого бетона.

Фермы пролетом 12 и 18 м имеют преднапряженный нижний пояс, при пролете 9 м предусмотрено армирование нижнего пояса как преднапряженной, так и ненапрягаемой арматурой, а при пролете 6 м — только ненапрягаемой арматурой. В качестве напрягаемой арматуры использовали стержневую арматуру периодического профиля классов А-IV и А-IIIв. Для изготовления ферм необходим бетон на пористых заполнителях марок М200, М300 и М400 в зависимости от пролета и несущей способности.

Все эти несущие конструкции из легкого бетона изготовили и испытали в ЦНИИЭПсельстрое. Установлено, что они полностью отвечают требованиям ГОСТ 8829—77 по прочности, жесткости и трещиностойкости. Производство несущих легковесных конструкций требует наличия керамзита необходимой прочности и экономически оправдано в районах, бедных тяжелыми природными заполнителями. На предприятиях Минсельстроя СССР ежегодно производится около 140 тыс. м³ несущих конструкций из легкого бетона с объемной массой 1,7—1,8 т/м³.

УДК 691.327:666.973.2

Ю. П. ЯУНИШКИС, инж. (Минстрой ЛитССР),
Ю. И. МЕШКАУСКАС, канд. техн. наук (Литовский НИИСиА)

Опыт возведения сборно-монолитных зданий из керамзитобетона в ЛитССР

Современное монолитное домостроение способствует более эффективному решению задач градостроительства, сельского строительства, экономии капитальных вложений, материальных и энергетических ресурсов. За прошедшее десятилетие в Литовской ССР освоено строительство монолитных жилых домов повышенной этажности (рис. 1), общежитий, гостиниц, а также усадебных домов на селе (рис. 2). Введено в эксплуатацию более 80 тыс. м² общей площади.

Основным материалом для возведения монолитных домов в республике является

Таблица 1

Конструкции	Проектная марка бетона	Объемная плотность керамзитобетона, кг/м ³	Толщина конструкции, мм
Однослойные стены жилых домов повышенной этажности	100—150	1200—1350	45
То же, домов до 9 этажей	75—100	1100—1200	40
То же, усадебных одноэтажных домов	50	1000	35
Внутренние стены	150—200	1650—1750	18—20
Подъемные перекрытия	150—200	1650—1750	18—20

керамзитобетон. Из него выполняют однослойные наружные и внутренние стены, которые возводятся с применением модульной блочно-щитовой опалубки системы треста Оргтехстрой Минстроя ЛитССР (рис. 3). Опалубку той же системы используют и для возведения сельских усадебных домов.

Конструкционный керамзитобетон применяют также для перекрытий жилых домов и общественных зданий, возводимых методом «подъема перекрытий» (рис. 4), а также трехслойных навесных стен таких зданий.

В зависимости от конструкций и их назначения определены основные характеристики керамзитобетона, применяемого в монолитном строительстве (табл. 1). Толщина однослойных наружных стен зданий повышенной этажности унифицирована и принята 45 см, а для повышения тепловой защиты зданий и экономии цемента допускается изменение объемной плотности и проектной



Рис. 1. 16-этажный монолитный жилой дом из керамзитобетона в Вильнюсе

марки керамзитобетона по высоте здания.

С целью унификации технологии бетонирования несущие внутренние стены, выполняемые из керамзитобетона той же объемной плотности и прочности, что и наружные соответствующего этажа, выполняют толщиной 22 см вместо рекомендуемых 18—20. В последнее время для экономии материальных ресурсов и с учетом особенностей работы конструкций проектируют и возводят несущие внутренние стены толщиной 16—18 см из тяжелого бетона. Это стало возможным в результате проведенных исследований ЦНИИЭПЖилища, Вильнюсского инженерно-строительного института, Литовского НИИСиА и других учреждений, а также экспериментального строительства.

Одной из главных задач при возведении конструкций монолитных зданий из керамзитобетона, особенно ограждаю-

щих, является подбор и приготовление бетонных смесей с заданными показателями прочности и плотности (теплового сопротивления). На этой стадии техно-

логического процесса наиболее трудно управлять качественными свойствами (прочностью и особенно насыпной плотностью) пористых заполнителей, что осложняет дозирование и приводит к изменчивости объемной плотности керамзитобетона, зачастую превышающей заданную.

Составы, которые при использовании местного керамзита обеспечивают заданную прочность бетона для монолитных наружных стен, приведены в табл. 2.

При этом насыпная плотность керамзита фракции 0—5 мм не должна превышать 700 кг/м^3 для бетона марки М50 плотностью 1000 кг/м^3 и 800 кг/м^3 — для бетона марок М75—М150 плотностью 1100 — 1350 кг/м^3 . Предельные значения насыпной плотности керамзита фракции 5—20 мм для тех же бетонов не должны превышать соответственно 450 и 500 — 600 кг/м^3 .

Для улучшения реологических свойств смеси и снижения расхода цемента при изготовлении конструкционного керамзитобетона, применяемого в монолитном строительстве, целесообразно использовать суперпластификатор С-3 отдельно или в комплексе с другими добавками (СДБ, СНВ). Исследования, проведенные в Литовском НИИСиА совместно с НИИЖБ [1], показали, что применение С-3 позволяет уменьшить расход цемента в среднем до 80 кг/м^3 . Рациональное количество суперпластификатора составит 0,4—0,7% массы цемента.

Особенно целесообразно и необходимо использовать суперпластификатор С-3 при возведении трехслойных монолитных стен из керамзитобетона или таких стен с вкладышами из других



Рис. 2. Усадебный монолитный дом из керамзитобетона в Палукне (Тракайского р-на ЛитССР)

материалов, например из ячеистого бетона [2]. Рекомендации по применению добавки С-3 при изготовлении керамзитобетона изложены в РСНТ 83-84 [3].

Анализ технико-экономических показателей монолитных, крупнопанельных и кирпичных жилых домов повышенной этажности, возведенных в республике, показал, что для монолитного строительства металла расходуется на 16% меньше, чем для крупнопанельного, и на 12% — чем для кирпичного. При этом трудозатраты на 25% меньше, чем в кирпичном строительстве, а энергозатраты — на 6—12%. Одновременные капитальные вложения на создание строительной производственной базы меньше кирпичного на 30%, а крупнопанельного на 46%. Стоимость монолитного строительства пока на 1—1,5% выше стоимости крупнопанельного и на 7—10% кирпичного, расход цемента на 20—25% больше, чем в крупнопанельном строительстве.

Основные резервы повышения эффективности монолитного строительства, его качества заключаются в совершенствовании конструкций и архитектурных

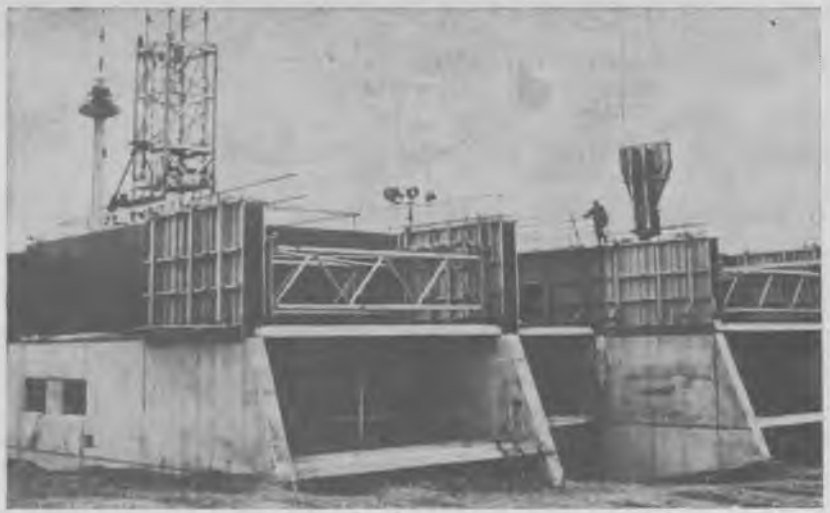


Рис. 3. Возведение 16-этажного монолитного жилого дома в Вильнюсе

Таблица 2

Марка керамзитобетона	Расход на 1 м ³ керамзитобетона					
	БТЦ М400, кг	керамзита, м ³ , фракций, мм			добавки СДО или СНВ, %	воды, л
		0—5	5—10	10—20		
50—75	280—300	0,50	0,34	0,44	0,1	230
100	330	0,55	0,30	0,42	0,1	235
150	400	0,60	0,25	0,40	0,1	240

Рис. 4. 16-этажные жилые дома с подъемными перекрытиями из керамзитобетона в Каунасе



решений, индустриализации способов отделки и технологии бетонирования. Так, оптимизация шага несущих стен и применение элементов, опертых по контуру, уменьшает сметную стоимость на 3,3%. Уменьшение толщины наружных стен из керамзитобетона до 40 см, снижение его объемной плотности до 1100—1200 кг/м³, бетонирование внутренних стен из тяжелого бетона толщиной 16 см позволяет на 20—24% уменьшить расход цемента, на 5—6% снизить сметную стоимость. Имеются другие резервы.

Выводы

Керамзитобетон является наиболее доступным и надежным материалом для возведения монолитных зданий и подъемных перекрытий.

В зависимости от назначения зданий и конструкций можно использовать как конструкционно-изоляционный, так и конструкционный керамзитобетон. Повышению эффективности конструкционного керамзитобетона способствует введение суперпластификатора С-3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мажуйка А. И., Мешкаускас Ю. Ю. Влияние суперпластификатора С-3 на свойства керамзитобетона. — Бетон и железобетон, 1983, № 7.
2. Ю. И. Мешкаускас. О направлениях совершенствования конструкций наружных стен монолитных зданий. — В кн.: Монолитное строительство. Вильнюс, 1984.
3. Инструкция на изготовление керамзитобетона с добавкой С-3 и применение его в сборных и монолитных конструкциях. РСНТ 83-84. Госстрой ЛитССР. Каунас, 1984.

В. Г. ДОВЖИК, канд. техн. наук (ВНИИжелезобетон);
Ю. Д. НАЦИЕВСКИЙ, канд. техн. наук (НИИСМИ)

Повышение теплозащитных свойств ограждающих легкобетонных конструкций

Крупноразмерные ограждающие конструкции, в первую очередь, наружные стеновые панели для жилых, общественных, производственных зданий, являются наиболее распространенным типом легкобетонных изделий (около 80% всех изготавливаемых в настоящее время конструкций). Их производство организовано более чем на 500 заводов во всех экономических районах страны. Показатели качества и экономики этих конструкций определяют общий уровень производства легких бетонов. Необходимость всемерной экономии тепловой энергии в народном хозяйстве поставили перед промышленностью сборного железобетона актуальную задачу — повысить теплозащитные свойства ограждающих легкобетонных конструкций. Увеличение сопротивления теплопередаче наружных стеновых панелей на 15% снижает расход тепловой энергии на отопление зданий на 7—9%, что при существующем уровне производства с учетом длительного срока эксплуатации обеспечивает экономию 5—10 млн. т усл. топлива.

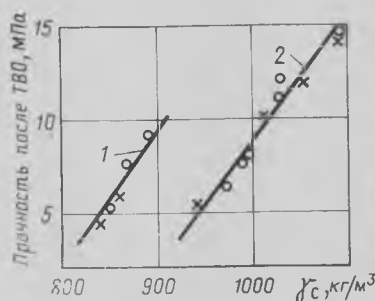
Повышение теплозащитных свойств панелей на действующих заводах следует осуществлять, совершенствуя технологию и свойства конструкционно-теплоизоляционного легкого бетона без увеличения его энергоемкости и трудоемкости производства. Поэтому необходимо с большей осторожностью заменять однослойные панели многослойными, поскольку при этом увеличивается трудоемкость изготовления изделий, снижается на 30—40% производительность конвейерных линий, запроектированных на выпуск однослойных панелей с соответствующим уменьшением мощности предприятий КПД и ДСК в целом.

Для получения легкого бетона наименьшей плотности и теплопроводности с плотной однородной структурой, хорошей удобоукладываемостью и надежными водозащитными свойствами рекомендуется использовать крупные пористые заполнители с минимальной плотностью и пониженной теплопроводностью, эффективные мелкие пористые заполнители и обязательно осуществлять поризацию бетонной смеси воздухововлекающими добавками, позволяющую полу-

чить легкий бетон плотной структуры наименьшей плотности и теплопроводности.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями ВНИИжелезобетона установлено, что зависимость между плотностью конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона и керамзита носит двухветвевой характер. Минимальная плотность керамзита, обеспечивающая получение бетона минимальной плотности, тем меньше, чем ниже марка бетона и выше прочность керамзита. Для бетона марки М50, приготовленного на дробленом керамзитовом песке или золе ТЭС с воздухововлекающей добавкой, оптимальным является керамзит марки 250 с прочностью в цилиндре не ниже 0,6 МПа, что обеспечивает получение бетона плотностью 700 кг/м³. Для бетона марки М75 при этих же условиях оптимален керамзит марки 300 с прочностью не ниже 0,8 МПа, позволяющий получить бетон плотностью 800 кг/м³.

В настоящее время средняя насыпная плотность керамзита составляет 500 кг/м³. В ближайшие годы ожидается снижение насыпной плотности до 400 кг/м³. При таком качестве крупного заполнителя можно наладить массовый выпуск наружных стеновых панелей из керамзитобетона плотностью 900 кг/м³ вместо повсеместно изготавливаемых изделий из керамзитобетона плотностью 1000—1200 кг/м³. В качестве мелкого



Зависимость между прочностью и плотностью керамзитобетона с воздухововлекающими добавками
1 — на керамзите насыпной плотностью 430 кг/м³ и прочностью 1,8 МПа; 2 — то же, 520 кг/м³ и 2,5 МПа
× — дробленый керамзитовый песок;
○ — зола ТЭС

заполнителя керамзитобетона рекомендуется применять в сочетании с воздухововлекающими добавками золы и золошлаковые смеси ТЭС, отвечающие требованиям ГОСТ 25818—83 и ГОСТ 25592—83 [1]. При оптимальном расходе золы 100—150 кг/м³ и наличии 8—12% вовлеченного воздуха керамзитобетоны на золах ТЭС имеют ту же плотность, что и керамзитобетоны на дробленом керамзитовом песке (см. рисунок), но при этом требуется на 25—30% меньше керамзита, снижается на 10% расход цемента, на 15—20% уменьшается энергоемкость. По сравнению с поризованным керамзитобетоном на кварцевом песке плотность снижается на 100—150 кг/м³, сопротивление теплопередаче повышается на 10—20%. Наиболее целесообразным является применение золы-уноса или золошлаковых смесей с удельной поверхностью 2000—3000 см²/г. При использовании более дисперсных зол повышается водопотребность бетонной смеси, ухудшаются условия воздухововлечения, увеличивается расход воздухововлекающей добавки.

Для обеспечения необходимого воздухововлечения, особенно при малом расходе золы, керамзит должен иметь зерна размером 5 мм и менее, содержащиеся в дозируемом крупном обжиге и дробленом керамзитовом песке или гравии фракции 5(2,5)—10 мм. Исследованиями НИИСФ, НИИМосстроя, ВНИИжелезобетона, НИИСМИ установлено, что теплопроводность керамзитобетонов на золах ТЭС можно принимать по нормативным данным для керамзитобетона на керамзитовом песке. Прочностные и деформативные свойства керамзитобетона отвечают нормативным требованиям; морозостойкость, по опытам ВНИИжелезобетона, НИЛ ФХММиТП, НИИСМИ и др., как правило, превышает 100 циклов. При ограниченном содержании золы керамзитобетон плотной структуры (плотностью 800—900 кг/м³) обладает удовлетворительными защитными свойствами по отношению к стальной арматуре даже при повышенном содержании углистых остатков (более 20%) в золах от сжигания антрацитов или тощих каменных углей. Рекомендуемые составы керамзитобетона с золой ТЭС для изготовления панелей с повышенными теплозащитными свойствами приведены в таблице.

Приведенные в таблице данные относятся к золам с удельной поверхностью 2000—3000 см²/г. Для зол с повышенной дисперсностью расход добавки увеличивается в 1,5—2 раза.

Достоинство поризованных керамзитобетонных смесей с золой ТЭС заключается в повышенной связанности, воз-

духондерживающей способности, удобоукладываемости. Для более полного использования гидравлической активности и уменьшения отпускной влажности бетона тепловлажностную обработку изделий следует производить при повышенных температурах (100°C и более), желательнo в камерах сухого прогрева. Общая продолжительность ТВО должна составлять 12—14 ч, в том числе 2—3 ч подъем температуры. На технологических линиях рекомендуется предусматривать возможность выдерживания отформованных изделий до приобретения бетоном необходимой структурной прочности для заглаживания верхнего фактурного слоя (0,5 МПа, 1 ч) и начала ТВО (0,1—0,15 МПа, 2—3 ч).

На предприятиях нашей страны накоплен значительный опыт использования зол ТЭС для повышения теплозащитных свойств и качества легкoбетонных стеновых панелей. Внедрение этой технологии ВНИИжелезобетонон на Бескудниковском комбинате Главмоспромстройматериалов в 1977 г позволило снизить плотность керамзитобетона на 100 кг/м³ и повысить сопротивление теплопередаче панелей толщиной 34 см в первый год эксплуатации до 1—1,05 м²·С/Вт [2]. На комбинате ЖБК № 2 золы московских ТЭС используют для производства керамзитобетонных панелей с 1982 г. НИЛ ФХММиТП организовал выпуск опытно-промышленных партий панелей толщиной 34 см из керамзитобетона плотностью 900 кг/м³ на золе ТЭС на Лианозовском заводе ПО Москерамзитобетон. Сопротивление теплопередаче таких панелей по испытаниям НИИМмосстроя составило 1 м²·С/Вт.

Широкое внедрение зол на заводах Москвы сдерживается организационно-техническими сложностями в поставке и использовании влажных высокодисперсных золошлаковых смесей ТЭС, отличающихся повышенной слипаемостью

и смерзаемостью. Для применения золошлаковых смесей необходима централизованная поставка в летний период, организация хранения в крытых дренированных складах, модернизация трактов подачи заполнителей и бетоносмесительных отделений [3].

Более надежно решается организация применения сухих зол ТЭС. В производстве легкoбетонных конструкций золунос в сочетании с добавкой СДО используют на заводе КПД в Омске, Нижнетагильском ДСК, Красноармейском КПД и на других предприятиях. На ДСК-4 Главкиевгорстроя в 1984 г. в сотрудничестве с НИИСМИ освоено производство керамзитобетонных панелей с применением СДО и сухой золы Ладжинской ГРЭС [4].

Повышение теплозащитных свойств легкoбетонных конструкций при массовом производстве связано с совершенствованием технологии приготовления бетонных смесей и формования изделий. Для обеспечения стабильности свойств легкого бетона следует использовать объемно-весовой способ дозирования, позволяющий вследствие коррекции состава в каждом цикле компенсировать неизбежные колебания насыпной плотности крупного пористого заполнителя. Результаты математического моделирования и анализ заводских данных свидетельствуют о том, что коэффициент вариации по плотности легкого конструктивно-теплоизоляционного бетона при таком способе дозирования в среднем в 3 раза ниже, чем коэффициент вариации по насыпной плотности крупного пористого заполнителя и при данной однородности пористого заполнителя меньше в 2 раза, чем при объемном, и в 3 раза, чем при весовом способе дозирования. Объемно-весовой способ применяется в настоящее время при производстве примерно 50% ограждающих конструкций. При этом можно использовать не только специальные объемно-весовые дозаторы 2ДБПК, но и серий-

ные весовые дозаторы с различными методами стабилизации объема [3].

Стабилизация качества конструктивно-теплоизоляционного легкого бетона и возможность получения минимальной плотности благодаря максимальному воздухововлечению связана с необходимостью уменьшения потери вовлеченного воздуха при транспортировании бетонной смеси. Лишь 40% всех предприятий применяют оптимальные схемы с использованием бетоновозов, раздаточных тележек или локальных смесителей, установленных под формовочными постами. Последний способ, осуществленный на вибропрокатных станах, а также на некоторых новых заводах по проектам Гипрогражданпростроя, представляется оптимальным для легкого бетона. Для действующих заводов целесообразно двухстадийное приготовление бетонных смесей. На первой стадии в существующем БСО дозируются и перемешиваются в смесителе с частью воды все твердые компоненты; на второй — после транспортирования увлажненной смеси она вновь перемешивается во вторичном смесителе, установленном над постом формования с остальной водой и воздухововлекающей добавкой. Такая технология использована на заводах Минска, Железногорска, Каунаса.

Полностью принцип двухстадийного приготовления реализован с помощью созданного в СПКТО Укроргтехстройматериалах при участии НИИСМИ нового смесительно-укладочного агрегата большой емкости циклического действия. Он состоит из лоткового с горизонтальным валом смесителя емкостью 4000 л, установленного на подвижном портале, перемещающемся вдоль конвейерной линии. Агрегат снабжен разгрузочными отверстиями с затворами, приводами, сблокированными с приводом тележки воронки, что позволяет выгружать смесь только из того отверстия, под которым в данный момент находится воронка. Опытный образец агрегата установлен на Житомирском ДСК Минпромстроя УССР.

Применение объемно-весового дозирования, двухстадийного приготовления или локальных смесителей позволяет снизить среднюю плотность легкого бетона на 5—10%.

Значительный резерв в повышении теплозащитных свойств панелей связан с нормализацией процесса формования. Применение малоподвижных легкoбетонных смесей с воздухововлекающими добавками, обеспечивающими плотную структуру бетона в изделиях, позволяет отказаться от использования нижних фактурных слоев. Это повышает расчетное сопротивление теплопередаче на

Марка керамзита по насыпной плотности	Средняя плотность бетона, кг/м ³	Расход материалов на 1 м ³ бетона				
		цемент, кг	керамзит, м ³ , фракций, мм		зола, кг	добавка, СДО, кг
			10—20	5 (2,5)—10		
300	700—750*	200—220	0,80—0,90	0,30—0,40	80—130	0,45—0,65
	750—800	210—230	0,80—0,90	0,30—0,40	100—150	0,35—0,55
400	750—800	190—210	0,75—0,85	0,30—0,40	80—130	0,50—0,70
	800—850	200—220	0,75—0,85	0,30—0,40	100—150	0,40—0,60
500	850—900	180—200	0,70—0,80	0,30—0,40	80—130	0,55—0,75
	900—950	190—210	0,70—0,80	0,30—0,40	100—150	0,45—0,65
600	950—1000	180—200	0,70—0,80	0,25—0,35	80—130	0,60—0,80
	950—1000	180—200	0,70—0,80	0,25—0,35	100—150	0,50—0,70

*Над чертой — М50; под чертой — М75.

6—7%, а фактическое, с учетом завышения толщины фактуры особенно у бортов формы и кессонов, — до 10%.

Исследованиями ВНИИжелезобетона установлено, что качество поверхности легкого конструкционно-теплоизоляционного бетона, соприкасающегося с поддоном, и сцепление с плиточной и стеклянной облицовкой, не ниже, чем у цементно-песчаного раствора. Кроме улучшения теплозащитных свойств при этом на 5—10% повышается производительность формовочных линий. Многолетний опыт работы заводов и эксплуатация крупнопанельных жилых домов и общественных зданий Москвы и других городов подтверждает эффективность такой технологии.

Другим технологическим приемом повышения теплозащитных свойств само-

несущих панелей является применение термовкладышей из недефицитных жестких плитных утеплителей плотностью 200—500 кг/м³ (минеральная вата, фибролит, газобетон и др.), укладываемых в средний слой панелей в свободные от арматуры участки. Толщина утеплителей должна составлять 30—40% толщины изделия, их объем — около 10%. Приведенное сопротивление теплопередаче при этом повышается на 8—12%. В отличие от трехслойных панелей применение термовкладышей не требует тщательного раскрытия и укладки утеплителя, не увеличивает цикл формирования и не снижает производительность технологических линий, если при этом одновременно исключаются операция по укладке нижнего фактурного слоя.

Рассмотренные технологические при-

емы повышают теплозащитные свойства ограждающих однослойных легкобетонных конструкций на 15—30% и более. Это обеспечит высокую эффективность их производства и применения во многих районах нашей страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Довжик В. Г., Фролова Л. В. Поризованный керамзитобетон пониженного объемного веса. — В кн.: Промышленность сборного железобетона, вып. 12, ЦНИИТЭстром, 1969.
2. Производство наружных стеновых панелей из керамзитобетона с использованием зол / А. Д. Демидов, В. А. Хайкин, А. Л. Гриневецкий и др. — Промышленность строительных материалов Москвы, 1978, № 2.
3. Руководство по заводской технологии изготовления наружных стеновых панелей из легких бетонов на пористых заполнителях. — М.: Стройиздат, 1980.
4. Лещинский М. Ю., Палиенко Н. И. Опыт производства керамзитобетона. — Бетон и железобетон, 1985, № 7.

УДК 691.327:539.4

Р. Л. МАИЛЯН, д-р техн. наук, проф. (РИСИ)

Проектирование и расчет конструкций из легких бетонов

Основные особенности легких бетонов, которые необходимо учитывать при проектировании и расчете конструкций, заключаются в пониженной прочности при растяжении, срезе, двух- и трехосном напряженном состоянии, в повышенной деформативности при сжатии и растяжении при допредельных напряжениях. Модуль упругости легкого бетона на 25—45% ниже, чем тяжелого,

однако коэффициент упругости (в особенности в стадиях, близких к разрушению) выше. Полная диаграмма «напряжения — деформации» легкого бетона имеет более пологий восходящий участок и более крутой нисходящий, коэффициент полноты эпюры нормальных напряжений в элементах из легкого бетона меньше, чем из тяжелого. Усадка неармированного легкого бетона

превышает усадку равнопрочного тяжелого в 1,5—2 раза, а армированного — в значительно меньшей степени (в зависимости от разницы модулей упругости и ползучести легкого и тяжелого бетонов, за также процента армирования). Мера ползучести легкого бетона ($C = \varepsilon_{пол} / \sigma_0$) практически такая же, или незначительно выше (особенно на пористом песке), чем тяжелого, значительнее же характеристик ползучести $\varphi = C E_0$ существенно ниже. Потери преднапряжения от усадки и ползучести легких бетонов на 20—50% больше, чем тяжелых, в основном вследствие усадки. Длительное предварительное обжатие изменяет свойства легких бетонов в меньшей степени, чем тяжелых (рис. 1), поскольку структурные (начальные) напряжения в легких бетонах ниже вследствие того, что в таких бетонах упругие свойства заполнителей и растворной части значительно ближе, чем в тяжелом. Относительный предел выносливости легких бетонов в зависимости от коэффициента асимметрии цикла напряжений на 5—20% ниже чем тяжелых (рис. 2, 3). Условный секущий модуль деформации $E'_{0,ус.л.}$, т. е. отношение напряжений к полному деформациям, включая отжатые в процессе пульсации, в легком бетоне сни-

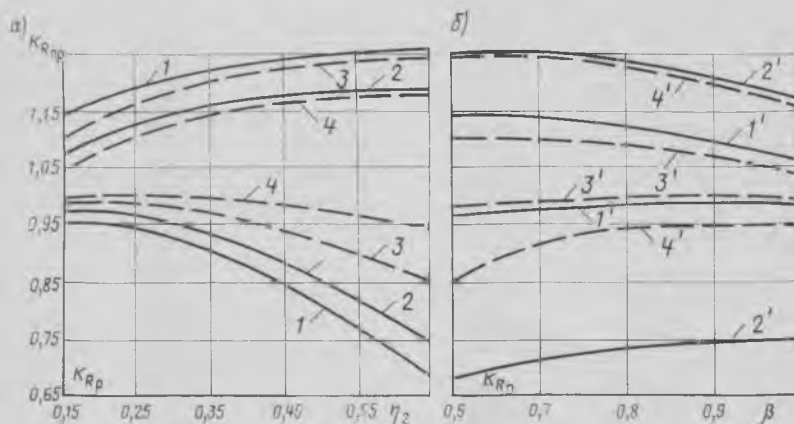


Рис. 1. Изменение прочностных характеристик бетона в зависимости от начального уровня предварительного обжатия $\eta_{\tau} = \sigma_0 / R_{пр}$ (а) и относительной передаточной прочности бетона $\beta = R_0 / R$ (б)

1 — тяжелый бетон при $\beta = 0,6$; 2 — то же, при $\beta = 1$; 1' — то же, при $\eta_{\tau} = 0,15$; 2' — то же, при $\eta_{\tau} = 0,65$; 3 — легкий бетон при $\beta = 0,6$; 4 — то же, при $\beta = 1$; 3' — то же, при $\eta_{\tau} = 0,15$; 4' — то же, при $\eta_{\tau} = 0,65$

жается в меньшей степени, чем в тяжелом, поэтому несмотря на то что коэффициент приведения $n = E_a/E_b$ в легком бетоне больше, чем в тяжелом, при многократном повторном нагружении аналогичный коэффициент $n' = E_a/E'_{b, усл}$ может быть принят для обоих бетонов одинаковым. Сцепление арматуры периодического профиля с легкими бетонами на мелком заполнителе из плотного песка практически такое же, как с тяжелым бетоном, а на пористом песке или легком бетоне марок М100 и ниже — на 10—13% меньше. Аналогичные результаты получены при измерении длины зоны передачи преднапряжений с высокопрочной арматуры без анкеров на бетон. Прочность нормальных сечений элементов из легкого бетона при $\xi < \xi_R$ не ниже, чем элементов из тяжелого бетона, однако граничные значения высоты сжатой зоны ξ_R меньше, так как коэффициент полноты эпюры сжимающих напряжений ниже. Это может несколько снизить прочность перearмированных железобетонных элементов из легких бетонов. Однако при полностью сжатом сечении и больших значениях ξ , в особенности при центральном сжатии, прочность коротких (негибких) колонн из легкого железобетона больше, чем из тяжелого вследствие большей призмочной прочности легкого бетона и повышенных напряжений в сжатой арматуре высоких классов, обусловленных более высокой предельной сжимаемостью бетонов на пористых заполнителях.

Прочность и трещиностойкость наклонных сечений железобетонных балок из различных видов легких бетонов, как правило, ниже, чем из тяжелого. По опытам Ростовского инженерно-строительного института в балках из бетона на пористых известняках прочность оказалась ниже на 5—20%, а из керамзитобетона на кварцевом песке — на 13—25%.

Влияние вида бетона на разрушающее усилие зависит от поперечного армирования. При его отсутствии разрушающие усилия для элементов из бетона на известняке-ракушечнике в среднем на 19,5%, а для элементов из керамзитобетона на 21% ниже, чем для тяжелого бетона, а при наличии поперечного армирования эта разница составляет соответственно 8,5 и 12,4%.

В выражении поперечной силы $Q_{x,6}$ коэффициент K_2 рекомендуется принимать: при облегченном бетоне — 1,9, а при легком (на кварцевом песке) — 1,8. По опытным данным других авторов для элементов из легкого бетона на различных пористых заполнителях на кварцевом песке значение этого ко-

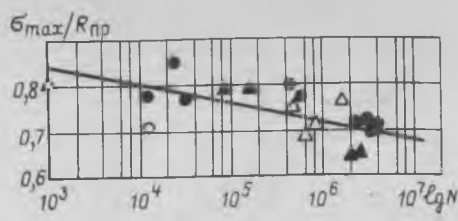


Рис. 2. Зависимость относительной призмочной прочности легких бетонов от числа циклов повторного нагружения ($R_{пр} = 20 \dots 30$ МПа, $\rho_b = 0,45 \dots 0,5$, $\omega = 6,7 \dots 10$ Гц)
 ● — аглопоритобетон; ▲ — керамзитобетон; ○ — перлитобетон и литонидномемзобетон

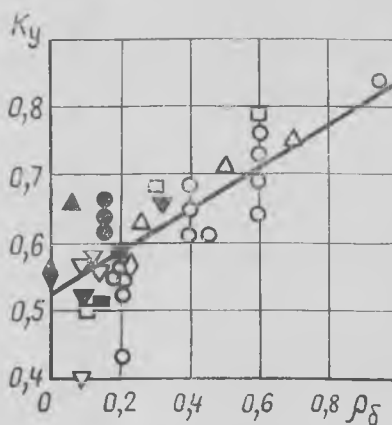


Рис. 3. Зависимость коэффициента усталостной прочности легких бетонов (при $N = 2 \cdot 10^6$) от коэффициента асимметрии цикла ρ_b ($R_{пр} = 6,2 \dots 45,2$ МПа; ●, ▲, △, ○ — см. по рис. 2; ▼, ■ — керамзитобетон; ▽ — пемзобетон; □ — известняк-ракушечник; ◆, ◇ — вспученный сланец)

эффициента оказалось более низким, поэтому в СНиП 2.03.01—84 оно принято равным 1,75, а на пористом песке — 1,5.

Анализом новой методики НИИЖБ по расчету прочности наклонных сечений установлено, что для ее распространения на элементы из легкого и облегченного бетона необходимо ввести изменения в формулу для определения $R_{ср}$, а также снизить значения коэффициентов полноты эпюры касательных и сжимающих напряжений.

Заметное влияние вид бетона оказывает также и на уровень образования наклонных трещин $Q_{тр}/Q_{разр}$. В элементах из бетона на известняке-ракушечнике это отношение на 15,5—21,5%, а в балках из керамзитобетона на 27,6—33% ниже, чем на тяжелом бетоне. Полученные результаты объясняются главным образом пониженным сопротивлением бетонов на пористых заполнителях растяжению.

В условиях, обеспечивающем отсутствие наклонных трещин $Q \leq K_1 R_b h_0$,

коэффициент K_1 при надежности 0,95 рекомендуется принимать: для тяжелого бетона — 0,6, для облегченного на известняке-ракушечнике — 0,5, для легкого — 0,4.

Ширина раскрытия наклонных трещин в балках из облегченного и легкого бетонов больше, чем в балках из тяжелого при уровнях нагрузки 0,5—0,8 разрушающей на 26 и 39%, что следует учитывать введением соответствующих поправочных коэффициентов в формулы для определения ширины раскрытия трещин в тяжелом бетоне.

В условиях, обеспечивающем прочность на сжатие бетонной полосы между наклонными трещинами, необходимо учитывать пониженное сопротивление бетонов на пористых заполнителях сжатию в условиях двухосного напряженного состояния «сжатие — растяжение» по сравнению с тяжелым бетоном.

Расчет по образованию трещин, нормальных к продольной оси, элементов из легкого бетона рекомендуется производить с учетом снижения прочности на растяжение, а также изменения упругих свойств бетона, подвергнутого длительному предварительному обжатия. В связи с этим в расчет вводят прочность на осевое растяжение $K_R R_p$ и коэффициент приведения $n/K_{v,p}$ v_p , определяемые с помощью коэффициентов $K_R \leq 1$ и $K_{v,p} \geq 1$, значения которых для легких бетонов установлены экспериментально в зависимости от уровня предварительного обжатия, возраста бетона к началу обжатия и его продолжительности, вида и марки.

Наклонные трещины образуются при достижении комбинаций главных напряжений предельных значений из критерия прочности бетона при плоском напряженном состоянии, который учитывает влияние неупругих деформаций бетона перед образованием трещин и перераспределение напряжений. Рекомендации норм, основанные на опытных данных, учитывают большую степень снижения относительной прочности на растяжение легких бетонов в сравнении с тяжелым при одинаковом уровне сжимающих напряжений в направлении, перпендикулярном растяжению.

Прогибы железобетонных элементов на пористых заполнителях, вызванные кратковременной нагрузкой, на 10—30% больше, чем на плотных, что является следствием пониженных модулей упругости легких бетонов. Однако прирост прогибов во времени, обусловливаемый ползучестью бетона, как правило, такой же, как в элементах из тяжелого бетона. Исключение составляют лишь элементы из некоторых видов легких бетонов, в которых в каче-

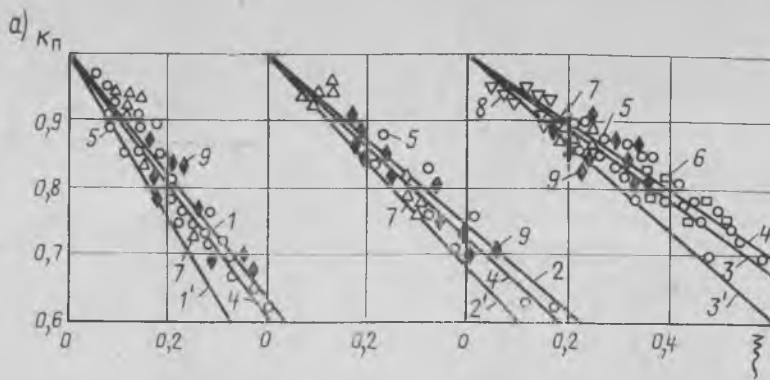


Рис. 4. Зависимость коэффициента K_n от относительной высоты сжатой зоны сечения (ξ подсчитывают по нормативным характеристикам материалов)

1—3 — для элементов из бетонов на крупных пористых заполнителях и плотном песке по формуле РИСИ при $M=M_T$ и σ_0/R_{aII} соответственно равном 0; 0,5—0,6 и 0,7—0,8; 1'—3' — то же, для элементов из тяжелого бетона; 4 — среднестатистические по опытным данным для легких бетонов; 5 — бетон на известняке-ракушечнике; 6 — шлакожелезобетон; 7 — бетон на литоидной пемзе; 8 — аглопоритобетон; 9 — керамзитобетон

стве мелкого заполнителя используют пористые пески. В этих случаях наблюдается повышенный прирост прогибов во времени, что учитывается введением

в расчет пониженного значения коэффициента $C=f_d/f_{кр}$ (в элементах без трещин) и уменьшенного значения коэффициента упругости бетона ν .

При определении прогибов железобетонных элементов без трещин от кратковременного действия нагрузки жесткость сечений $K_n E_0 I_n$ рекомендуется определять при значениях коэффициента K_n , назначаемых в зависимости от вида и марки бетона, а также от армирования элемента, степени преднапряжения и других факторов. С этой целью можно использовать зависимости, полученные в Ростовском инженерно-строительном институте на основе статистической обработки результатов испытания более 200 железобетонных балок из различных видов легких бетонов, выполненных в НИИЖБ, РИСИ, АрмНИИСА и других организациях (рис. 4).

Правильный учет особенностей свойств легких бетонов при проектировании обеспечивает получение конструкций, которые по техническим характеристикам не уступают конструкциям из тяжелых бетонов, а в некоторых случаях даже превосходят их.

УДК 69.057.12-413:691.327:666.973.2

Ю. С. ОСТРИНСКИЙ, канд. техн. наук, К. А. СЕРГЕЕВА, канд. экон. наук (НИИЭС)

Эффективность применения легких бетонов в жилищном строительстве

В отечественной практике строительства в последнее десятилетие произошли положительные сдвиги в структуре применения железобетонных конструкций, где заметно наметились тенденции к увеличению доли легких бетонов.

Применение их в несущих конструкциях позволяет снизить собственную массу последних в 1,5—1,6 раза, что приобретает особое значение при возведении зданий в районах с повышенной сейсмичностью. Возведение наружных стен из легкого бетона позволяет существенно уменьшить затраты труда на изготовление этих конструкций по сравнению со слоистыми конструкциями, выполняемыми с применением тяжелого бетона.

Основным направлением повышения эффективности производства и применения конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов на пористых заполнителях является снижение плотно-

сти бетона путем применения более легких заполнителей. Например, уменьшение средней насыпной плотности заполнителей на одну марку (т. е. на 100 кг/м³) равнозначно снижению затрат в сфере применения легкого бетона на 6—8 р. в расчете на 1 м³.

В табл. 1 приведены (в %) расчетные технико-экономические показатели производства и применения легкобетонных панелей для жилищного строительства размером 3,6×2,9 м (проем 2,25 м²) по каталогу унифицированных железобетонных изделий [1].

Наибольший эффект достигается при комплексном использовании легкого бетона во всех конструкциях полносборных и монолитных зданий, что имеет особое значение в районах повышенных сейсмических воздействий, при строительстве в сложных условиях домов с повышенной этажностью (9 этажей и более).

Эффективность комплексного применения легких бетонов состоит в том, что исполнение любого данного конструктивного элемента из легкого бетона приводит к повышению эффективности применения смежных с ним других легкобетонных элементов.

В крупнопанельных зданиях повышенной и особо большой этажности эта эффективность обусловлена целым рядом совместно действующих факторов. Так, легкобетонное исполнение внутренних стен позволяет улучшить совместную работу их с наружными однослойными керамзитобетонными панелями. В результате панели наружных стен включаются в статическую работу здания в качестве несущих вертикальных конструкций, что приводит к значительному увеличению жесткости всей конструктивной системы, уменьшению армирования внутренних стен и снижению марок бетона. Одновременно создается

Наименование материалов, конструкций или видов работ	Себестоимость производства	Удельные капитальные вложения	Себестоимость «в доле»	Приведенные затраты	Трудоемкость
Однослойные керамзитобетонные из поризованного бетона М-75 $\gamma=1100$ кг/м ³ , толщиной 40 см	100	100	100	100	100
Однослойные керамзитобетонные из плотного керамзитобетона $\gamma=1000$ кг/м ³ (на керамзитовом песке) М-75, толщиной 35 см	92,5	93,8	93,8	93,8	92,1
Однослойные перлитокерамзитобетонные из плотного бетона М-75 $\gamma=900$ кг/м ³ (на перлитовом песке) толщиной 30 см	82,1	87,8	85,6	86,1	81,4
Двухслойная керамзитобетонная панель с утепляющим слоем из крупнопористого бетона $\gamma=1000$ кг/м ³ , толщиной 32 см	79,3	85,9	83,4	83,9	84,7
Однослойная конструкция из керамзитобетона $\gamma=1000$ кг/м ³ , оштукатуренная перлитовым раствором толщиной 32 см	83,7	89,8	86,9	87,6	87,6
Однослойная панель из плотного шлакопемзобетона $\gamma=1400$ кг/м ³ толщиной 40 см	100,5	95,0	81,0	83,9	119,0
Однослойные панели из ячеистого бетона М-35 $\gamma=800$ кг/м ³ , толщиной 35 см	89,7	93,2	94,2	94,0	99,3
Однослойные панели из ячеистого бетона М-35 $\gamma=700$ кг/м ³ , толщиной 35 см	82,5	91,3	88,4	88,9	99,7

Таблица 2

Характеристика проектов	Варианты	Себестоимость осуществления проектных решений	Приведенные затраты	Суммарные затраты труда
Крупнопанельный 9-этажный жилой дом с продольными несущими стенами для обычных условий строительства	А	100	100	100
	Б	75	80	90
Крупнопанельный 9-этажный жилой дом с малым шагом поперечных несущих стен для строительства в районах с 7-балльной сейсмичностью	А	100	100	100
	Б	84,3	87,5	81
Крупнопанельный 16-этажный жилой дом для обычных условий строительства	А	100	100	100
	Б	91,6	94,2	87,4
Крупнопанельный 16-этажный жилой дом для строительства в районах с 8-балльной сейсмичностью	А	100	100	100
	Б	89	88,5	90,8
Крупнопанельный 25-этажный жилой дом для обычных условий строительства	А	100	100	100
	Б	86,5	91,2	84,3
Монолитный 16-этажный жилой дом для обычных условий строительства	А	100	100	100
	Б	83	87	78

Обозначения: А — вариант, предусматривающий исполнение внутренних несущих и ограждающих конструкций из тяжелого бетона; Б — вариант с комплексным применением легкого бетона.

возможность опирания панелей перекрытия по контуру, что предопределяет возможность снижения степени их армирования.

Существенным фактором повышения эффективности комплексного применения легких бетонов в зданиях рассматриваемого вида является возможность отказа от устройства дублированных стен (панелей внутренних стен, утепленных навесными керамзитобетонными панелями) в торцах здания и боковых стенах лоджий и ризалитов. Это дает возможность реализовать дополнительный эффект за счет уменьшения толщины названных участков стен и увеличения размеров внутренних помещений. В конечном счете это приводит к возрастанию общей площади здания на 1—1,5% и пропорциональному уменьшению удельной величины всех видов затрат на его строительство, включая и те затраты, которые не связаны с особенностями конструктивного исполнения объекта. Благодаря этому приведенные затраты на строительство жилого дома могут быть снижены на 1,8—2,2 р/м² общей площади.

Наиболее полно рассмотренные факторы проявляются при строительстве зданий в районах повышенной сейсмичности. В табл. 2 приведена сравнительная оценка экономической эффективности комплексного применения легких бетонов в несущих и ограждающих железобетонных конструкциях жилых зданий, выполнения в работах НИИЭС, ЦНИИЭПжилища и ЛенЗНИИЭП.

В приведенных данных по вариантам 1—3 и 5 снижение себестоимости осуществления проектного решения составило 5—7 р. на 1 м² общей площади. При этом затраты на материалы для приготовления бетонов по вариантам комплексного применения легких бетонов (в расчете на 1 м² общей площади) на 1,3—1,5 р. ниже по сравнению с вариантами-аналогами. Следовательно, суммарная себестоимость изготовления конструкций (в расчете на 1 м²) в заводских условиях без стоимости материалов, их транспортирования и монтажа на строительной площадке при комплексном применении легких бетонов на 4—6 р. ниже, чем по вариантам-аналогам.

Значительный экономический эффект обусловлен применением в качестве пористых заполнителей эффективных местных материалов на основе утилизируемых отходов промышленности, за-

полнителей из природных пористых вулканических материалов. Особенно эффективны гранулированные доменные шлаки предприятий Урала, Сибири и Казахстана, а также вулканические пемзы и шлаки, на основе которых возможно получение бетонов с уникальным сочетанием высокой несущей способности (марка до 300) [2], хорошего сопротивления теплопередаче и низким затратами на производство.

Комплексное применение легких бетонов позволяет получить экономический эффект и при строительстве зданий производственного назначения [3], а также отдельных сборных конструкций, применяемых в зданиях со стенами из мелкоштучных материалов.

Использование всех рассмотренных

направлений повышения эффективности легкого бетонного домостроения, а также прогрессивных способов производства конструкций, развитие сырьевой базы для их изготовления позволит расширить области эффективного применения легких бетонов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Сергеева К. А. Методические основы определения эффективности производства и применения в строительстве взаимозаменяемых пористых заполнителей для легких бетонов различного назначения. М.: НИИЭС, 1976.
- Остринский Ю. С. Экономическая эффективность комплексного применения легких бетонов в жилищном строительстве. — В сб. трудов НИИЭС: Экономическая эффективность технического прогресса в проектных решениях жилых и гражданских зданий, 1975.
- Эффективность комплексного применения конструкций из легкого бетона. — Бетон и железобетон, 1982, № 4.

Е. П. ХОЛОШИН, канд. техн. наук (ДальНИИС);
И. Г. ЗЕЛИНСКИЙ, инж. (Главкамчаткострой);
Л. П. ГАВРОНСКИЙ, инж. (Камчатскгражданпроект);
В. Г. БОРОВОЙ, инж. (Примкрайсельстрой)

Опыт внедрения бетонов и конструкций на пористых заполнителях Дальнего Востока

Ежегодно 23 керамзитовых завода Дальневосточного региона выдают 1—1,2 млн. м³ керамзита. Наибольшее применение он находит для однослойных наружных панелей, плит кровель. Из-за недостатка керамзитового песка, отсутствия фракционирования конструктивно-теплоизоляционный керамзитобетон марок М35—М100 не соответствует требованиям ГОСТа по средней плотности и водостойкости. Это вызывает частые протечки, промерзания ограждающих конструкций, которые усугубляются недолговечной фактурой, отсутствием качественных мастик для заделки стыков.

С 1982 г. внедряется керамзитопенозолобетон марок М50—М100, разработанный ДальНИИС. Для бетона марок М50—М75 зола-унос полностью заменяет керамзитовый песок, а для М100 он применяется частично. Полученный материал имеет гарантированную плотную структуру, требуемую водостойкость. Его средняя плотность снижается на 100—150 кг/м³, при этом достигается экономия цемента на 10—15%.

Керамзитовый песок, частично фракции 5—10 мм используют для конструктивного керамзитобетона марок М200—М500. В сельскохозяйственном строительстве Приморья керамзитобетон марок М200—М300 применяют для свай-колонн, лотков, кормушек, полов, плит покрытий и других конструкций уже более 15 лет. Его отличают высокие коррозионная стойкость при эксплуатации в агрессивных средах и морозостойкость. Признаков разрушения практически не отмечено. Для гидротехнических конструкций мелиоративного строительства юга Приморья применяют оголовки 0-120 из мелкозернистого керамзитобетона марки М300. За 12 лет эксплуатации в агрессивных средах не обнаружено никаких коррозионных процессов, в то же время как конструкции из бетона на плотных заполнителях полностью разрушаются через 4—5 лет, иногда и через 2—3 года.

В опытном порядке во Владивостоке выполнены безрулонные кровли на трех



Рис. 1. Жилой дом из бетона на вулканических шлаках

домах из мелкозернистого керамзитобетона марок М400—М500. После 7, 9 и 11 лет эксплуатации обеспечена гарантированная коррозионная стойкость, причем окрасочная гидроизоляция на одном доме отсутствовала, а на другом вышла из строя через 3 года. С 1985 г. такие кровли запущены в массовое производство на Владивостокском ДСК при совместной разработке ДальНИИС, треста Оргтехстрой Главвладивостокстроя, Приморгражданпроекта и ЦНИИЭПжилища. Освоен также вы-

пуск плит 2Т размером 3×18 м из мелкозернистого керамзитобетона марок М400—М600, плоскопрофилированных свай из бетона марки М300 и др.

Сдерживающим фактором массового внедрения данных конструкций является их большая стоимость. Однако окупаемость их обеспечена уже в ранние сроки, т. е. после 5 лет эксплуатации.

Ярким примером действительно массового внедрения бетонов и конструкций на естественных пористых заполнителях является Камчатская область. В



Рис. 2. Здание детского сада из шлакобетона

течение последних 10—15 лет практически во всех сферах строительства 80% бетонных изделий и конструкций изготавливают на вулканических шлаках. Частично используют туфы, пемзы и перлиты. Общий годовой объем только по Главкамчаткострою составляет 180 тыс. м³ бетона на естественных пористых заполнителях, по Камчатской области около 300 тыс. м³. ДальНИИС, НИИЖБ, ЦНИЭПжилища, ЦНИИСК и другими институтами выполнен комплекс научных разработок, составлены документы, позволившие широко внедрить такие бетоны в гражданское, промышленное, гидротехническое и дорожное строительство. Освоен жаростойкий бетон марок М200—М300 на вулканическом шлаке Козельского месторождения на строительстве ТЭЦ-2 в Петропавловске, Камчатском. При возведении жилых домов (рис. 1) используют бетон на вулканических шлаках. Камчатский ДСК освоил новые технологии, достиг высокой степени заводской готовности изделий, внедряет сквозной бригадный подряд. Широко применяются растворы на молотом вулканическом шлаке, туфе. Благодаря применению химических добавок, в частности суперпластификаторов, значительно снижена трудоемкость изготовления бетона, улучшено его качество, снижен расход цемента на 15—20%.

На основе молотого шлака, перлита, специальных химических добавок освоены эффективный утеплитель — пластиприн. В новом цехе освоено изготовление теплоизоляционных плит по конвейерной технологии на стане. Опыт эксплуатации жилых домов из бетона на пористых заполнителях показал их высокие эксплуатационные качества в условиях повышенной сейсмичности.

Широко внедрен дорожный бетон, аэродромный на вулканических шлаках. Долговечность таких покрытий в условиях агрессивных сред, повышенной сейсмичности исключительно высокая. Особенно это проявилось при использовании бетонов на вулканических шлаках в морской гидротехнике. Обследованные причалы после 10—15 лет эксплуатации не имеют коррозионных повреждений. Положителен также натурный эксперимент применения высокоалюминатного Спасского цемента вместо сульфатостойкого в бетоны марок М300—М400 на Козельском вулканическом шлаке.

Особенно широко внедряются конструкционные бетоны марок М200—М500 в строительство промышленных, гражданских и общественных зданий.

В результате анализа, проведенного Камчатскгражданпроектом, оптималь-

Рис. 3. Возведение общежития ГПТУ из шлакобетона марки М350



ным решением для проектирования и строительства гражданских зданий в условиях Камчатки признано применение каркасно-панельной серии (КПС) с чисто рамным каркасом и платформенными стыками колонн и ригелей. ЦНИИСК и ЦНИИЭП учебных зданий проведены исследования платформенных стыков и разработаны рекомендации по расчету и конструированию узлов для каркасов из тяжелого бетона. С учетом этих принципов Камчатскгражданпроектом разработана полносборная каркасно-панельная серия с одновременным проектированием реальных объектов.

На основании опыта проектировщиков и строителей Камчатки, данных научно-исследовательских работ ДальНИИС и НИИЖБ о возможности применения вулканических шлаков для легких конструктивных шлакобетонов в Камчатскгражданпроекте были выполнены теоретические исследования и конструктивные расчеты на ЭВМ, определившие рациональность использования такого бетона в несущих конструкциях и перекрытиях серии КПС. Результаты исследований показали высокую экономическую эффективность комплексного применения шлакобетона, которая достигается за счет значительного снижения массы конструкций и увеличения гибкости каркасов с соответствующим уменьшением вертикальных и сейсмических нагрузок. Это позволило усовершенствовать серию КПС.

При сравнении технико-экономических показателей рабочих чертежей и смет реальных объектов с конструкциями из тяжелого бетона и из шлакобетона: педучилище на 720 учащихся, общежитие на 400 мест, школы на 1000 учащихся, детские сады по 280 мест и др. (рис. 2, 3) — расход металла сократился на 38—48%, что в натуральных показателях составило 6,53 т металла и 3,4 тыс. р. на 1000 м³ строительного объема зданий.

При общем строительном объеме

гражданских зданий, построенных на Камчатке на основе усовершенствованной серии КПС на 1 января 1985 г. (ориентировочно 1400 тыс. м³) экономия металла составила 8200 т, сметной стоимости строительства 3 млн. 900 тыс. р.

Кроме общего экономического эффекта в 5 млн. 900 тыс. р. при разработке серии была повышена сборность и уменьшены объемы отделочных работ, что значительно сократило трудозатраты и сроки строительства. Достигнутый уровень сборности по гражданским общественным зданиям по данным Главкамчаткостроя составил 92%.

Важным моментом является также и то, что в единой конструктивной системе проектируются и строятся самые разнообразные по назначению и архитектурному решению объекты — школы и детские сады, магазины и общественные центры, училища и общежития, поликлиники и больницы, административные и лабораторные корпуса и другие здания.

За разработку проектов и строительство полносборных гражданских зданий на Камчатке группе проектировщиков Камчатскгражданпроекта и строителей Главкамчаткостроя присуждена премия Совета Министров СССР.

Освоен также выпуск эффективных современных плит на пролет КЖС размерами 3×18 и 3×24 м из бетона марки М400 на вулканическом шлаке, ригелей, колонн и других конструкций.

Высокая фактическая эффективность замены тяжелого бетона, достигающая 15.40 р. на 1 м³. Учитывая практически неограниченные запасы вулканических шлаков, пемз Камчатки, Минвостокстрой рассматривает возможность завоза этих материалов по всему Тихоокеанскому побережью, в том числе в Хабаровский, Приморский края, Магаданскую, Сахалинскую области. В народнохозяйственном плане это перспективно и выгодно, так как достигается экономия энергоресурсов, обеспечивается загрузка пустых судов, идущих мимо Камчатки с севера.

В. В. СКОМОРОХОВ, инж. (Главлипецкстрой)

Опыт и перспективы применения конструкций из шлакопемзобетона

Совместно с ведущими научно-исследовательскими и проектными институтами Госстроя СССР липецкие строители ведут активную работу по комплексному использованию легких бетонов на основе продуктов шлакопереработки Ново-Липецкого металлургического комбината — шлакопемзобетона и песка, доменного гранулированного шлака.

Пересмотрена и разработана нормативная документация — стандарты, технические условия, строительные нормы и правила на шлаковые строительные материалы и бетоны на их основе; разработаны рабочие чертежи железобетонных и бетонных конструкций широкой номенклатуры. Выполнен необходимый объем опытного строительства для выпуска типовых проектов.

Все это создало объективные условия для массового использования шлаков и продуктов шлакопереработки. Для обеспечения рационального и комплексного применения шлаков металлургической промышленности в производстве легких и облегченных бетоново несущих и огра-

ждающих конструкций жилых, общественных и промышленных зданий в текущей пятилетке была разработана и утверждена Госстроем СССР соответствующая программа, в решении которой принимают участие более 20 научно-исследовательских, проектных и производственных организаций, в том числе Главлипецкстрой (ответственный исполнитель — НИИЖБ).

В настоящее время из легких бетонов на основе шлакопемзобетона и песка, доменного гранулированного шлака на домостроительном комбинате ежегодно производится 130 тыс. м³ деталей жилых зданий, 25 тыс. м³ панелей наружных стен и несущих конструкций промышленных и общественных зданий и 1 тыс. м³ элементов тепловых агрегатов и других жаростойких конструкций.

Наиболее широко (80% объема) шлакопемзобетон применяется в жилищном строительстве. Комплексное его использование не только в ограждающих, но и в несущих конструкциях (вместо тяжелого бетона) в 9-этажных домах серии

91 ЦНИИЭПжилища позволило снизить общую их массу на 19%, расход стали на 12%, трудозатраты на 16%, сметную стоимость на 2,2%.

Постепенно осуществляется переход на комплексное применение шлакопемзобетона для промышленных и общественных зданий.

В настоящее время предприятия стройиндустрии Главка выпускают панели наружных стен промышленных зданий, разработанные НИИЖБ, ЭКБ ЦНИИСК и ЦНИИЭП торговых зданий по сериям 1.432-9/81 и СТ-02-19/68 из шлакопемзобетона марки М75 объемным весом 1600 кг/м³ в сухом состоянии. Их внедрение, начатое с 1966 г., рассчитано на здания с шагом колонн 6 и 12 м (рис. 1). Натурные обследования смонтированных в 1967 г. панелей наружных стен цеха мелкого литья Липецкого завода «Центролит» показали отсутствие в них коррозии арматуры и достаточно высокие эксплуатационные свойства конструкций в целом. Внешний вид панелей отвечает современным эстетическим требованиям (рис. 2).

Однако в связи с повышением требуемого термического сопротивления панелей было необходимо улучшить тепло-технические свойства шлакопемзобетона без увеличения толщины стеновых изделий. В соответствии с этим НИИЖБ совместно с ЦНИЛ Главлипецкстроя и НИИСФ разработали технологию изготовления наружных стеновых панелей из шлакопемзобетона с уменьшенной объемной массой (с 1600 до 1450 кг/м³) и коэффициентом теплопроводности (с

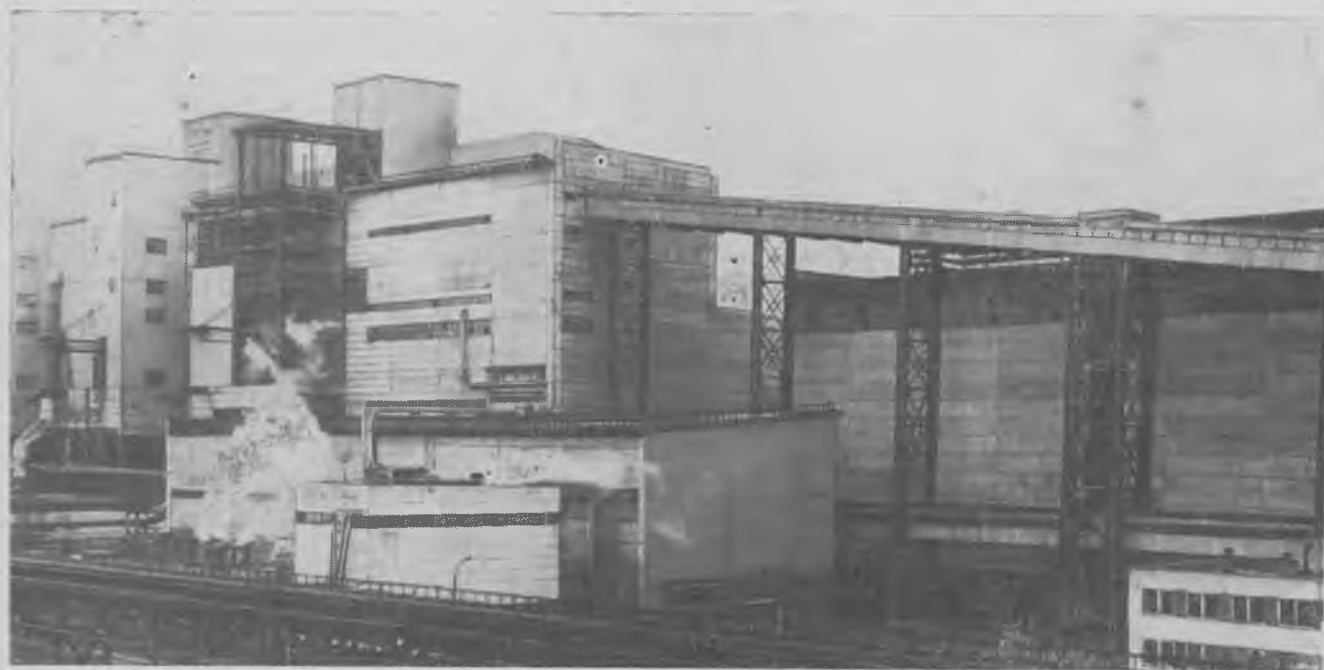


Рис. 1. Один из цехов Ново-Липецкого металлургического комбината с наружными стеновыми панелями из шлакопемзобетона

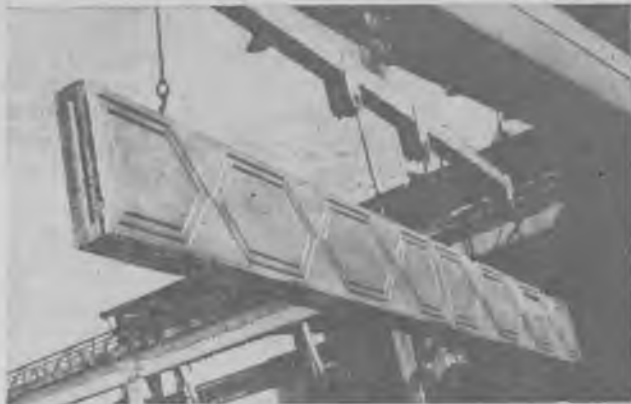


Рис. 2. Наружная стеновая панель из шлакопемзобетона

0,36 до 0,30 ккал/(м·°С). Этого удалось добиться за счет оптимальной умеренной (объем воздухововлечения $V_v = 9...10\%$) поризации шлакопемзобетонной смеси воздухововлекающей добавкой СДО при оптимизации грансостава шлакопемзобетонного заполнителя. Расход цемента снижен на 10% за счет использования тонкомолотой добавки гранулированного доменного шлака.

Из шлакопемзобетона марки М75 с приведенными выше характеристиками разработаны укрупненные наружные стеновые панели размером на комнату (3286×5980 мм) для школы серии 1.020-1/83 на 33 учебных класса. Применение таких панелей в расчете на 1 м² изделия сокращает трудозатраты на 0,15 чел.-дня и дает экономию 0,65 р.

Ведутся подготовительные работы к строительству экспериментального общественного здания, в котором все несущие и ограждающие конструкции серий 1.020-1/83 и 1.030 выполняются из шлакопемзобетона марок М50...М400. Эффективность возведения такого здания (по сравнению с серией ИИ-04) выражается в снижении расхода стали на 15—25% или 4...6 кг на 1 м² полезной площади, трудозатраты сокращаются на 8...10%.

Шлакопемзобетон марки М50 используется и в наружных стеновых блоках типа БР по серии 1.433-1 для насосных, компрессорных, а также лестничных клеток промышленных зданий.

ЦНИЛ Главлипецкстроя совместно с лабораторией легких бетонов НИИЖБ разработаны составы шлакопемзобетона для перегородок детских садов, школ, объектов бытового назначения по серии 1.431-20, изготавливаемых кассетным способом с применением суперпластификатора. После получения суперпластификатора С-3 начнется массовое внедрение этих конструкций.

Из шлакопемзобетона марок М300 и М400 в Главлипецкстрое изготавливают плиты покрытий промышленных зданий размерами 3×6 и 3×12 м по сериям 1-465-7 и 1-465-3, аналогичные плитам из тяжелого бетона. В настоящий момент

НИИЖБ совместно с ЦНИИпромзданий и Липецким политехническим институтом разработаны, успешно испытаны и подготовлены к внедрению плиты типа «П» размерами 3×18 м из шлакопемзобетона марки М350. Их изготавливают в опалубке для плит из тяжелого бетона серии 230-75. Применение таких конструкций в расчете на 1 м² панели позволяет снизить трудозатраты на 0,19 чел.-ч и расход арматуры на 2,1 кг по сравнению с типовым решением.

Проведены испытания и получены данные по влиянию водоцементного отношения, расхода и крупности шлакопемзобетонного щебня, вида мелкого заполнителя, расхода цемента, параметров тепловлажностной обработки и вида химических добавок на морозостойкость шлакопемзобетона марок М200...М400. При этом установлена возможность получения конструкционного шлакопемзобетона без добавок морозостойкостью до 600 циклов. Это обусловлено особенностями структуры шлаковой пемзы, способству-

ющей резкому снижению исходного водоцементного отношения бетонной смеси из-за быстрого поглощения заполнителем воды затворения и соответственно образованию низкой капиллярной пористости цементного камня, а также хорошей деформативностью заполнителя, гасящего значительную часть возникающих внутренних давлений, и особенностями прочной контактной зоны шлакопемзобетонного щебня с матрицей (растворной частью).

Установлено также, что введением комплексных добавок типа СНВ+СДБ и СНВ+С-3 в бетонную смесь морозостойкость высокопрочного шлакопемзобетона марки М400 и выше можно повысить до 1600 циклов. Водонепроницаемость его составляет не менее В 12 и практически не уменьшается после 400 циклов замораживания и оттаивания. Такие свойства позволяют изготавливать из высокопрочного шлакопемзобетона безрулонные плиты покрытий неотопляемых цехов промышленных зданий. При этом трудозатраты на 1 м² покрытия строящегося здания снижаются на 0,7 чел.-дня, экономический эффект составляет 2,9 р/м².

Использование разработанного конструкционного шлакопемзобетона с повышенной морозостойкостью (Мрз 600 и более) и водонепроницаемостью (В 6 и более) в гидротехнических сооружениях, в частности в очистных, позволит повысить долговечность и надежность эксплуатации конструкций, которые подвергаются циклическому замораживанию и оттаиванию в водонасыщенном состоянии.

Для снижения расхода дефицитного



Рис. 3. Конструкции газоходов, изготовленных из жаростойкого шлакопемзобетона

сырья — сульфатостойкого портландцемента — и повышения долговечности конструкций при эксплуатации разработана технологическая документация на применение стеновых панелей аэротенков очистных сооружений из шлакопемзобетона.

Высокая эффективность получена от применения конструкций из жаростойкого шлакопемзобетона с температурой службы до 700°C. При строительстве доменных и колпаковых печей, объектов кислородно-конверторного и коксохими-

ческого производства на Ново-Липецком металлургическом комбинате часть кладки из огнеупорного кирпича была заменена крупноразмерными элементами из жаростойкого шлакопемзобетона (рис. 3). При этом трудозатраты на производство отдельных элементов тепловых агрегатов были сокращены в 7...8 раз. Экономический эффект от применения жаростойкого шлакопемзобетона на отдельных объектах достигал 75 р. на 1 м³ бетона.

У нас есть все возможности для су-

щественного увеличения объема внедрения конструкций, особенно несущих, из шлакопемзобетона, однако практическая их реализация сдерживается пока отсутствием необходимого количества шлаковой пемзы. Остается актуальной и проблема улучшения качества такой пемзы, производимой на Ново-Липецком металлургическом комбинате, в частности уменьшение ее насыпной плотности при сохранении прочности и повышение однородности.

УДК 691.327

С. Р. БАДАЛЯН, архит. (Ереванский ДСК); Е. М. СУРМАНИДЗЕ, инж. (ЦНИИЭПжилища)

Сейсмостойкие жилые здания из легких бетонов

Ереванский ДСК ведет массовое строительство легкобетонных крупнопанельных сейсмостойких 9-этажных жилых домов с шагом несущих наружных и внутренних стен 6×6 м по типовому проекту серии А-1-451-КП (рис. 1). Проект разработан архитектурно-конструкторским отделом Ереванского ДСК в сотрудничестве с ЦНИИЭПжилища. Серия А-1-451-КП содержит четыре градостроительных элемента (точечные дома и блок-секции). Несмотря на то что общее число типоразмеров крупнопанельных элементов составляет всего 142, имеется возможность обеспечить решение демографических, планировочных, архитектурно-пространственных и других градостроительных задач.

Принятый в серии шаг несущих наружных и внутренних стен позволяет при максимальной унификации параметров и планировочных узлов обеспечить необходимую гибкость в варьировании состава квартир.

Наружные и внутренние несущие и ограждающие конструкции домов этой серии возводятся с комплексным применением легких бетонов на естественных пористых заполнителях. При этом значительно повышается сейсмостойкость зданий, так как при уменьшении их массы снижаются расчетные сейсмические нагрузки. Из-за меньшего модуля упругости легкого бетона по сравнению с тяжелым той же прочности увеличивается гибкость конструктивной системы дома, а также повышается поглощение энергии колебаний при сейсмических воздействиях.

Применение во всех конструкциях домов легкого бетона на пористых заполнителях вулканического происхождения (кармрашенский шлак и литонидная пемза) позволило снизить массу здания на 28%, уменьшить расход арматурной стали на 13%, цемента на 15%.

Благодаря меньшей стоимости местных естественных пористых заполнителей по сравнению с тяжелым (базальтовый щебень), а также снижению расхода арматурной стали и транспортных затрат стоимость строительства уменьшилась на 7%.

Однослойные панели наружных стен толщиной 310 мм изготавливают из бетона марки М75 на кармрашенском шлаке и литонидном песке плотностью 1300 кг/м³ на конвейерной линии в горизонтальном положении «лицом вверх»

с облицовкой туфовыми плитками, с последующим фрезерованием их фасадной поверхности.

Панели несущих внутренних стен с многопустотным сечением толщиной 250 мм выпускают из бетона на литонидной пемзе и литонидном песке марки М200 плотностью 1850 кг/м³ в горизонтальном положении на конвейерной линии. Многопустотная панель обладает лучшими характеристиками жесткости, расхода арматуры и бетона, звукоизоляции, чем сплошная панель равной приведенной толщины.

С помощью специальной траверсы с пуансонами по всему сечению панелей (за исключением надпроемных переемычек) образуются пустоты диаметром 140 мм с шагом 200 мм. Часть этих пустот предназначена для пропуска вертикальной расчетной антисейсмической арматуры.

Междуэтажные перекрытия выполняют из многопустотных панелей толщиной 220 мм, пролетом 6 м при ширине 2,7 и 3 м из бетона на литонидной пемзе и литонидном песке марки М200 плотностью 1850 кг/м³.

Эти панели армированы преднапряженными электротермическим способом стержнями, выпущенными за торцевые грани панелей на 130 мм. Торцевые части пустот панелей закрывают бетонными пробками.

По многопустотным панелям на шлаковой засыпке укладывают панели основания раздельного пола размером «на комнату» толщиной 60 мм, которые изготавливают из мелкозернистого бетона

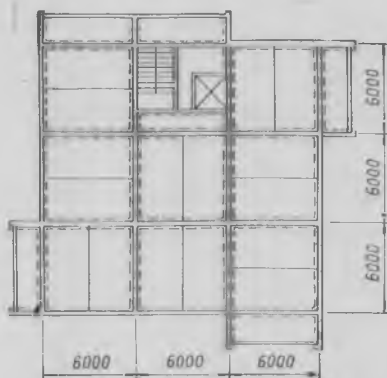


Рис. 1. Монтажный план перекрытий сейсмостойкого крупнопанельного 9-этажного дома серии А-1-451-КП

марки М200 на литой пемзе вертикально в кассетных установках.

Перегородки, вентиляционные блоки, сантехнические кабины и объемные шахты лифтов также производят из мелкозернистого бетона на литой пемзе марки М200 вертикально, в кассетах.

В зданиях применена безрулонная крыша из отдельных лотковых элементов арочной формы, изготовленных из бетона на литой пемзе марки М300.

Для повышения надежности работы крупнопанельных элементов при сейсмических воздействиях в домах серии А-1-451-КП начиная с 1981 г. применяют разработанные ЦНИИЭПжилища усовершенствованные конструкции несущих панелей наружных и внутренних стен размером на конструктивную ячейку длиной 6 м и междуэтажных перекрытий, а также новые типы стыковых соединений.

Усовершенствованные решения опорных зон внутренних несущих стен, имеющих многопустотное сечение, обеспечивают равнопрочность в опорной зоне и среднем сечении. Для того чтобы все сборные элементы могли воспринимать сдвигающие (сейсмические) усилия, в панелях наружных и внутренних стен на верхних, нижних и боковых гранях (в панелях перекрытий только на боковых гранях) предусмотрено устройство бетонных выступов и соответствующих углублений. После замоноличивания стыковых полостей между сборными элементами бетоном эти выступы и углубления работают как бетонные шпонки. Для обеспечения проектных размеров замоноличиваемых стыковых полостей на верхней поверхности панелей внутренних и наружных стен имеются бетонные фиксаторы. Принятая конфигурация замоноличиваемых полостей позволяет добиться надежного заполнения их бетоном и исключает возможность образования воздушных полостей*.

Усовершенствованные конструкции стыковых соединений (рис. 2) элементов позволяют им работать в конструктивной системе здания как единое целое, что было подтверждено исследованиями ЦНИИЭПжилища и АрмНИИСА.

Они включали испытания фрагментов стыковых соединений профилями стыкуемых элементов, выполненными в натуральную величину длиной 1,2 м.

Фрагменты испытывали на совместное действие поперечных и продольных сил (двухосное напряженное состояние), а также на чистый сдвиг (без учета нормальных напряжений от вертикальных и горизонтальных нагрузок). Результаты

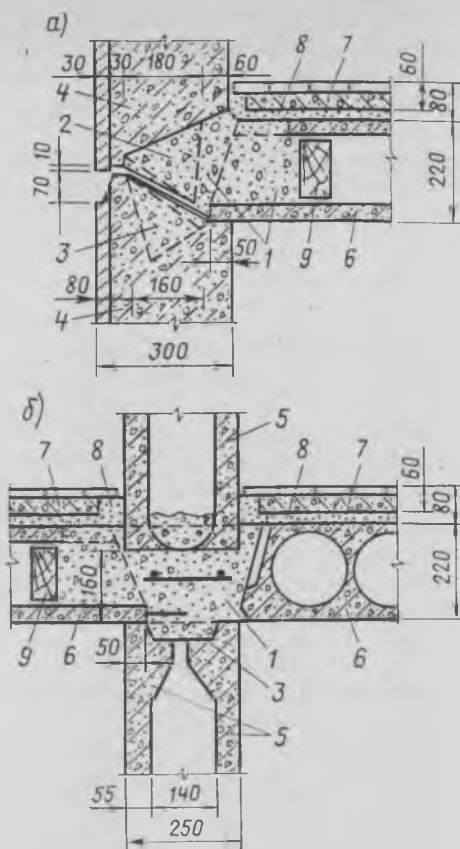


Рис. 2. Стыки панелей наружных (а) и внутренних (б) стен и перекрытий

1 — монтажный бетон; 2 — бетонные шпонки на нижней грани панели; 3 — бетонные шпонки на верхней грани панели; 4 — наружная стенная панель; 5 — внутренняя стенная панель; 6 — панель перекрытия; 7 — панель основания отдельного пола; 8 — шлаковая засыпка; 9 — деревянная пробка

подтвердили, что принятые решения с большим запасом обеспечивают расчетную несущую способность 9-этажных жилых домов, а также выявили возможность дальнейшего увеличения этажности зданий при сохранении размеров поперечных сечений основных несущих конструкций.

Исследования, а также опыт строительства 9-этажных легкобетонных сейсмостойких жилых домов серии А-1-451-КП с усовершенствованными конструкциями подтвердили технико-экономическую эффективность принятых конструктивных решений, которые позволяют повысить сейсмическую надежность домов при одновременном упрощении строительно-монтажных работ и сокращении материалоемкости и трудозатрат.

В 1984 г. в Ереване начато строительство экспериментального 16-этажного крупнопанельного жилого дома на 64 квартиры, запроектированного архитектурно-конструкторским бюро Ереванского ДСК совместно с ЦНИИЭПжилища для условий 7—8-балльной сейсмичности на базе конструкций 9-этажных домов

этой серии. Все конструкции здания изготовлены из бетона на естественных пористых заполнителях.

Принятые для экспериментального дома архитектурно-планировочная и конструктивная системы с поперечными и продольными наружными и внутренними несущими стенами, размером конструктивных ячеек 6×6 м позволят максимально использовать имеющуюся на Ереванском ДСК технологическую оснастку для заводского производства изделий 9-этажных домов.

В ходе экспериментального строительства и в первый год эксплуатации ЦНИИЭПжилища, АрмНИИСА и Ереванский ДСК наметили динамические испытания дома (на уровне 9 и 16 этажей) при помощи мощной вибрационной машины В-3, которые позволят установить действительные жесткостные и динамические характеристики экспериментального 16-этажного дома, проверить надежность эксплуатационных характеристик конструкций и стыковых соединений в реальных условиях.

Поясные блоки пониженной металлоемкости

Для монтажа наружных и внутренних стен 16—22-этажных жилых домов серии П-68, сооружаемым по проектам МНИИТЭПа, применяют поясные блоки пониженной металлоемкости.

Конструкции разработаны усилиями НИЛ ФХММиТП, заводов ЖБИ № 16 и № 21 Главпромстройматериалов.

В изделиях применено экономичное армирование и облегченные закладные детали за счет уточнения местных нагрузок и расчетной схемы участка поясных блоков в работе здания в целом, а также увеличения расчетных сопротивлений арматуры класса А-III.

Армирование блоков бухтовой сталью диаметром 8...10 мм класса А-III вместо используемой ранее стержневой диаметром 12...16 мм класса А-III позволяет в зависимости от размеров изделий на 20...40% снизить расход металла, уменьшить трудоемкость заготовки арматуры и полностью исключить ее отходы.

Снижение массы арматурных каркасов способствовало повышению эффективности использования внутризаводского транспорта, улучшению условий труда, уменьшению общих трудозатрат.

Изделия внедрены на заводах ЖБИ № 16 и 21. Экономия стали — свыше 2 тыс. т в год. Экономия труда — около 8 тыс. чел.-дн. в год. Экономический эффект составил свыше 300 тыс. р.

* А. с. № 757659. С. Р. Бадалян, И. С. Баршак, Д. К. Ваулян, Н. С. Стронгин, Е. М. Сурмандзе. Стыковое соединение наружных стеновых панелей с панелью перекрытия. — Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1980, № 31.

М. Ю. ЛЕЩИНСКИЙ, канд. техн. наук, Н. И. ПАЛИЕНКО, инж.
(Главкиевгорстрой)

Опыт производства керамзитозобетона

Одним из эффективных путей повышения качества керамзитобетона является введение в его состав золы тепловых электростанций. На Украине имеется опыт применения зол и золошлаковых смесей гидроудаления. Их использование в бетонах связано с определенными трудностями — неоднородностью и нестабильностью состава, высокой влажностью, смерзанием в зимнее время и т. д. С пуском на ряде ТЭС установок по сухому отбору золы стало возможным использование золы-уноса в бетонах в промышленных масштабах. Зола-унос представляет собой тонкодисперсный материал, осаждающийся из дымовых газов золоулавливающими устройствами. Удельная поверхность зол на украинских ТЭС обычно колеблется в пределах 3000...5000 см²/г.

Для снижения средней плотности и уменьшения расхода цемента в керамзитобетоне наружных стеновых панелей, выпускаемых на заводе железобетонных изделий ДСК № 4 Главкиевгорстроя, в состав бетона было решено ввести золу-унос Ладыжинской ГРЭС. При выполнении лабораторных и производственных исследований ЦНИЛ треста Киевгорстрой и ДСК № 4 были также использованы результаты работ, выполненных ВНИИжелезобетоном, НИИЖБом, Донецким Промстройинипроектом, Пензенским ИСИ, НИИСМИ и др.

Следует отметить, что действующие в нашей стране стандарты (ГОСТ 11024—84, ГОСТ 25820—83 и ГОСТ 25818—83) комплексно решают вопросы применения золы в керамзитобетоне. Зола Ладыжинской ГРЭС соответствует требованиям стандарта (содержание $[\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3]$ от 83 до 90%; SO_3 от 0,21 до 0,92% (CaO)_{св} до 3%; MgO от 1,25 до 2,48%; п. п. п. от 0,17 до 1,5%.

Завод железобетонных изделий ДСК № 4 изготавливает детали 9- и 12-этажных крупнопанельных жилых домов серии 134. Толщина наружных керамзитобетонных панелей стен — 320 и 250 мм, а подполья — толщиной 250 и 200 мм. Керамзитобетон наружных стеновых панелей должен удовлетворять следующим нормативно-проектным требованиям:

марка по прочности на сжатие М50, М75 и М100; средняя плотность в сухом состоянии соответственно не выше 1050, 1100 и 1200 кг/м³; влажность после тепловой обработки не выше 15%; марка по морозостойкости Мрз 35.

Для приготовления керамзитозобетона на заводе применяют портландцемент с минеральными добавками марки 400 Здолбуновского цементно-шиферного комбината, керамзитовый гравий фракции 10...20 мм с насыпной плотностью 430...500 кг/м³ и керамзитовый песок фракции 1...5 мм с насыпной плотностью 550...700 кг/м³ Керченского завода; воздухоовлекаящая добавка — СДО и зола Ладыжинской ГРЭС. Отпусковая цена золы — 1,42 р/т, транспортные расходы — 1,13 р/т.

В 1984 г. ДСК № 4 начал массовое производство керамзитозобетонных стеновых наружных панелей. Их изготавливают в основном по существующей технологии со следующими изменениями. Зола на завод поступает по железной дороге и через приемное разгрузочное устройство с помощью винтового пневмоподъемника ППВ-60 подается по золопроводу в силос емкостью 360 т. Из силоса в бункер, расположенный над дозатором, ее подача осуществляется по золопроводу с помощью пневматического насоса. Диаметр золопровода — 160 мм. Все компоненты бетонной смеси из дозаторов поступают в бетономешалку, а из нее смесь — в расположенный под смесителем бункер раздаточной тележки и затем в формы, установленные на конвейере. Технология приготовления, укладки и уплотнения смеси после введения в ее состав золы не изменилась. Неизменным остался и режим тепло-влажностной обработки панелей.

При рассмотрении проекта новых типовых норм расхода цемента по вашему предложению в СНиП 5.01.23—83* разрешено снизить минимальную типовую норму расхода цемента до 180 кг/м³ для железобетонных изделий при условии обеспечения суммарного минимального количества цемент+зола 220 кг/м³. Это позволило сократить расход цемента в керамзитозобетоне марок М50 и М75 до минимально допустимого.

Применение в составе бетона 180...200 кг/м³ золы-уноса обеспечило для бетонов марок М50 и М75 среднюю плотность 950...1000 кг/м³ при минимально допустимом по СНиП 5.01.23—83* расходе цемента для железобетонных изделий после тепловой обработки $R_{отп} = 9...11$ МПа. Влажность бетона после тепловой обработки — 12...13%, морозостойкость более Мрз 100, в сухом состоянии $\lambda = 0,25...0,27$ Вт/(м·°С), $\omega = 8...11\%$, $V_{п} = 1,9...2,6\%$. Средние коэффициенты вариации для керамзитозобетона по прочности — 6,5%, по средней плотности — 3,8% и по влажности — 10,8%.

Испытания на долговечность, в том числе в ЦНИЛ на климатической установке ДСМ-10 керамзитозобетон успешно выдержал. Как показали исследования Киевского НИИ общей и коммунальной гигиены, материал соответствует требованиям НРБ-76/80 по содержанию естественных радионуклидов.

В НИИСК были выполнены натурные испытания керамзитозобетонных панелей на прочность, жесткость и трещиностойкость, а также на теплопроводность, которые подтвердили высокие качества панелей. Сопротивление теплопередачи конструкций при влажности 12% находится в пределах 0,88...0,93 м²·°С/Вт при $R_{отп}^{тп}$ для условий Киева 0,8 м²·°С/Вт. и $R_{отп}^{эк} = 0,88$ м²·°С/Вт.

Применение золы-уноса с добавкой СДО взамен кварцевого песка позволило сократить расход цемента, уменьшить среднюю плотность бетона на 100...150 кг/м³ и отказаться от ранее требовавшегося увеличения толщины панели на 5 см. Общий экономический эффект превышает 2 р. на 1 м³ бетона.

Авторские свидетельства

№ 8

№ 1142294. Кишиневгорпроект. Д. С. Ионис. Форма для изготовления изделий из бетонных смесей.

№ 1142295. Ф. С. Язынин и А. М. Максимов. Форма для изготовления изделий из бетонных смесей со строповочными петлями.

№ 1142296. Ленинградский филиал Оргэнергострой. В. С. Балашов, С. Г. Волков, Е. Я. Бахрех и др. Многоместная форма для изготовления изделий из бетонных смесей.

№ 1142608. Владимирский политехнический ин-т. А. И. Соловьев и А. С. Жив. Сейсмостойкое здание.

№ 1142609. ПКБ Узводприборавтоматика. Е. Б. Терехов и В. М. Скрипник. Устройство для закрепления пучка арматуры.

См. Открытия. Изобретения, 1985.

А. И. БУРАКАС, Ю. А. КАТРУЦА, кандидаты техн. наук (НИИСК)

В борьбе за научно-технический прогресс

Научно-производственная деятельность НИИСК Госстроя СССР осуществлялась в четвертом году одиннадцатой пятилетки по трем основным направлениям: конструкции одно- и многоэтажных зданий из железобетона и других эффективных материалов; методы и средства исследования и испытания, а также контроля качества строительных конструкций, в том числе неразрушающие; методы расчета и конструктивные решения зданий и сооружений, возводимых в сложных инженерно-геологических условиях.

Исследования выполнялись по 58 научным темам и 33 темам внедрения. Значительное внимание было уделено работам, связанным с выполнением заданий Продовольственной программы СССР (16 тем с общей суммой затрат 300 тыс. р.). Осуществлялось внедрение разработок института в практику сельского и гидромелиоративного строительства, обеспечивающих получение экономического эффекта в размере 12 млн. р.

Объем научно-исследовательских работ выполнен на 103,3%. Широкое уча-

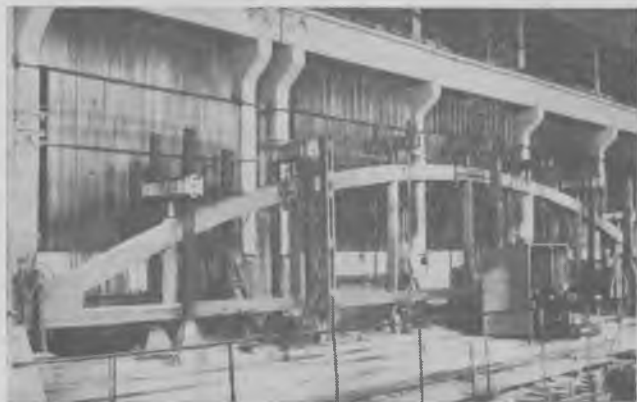
стие работников института во Всесоюзном социалистическом соревновании за успешное выполнение четвертого года одиннадцатой пятилетки позволило досрочно к 27 декабря 1984 г. выполнить плановые задания и принятые социалистические обязательства.

Широкая научно-техническая помощь оказывалась проектным и производственным организациям по внедрению законченных разработок на более чем 300 объектах страны 40 министерств и ведомств. Суммарный народнохозяйственный эффект от внедрения разработок института в 1984 г. составил 71 млн. р., обеспечена экономия 120 тыс. т цемента, 18,5 тыс. т стали, 54,9 тыс. т условного топлива, снижение затрат труда на 3250 чел.-год, а экономическая эффективность работ института на 1 р. затрат составила 8,05 р.

За успешное выполнение государственного плана 1984 г. и достигнутые высокие показатели во Всесоюзном социалистическом соревновании среди организаций системы Госстроя СССР НИИСК награжден переходящим Красным знамени-

ем Госстроя СССР и ЦК профсоюза рабочих строительства и промышленности строительных материалов.

Деятельность института направлена главным образом на снижение материалоемкости и повышение уровня индустриализации строительства за счет создания более экономичных железобетонных конструкций зданий и сооружений из обычных, высокопрочных тяжелых и легких бетонов и других эффективных материалов. Проведены экспериментальные исследования ряда конструкций, в том числе безраскосной фермы пролетом 24 м с гибким сопряжением стоек и поясов (рис. 1), полигональных ферм с оттянутой арматурой пролетом 18 м из бетона марок М600 и М700 соответственно (рабочие чертежи Киевского Промстройпроекта); жестких узловых сопряжений ригелей с колоннами пониженной (до 20%) материалоемкости (рис. 2) применительно к рамному каркасу межвидового применения на основе серии 1.020-1; ригелей крайних и средних длиной 6 м для каркасов полносборных общественных зданий межвидового применения серии 1.020-1/83 и др.



1 | 3
2 |

Рис. 1. Испытания безраскосной фермы пролетом 24 м

Рис. 2. Испытание узловых сопряжений рамных каркасов межвидового применения серии 1.020-1

Рис. 3. Испытание составного варианта панели-оболочки КСО пролетом 18 м эксплуатационной нагрузкой



Рис. 4. Сводчатое здание из железобетонных панелей-оболочек двойной кривизны

С использованием методики оптимального проектирования совместно с Киевским Промстройпроектом отработаны конструкции плит размером 3×12 м для покрытий промышленных зданий со смешанным армированием. Применение смешанного армирования в плитах обеспечило снижение расхода рабочей арматуры на 10—16%, а суммарного расхода ее — на 3—9% по сравнению с преднапряженными плитами серии 1.465.1-3/80 (тип I), изготавливаемыми в той же опалубке. Эффективность разработок подтверждена данными по внедрению в 1984 г. плит покрытий длиной 4,5—6—12 м на объектах Минпромстроя СССР, Минсельстроя СССР, Минтяжстроя СССР в объеме более 3,5 млн. м², что обеспечило экономический эффект 2 млн. р.

В 1984 г. проведены исследования и доказана возможность получения по опытно-промышленной технологии фибробетона прочностью на растяжение 3 МПа на базе грубого базальтового волокна марки БГВ-150 диаметром до 200 мкм и прочностью на разрыв не менее 250 МПа. Подготовлены предложения по рациональному применению и первоочередной номенклатуре конструкций из базальтобетона, получены физико-механические характеристики и выданы предварительные рекомендации по расчету изгибаемых элементов. Разработаны и испытаны опытные образцы несущих и ограждающих конструкций и изделий из базальтобетона с полной или частичной заменой стальной арматуры (ребристые и многопустотные плиты покрытий и перекрытий, ребристые перего-



Рис. 5. Конструкция быстровозводимого здания со складывающимся каркасом и бескаркасными промежуточными секциями

родки промышленных зданий, стеновые панели, плиты облицовок и крепления каналов, плиты ячеек несъемной опалубки АЭС и др.), обеспечивающих экономию стали.

Проводились также исследования конструкций из бетонов марок М200...М500, а также М600...М700 на основе шлакощелочных вяжущих, обеспечивающих экономию цемента в строительстве. Исследовались вопросы долговечности шлакощелочных бетонов, получены промежуточные данные об их деформативных свойствах. Разработаны технические решения, изготовлены опытные образцы конструкций стен, перегородок, ребристых плит покрытий и перекрытий, а также панелей-оболочек для сводчатых зданий сельскохозяйственного назначения из шлакощелочных бетонов.

Продолжены работы по совершенствованию конструкций покрытий и перекрытий для зданий различных отраслей промышленности с применением коробчатых настилов не только в качестве несущих элементов, но и в качестве воздухопроводов и для пропуска других коммуникаций. Применение коробчатых настилов в 1984 г. на объектах Минпромстроя УССР и Главкиевгорстроя составило 5,8 тыс. м³ и обеспечило экономический эффект более 1 млн. р. Для расширения области применения этих элементов проведены разработки по изготовлению конструкций «на пролет» типа 2Т и 3Т на технологических линиях по производству коробчатых настилов в модернизированной отрасли.

Для одноэтажных промышленных зданий с развитой сетью инженерных коммуникаций отработывались конструктивные решения и способы изготовления крупноразмерных панелей-оболочек на пролет размером 3×18 и 3×24 м типа КСО, состоящих из ферм и гибких предварительно напряженных плит-вставок 3×6 м, обеспечивающие по сравнению с унифицированными типовыми решениями снижение расхода бетона до 30%, стали до 25%, трудозатрат до 40%, приведенных затрат до 12 р. на 1 м² покрытия (рис. 3).

Освоение плит типа «КСО» планируется в системе Минпромстроя УССР (Броварской ЗСК) и Минтяжстроя СССР на объектах экспериментального строительства и на Щекинском заводе ЖБК Главприкростроя Минпромстроя СССР.

Совместно с УкрНИИгипросельхозом разработаны рабочие чертежи панелей-оболочек двойной кривизны и ребристых одинарной кривизны для типовых проектов неутепленных сельскохозяйственных зданий многоцелевого назначения (склады зерна, минеральных удобрений, сенажа, хранения техники) (рис. 4) и утепленных ребристых панелей-оболочек с переменной по длине кривизной для животноводческих зданий.

Комплексная отработка типовых сборных конструкций предопределяет обеспечение их сохранности при автомобильных и железнодорожных перевозках. Эффективность внедрения в 1984 г. специализированных автотранспортных средств, разработанных НИИСК в объеме 830 единиц, превысила 3,5 млн. р.

В истекшем году институтом разработаны конструкции быстровозводимых

комплектных зданий пролетом до 30 м с промежуточными бескаркасными секциями (рис. 5), в том числе со складывающимися сталежелезобетонным каркасом, в которых наиболее металлоемкие элементы заменены железобетонными. Они нашли массовое применение в Минтяжстрое УССР и Миннефтегазстрое СССР. В 1984 г. из таких конструкций возведено более 100 тыс. м² зданий насосных станций, складов, эксплуатационных и ремонтных блоков при обустройстве магистральных нефте- и газопроводов и около 1360 шт. контейнерных зданий. Народнохозяйственный эффект превысил 6,6 млн. р.

В целом внедрение в практику строительства разработок этого направления деятельности института обеспечило экономии 10,5 тыс. т стали, 96 тыс. т цемента, 43 тыс. т условного топлива, снижение трудозатрат на 1,6 тыс. чел.-год, экономический эффект — 37,4 млн. р.

Институт продолжает осуществлять разработки и внедрение неразрушающих методов контроля несущих свойств железобетонных конструкций и изделий на основе стандартизированных методов и средств испытаний, включая автоматизацию контроля. В 1984 г. разработаны рекомендации по оптимальному плану контроля прочности бетона с учетом достигнутого уровня производства.

Установлена область применения метода акустической эмиссии при испытаниях бетонных образцов и конструкций.

Выданы рекомендации по методике контроля прочностных характеристик арматуры электромагнитным методом и подготовлены технические требования на разработку серийной модели прибора ВФ-10ПМ для входного контроля прочностных характеристик горячекатаной арматуры при сортировке по классам. Применение указанного прибора позволит в 7—8 раз повысить производительность контроля по сравнению с контролем разрушающим методом.

При участии института Минприбором СССР выпущены установочные партии двух новых приборов: УК-14П для контроля прочности и дефектоскопии бетона ультразвуковым многопараметровым методом (отличающимся от аналогичного повышенной степенью автоматизации измерений и производительностью контроля) и ИПБ-10ПЦ для контроля прочности бетона по параметрам ударного импульса, позволяющего в 5 раз повысить производительность контроля.

Разработаны предложения по использованию микропроцессорной элементной базы в приборах для контроля прочности бетона ультразвуковым и склерометрическим методами, а также в приборах для контроля напряжений в арматуре частотным методом.

Подготовлены предложения по составу аппаратуры акустического контроля твердения бетона и разработаны алгоритм прогнозирования его прочности в процессе термовлажностной обработки.

Организациями Минприбора в 1984 г. выпущено 900 шт. магнитных приборов ИЗС-10Н для определения параметров армирования железобетонных конструкций, 400 шт. ультразвуковых приборов УК-10ПМ для определения прочности бетона и 100 шт. частотных приборов

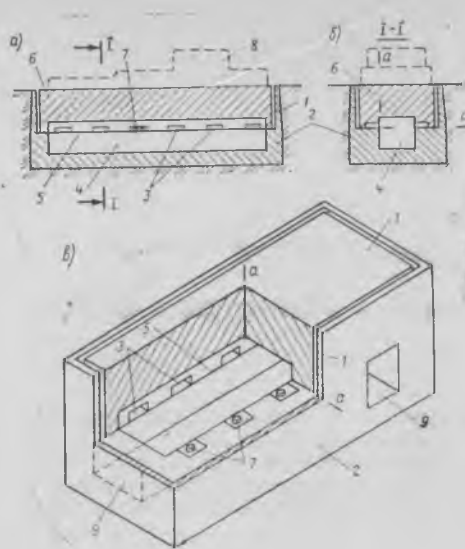


Рис. 6. Регулируемый фундамент под высокоточное технологическое оборудование

a — продольный разрез; *b* — поперечный разрез; *в* — аксонометрическое изображение
1 — ограждающая стенка; 2 — опорная часть; 3 — ниши для домкратов и фиксирующих клиньев; 4 — проходной коридор; 5 — разделительный шов; 6 — регулируемая часть; 7 — выравнивающее оборудование; 8 — технологическое оборудование

АП-12 для определения усилий натяжения арматуры. Суммарный народнохозяйственный эффект от внедрения в практику строительства неразрушающих испытаний составил около 8,0 млн. р. Достигнута при этом экономия 3,8 тыс. т стали и 13,7 тыс. т цемента.

В целях совершенствования использования современных средств управления и вычислительной техники, повышения эффективности применения ЭВМ институтом разработаны рабочий проект автоматизированной системы научных исследований строительных конструкций (АСНИ-СК-НИИСК) и техническое задание на создание локальной автоматизированной системы (ЛАСНИ ТОР) тензометрии и обработки результатов. Ввод системы в эксплуатацию предусмотрен в 1985 г.

Одним из головных направлений деятельности института является решение проблемы строительства зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях (просадочные грунты, подрабатываемые территории, оползневые участки, карстовые и др.). Исследования направлены на обеспечение сохранности дорогостоящих пахотных земель, а также возможности подработки ранее построенных городов и поселков и извлечения полезных ископаемых из целиков в районах угольных, рудных и калийных месторождений. Институтом разрабатываются конструктивные решения и методы расчета зданий и сооружений как единых пространственных систем с учетом физической и геометрической нелинейности работы материалов конструкций и грунта основания, методы защиты и средства контроля и компенсации неравномерных деформаций.

На основе испытаний моделей и зда-

ний в натуре завершены исследования железобетонных конструкций бескаркасных 9-этажных крупнопанельных домов серии 96 с удлиненными отсеками длиной до 50,4 м и доказана возможность строительства таких зданий на просадочных грунтах II типа, уплотненных энергией взрыва.

Разработаны рекомендации по конструктивным решениям фундаментно-подвальной части и выравниванию крупнопанельных зданий с применением домкратной системы.

Интересной является разработанная конструкция железобетонного регулируемого фундамента под многотонное технологическое оборудование (рис. 6). Конструктивно фундамент состоит из двух частей — верхней и нижней, — между которыми установлены плоские домкраты конструкций НИИСК, объединенные в автоматическую домкратную систему. При неравномерных деформациях основания верхняя часть фундамента выравнивается с помощью домкратов и устанавливается на специальные регулировочные клинья. Эффективность решения составляет около 100 тыс. р. на один фундамент.

Институтом выполнены экспериментальные исследования фрагментов и узлов конструкций каркасных одно- и многоэтажных зданий для строительства на просадочных грунтах II типа и разработаны рекомендации по выбору рациональных конструктивных схем с податливыми узловыми сопряжениями элементов каркаса, покрытий, перекрытий и стеновых ограждений на основе унифицированных типовых железобетонных конструкций, приспособленных к неравномерным деформациям основания с последующим выравниванием поддомкращиванием. С участием Киевского Промстройпроекта разработаны технические решения одноэтажных каркасных зданий для строительства на просадочных грунтах II типа при величине неравномерной просадки основания 200 мм, предусмотренные планом типового и экспериментального проектирования Госстроя СССР.

Суммарный народнохозяйственный эффект от внедрения результатов работ этого направления превысил 22 млн. р. при экономии стали — 4 тыс. т, цемента — 10,5 тыс. т, снижение трудозатрат на 1140 чел.-год.

Высокий научно-технический уровень разработок института закреплен 47 поданными заявками и 24 авторскими свидетельствами на изобретения. В минувшем году в народном хозяйстве использовалось 25 изобретений и 80 рационализаторских предложений института с суммарным экономическим эффектом 11,3 млн. р.

НИИСК участвовал во многих тематических и международных выставках и был удостоен одной золотой, пяти серебряных и восьми бронзовых медалей и двух дипломов I и III степени.

Институт приступил к реализации заданий последнего года текущей пятилетки. Включившись во Всесоюзное социалистическое соревнование за успешное завершение планов 1985 г. и пятилетки в целом, коллектив взял на себя повышенные обязательства по достойной встрече XXVII съезда КПСС.

В. В. ГОРСКИЙ, инж. (СКТБ Стройиндустрия);
В. Б. ГОРШКОВ, инж. (Главстройконструкция)

Опыт производства арматурных сеток с экономичным армированием в Минстрое СССР

В крупнопанельном домостроении большое количество арматурной стали расходуется на армирование панелей перекрытий. В типовых сериях жилых домов с малым шагом несущих стен (III-121, III-90, I-464 и др.) на армирование панелей перекрытий используется около 4 кг стали на 1 м² общей площади, или около 20% общего ее расхода.

В связи с этим снижение расхода металла на армирование панелей перекрытий является важным резервом в экономии материальных ресурсов и снижении себестоимости строительства.

ЦНИИЭПжилища разработаны плиты перекрытий, в которых предусмотрены арматурные сетки с укороченными поперечными стержнями, поочередно смещенными к противоположным сторонам полотна сетки и распределенным рабочей арматуры по эпюре изгибающих моментов [1], что позволит снизить расход металла на 10—15%.

Однако для изготовления широких сеток с экономичным армированием на серийных многоэлектродных сварочных машинах АТМС 14×75-7 требуются их модернизация и оснащение специальными механизмами и устройствами, осуществляющими автоматическую подачу укороченных поперечных прутков под электроды машины и раскладку их в шахматном порядке по ширине сетки.

На предприятиях стройиндустрии для этих целей применяют различные механизмы и устройства как с боковой (из щелевого бункера), так и с фронтальной (из качающего питателя) подачи мерных прутков, а также устройства, заготавливающие прутки в процессе сварки сетки с подачи арматуры из мотков [2—3].

Наиболее эффективным является механизм-приставка 7798 к АТМС 14×75-7, разработанный Гипростроммашем и ЦНИИЭПжилища, который выпускает Чебоксарский филиал СКТБ Стройиндустрия. В 1976—1978 гг. Чебоксарский завод ЖБК-9 изготовил и направил предприятиям стройиндустрии более 50 таких механизмов. Для повышения производительности многоэлектродных машин, улучшения качества экономичных сеток и создания механизированных линий филиалом разработаны дополнительные устройства, вошедшие в комплект нестандартного оборудования, устанавливаемый на АТМС 14×75-7.

Комплект включает автоматический питатель с боковой подачей мерных прутков, механизм подвижного пневмоупора и механизм досылки укороченных прутков, механизированное устройство переменного шага поперечных стержней,

каретка с цапговыми захватами и другие устройства (рис. 1).

Питатель обеспечивает автоматическую подачу поперечных прутков диаметром 6—10 мм из щелевого бункера-накопителя под электроды сварочной машины при помощи приводных роликов и специального подавателя, что позволило высвободить рабочего, осуществлявшего заправку прутков.

Механизм пневмоупора, пропускающий прутки, или ограничивая его продвижение, образует на противоположных сторонах сетки по два неперекрываемых продольных стержня. При сварке сетки пневмоцилиндры и трансформаторы крайних электродов отключаются, в результате снижается расход электроэнергии.

Механизм досылки осуществляет смещение укороченного поперечного прутка на край сетки до неподвижного упора. При его отсутствии прутки периодического профиля, выходя из приводных роликов и пролетая по инерции в приемном устройстве машины, задевают своими рифлеными поверхностями за вкладыши фиксаторов, тормозятся и не доходят до конечного упора, а при использовании прутков гладкого профиля механизм досылки препятствует их отскокиванию при ударе об упор.

Существенный недостаток машины АТМС 14×75-7 заключается в невоз-

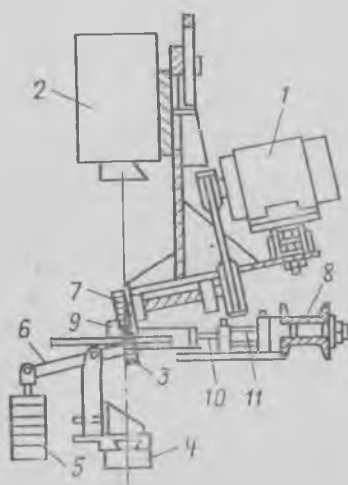


Рис. 1. Схема механизмов досылки поперечных прутков и подвижного пневмоупора

1 — электродвигатель; 2 — верхняя балка портала сварочной машины; 3 — прижимной ролик; 4 — направляющая рейка нижних электродов; 5 — набор грузов; 6 — рычаг; 7 — приводной ролик; 8 — траверса машины; 9 — флажок упора; 10 — шток пневмоцилиндра; 11 — пневмоцилиндр

можности изменять шаг поперечных стержней в процессе сварки сетки. Принимая во внимание, что сетки панелей перекрытий, на которые устанавливают сантехкабины, имеют два различных поперечных шага, было разработано механизированное устройство переменного шага, состоящее из двух сменных вставных вилок упоров, прикрепленных к штокам пневмоцилиндров, двух электропневмоклапанов, и двух реле отсчета импульсов (РСП-1, РСП-2), при помощи которых задается расчетное число больших и малых шагов. Большой шаг задается регулировкой гаск на направляющих машинах, малый шаг достигается опусканием упоров, которые вставляются между упорными кольцами и регулировочными гайками машины. Подбирая число импульсов, выставляемых на реле, можно сваривать различные типоразмеры сеток с поперечным шагом 50—300 мм. Наличие автоматического устройства переменного шага исключило необходимость периодической остановки сварочной машины для ручной переналадки на требуемый шаг. Для более точного и плавного перемещения сетки, а также улучшения ее качества вследствие исключения деформаций поперечных стержней в ячейках сетки, возникающих в результате захвата их крючковыми тягами, на некоторых заводах КПД и ЖБИ тяги заменены цапговыми шариковыми зажимами, продвигающими сетку за продольную арматуру. Цапговые зажимы устанавливаются на подвижной каретке, закрепленной на направляющих машинах.

Для создания механизированной линии на базе АТМС 14×75-7 в комплект включается также устройство для размотки арматуры с неподвижных мотков большой массы, ножицы поперечной резки сетки, пакетирующий сеток с транспортной тележкой.

Подача мерных поперечных прутков из щелевого или фронтального питателя связана с необходимостью использования дополнительного оборудования и затрат на заготовку прутков на правильно-отрезном станке, их транспортировку к сварочной машине и укладку в щелевой питатель. Кроме того, щелевой питатель, установленный сбоку машины АТМС 14×75-7 перпендикулярно к оси перемещения сетки, имеет значительную длину, в результате не рационально используется производственная площадь цеха.

Учитывая эти обстоятельства, Саратовским филиалом СКТБ Стройиндустрия разработана технология боковой подачи поперечной арматуры под электроды сварочной машины из петлевого накопителя с заготовкой прутков гладкого и периодического профиля диаметром до 9 мм из мотка в процессе сварки сетки. В состав этого комплекта (рис. 2) входят роликовый правильно-подающий механизм с бухтодержателем, стол-накопитель петли, механизм подачи арматуры под электроды, два отрезных устройства (рис. 3), поворотный упор маятникового типа.

При включении подающего механизма арматура из мотка направляется в стол-накопитель для набора петли. Габариты стола выбраны таким образом, что изгиб арматуры происходит в пределах упругих деформаций. Накопитель имеет конечный выключатель, по команде которого после достижения петли

заданной длины, правильно-подающий механизм отключается, опускается прижимной ролик и арматура направляется в электродную зону сварочной машины до неподвижного упора, минуя поворотный упор. При касании упора электроды опускаются и осуществляется сварка поперечного стержня с продольными, при этом пневмоцилиндр, управляемый воздухораспределителем, не срабатывает и сварка двух крайних пересечений со стороны петлевого накопителя не производится. После опускания электродов каретка перемещается вперед к электродам и с помощью одного из подвижных клиньев, установленных на каретке и приводимых в движение пневмоцилиндром, поднимает рычаг отрезного устройства, которое обрезает стержень с укороченной стороны. При продвижении сетки на шаг приваренный поперечный пруток, направленный на край сетки, надвигается на удлиненный конец двухплечевого рычага упора, поворачивает его в направлении движения сетки и удерживает в горизонтальном положении, а другой конец рычага занимает вертикальное положение и препятствует прохождению следующего поперечного стержня до неподвижного упора. При касании очередным стержнем бобышки упора выдается команда на опускание электродов и отключение воздухораспределителя и пневмоцилиндра, в результате два крайних электрода, находящиеся за поворотным упором, не опускаются.

При повороте рычага упора конечный выключатель через воздухораспределитель воздействует на пневмоцилиндр, который выводит клин под отрезное устройство и при перемещении каретки к электродам происходит отрезка прутка с удлиненной стороны. При перемещении сетки на следующий шаг ранее приваренный пруток сходит с двухплечевого рычага и рычаг ввиду отсутствия препятствия со стороны короткого прутка, под действием пружины возвращается в первоначальное положение. Таким образом, периодический поворот упора и поочередная обрезка стержня двумя отрезными устройствами обеспечивают раскладку укороченных прутков на края сетки в шахматном порядке.

Во время работы машины набор петли происходит со скоростью 30—90 м/мин (в период сварки сетки), а выбор петли под электроды со скоростью 200 м/мин (во время подачи сетки на шаг).

Резка стержня происходит в период перемещения каретки. Таким образом, вспомогательные операции (заготовка прутка, подача под электроды) совмещены с основными операциями, в результате чего повысилась производительность сварочной машины в 1,2—1,5 раза. Периодическое отключение и включение пневмоцилиндров и трансформаторов крайних электродов позволяет сэкономить электроэнергию до 15% мощности, потребляемой машиной, а подача арматуры из мотка обеспечивает экономию металла в результате безотходного раскроя.

Установка комплекта требует значительной модернизации сварочной машины и упрощает конструкцию линии вследствие исключения громоздкого щелевого питателя и досылочного механизма,

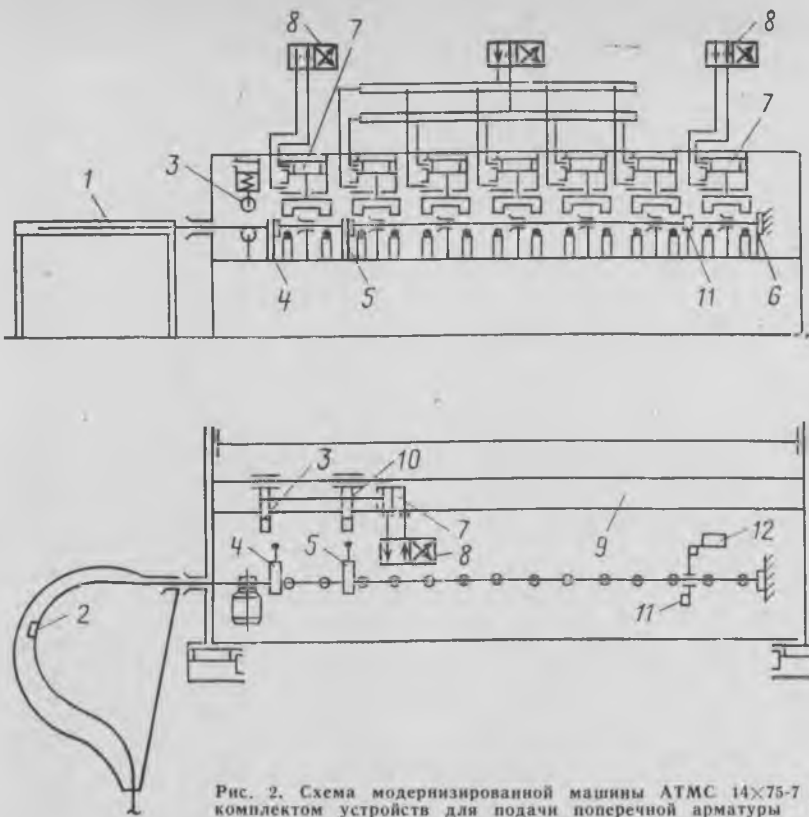


Рис. 2. Схема модернизированной машины АТМС 14×75-7 с комплектом устройств для подачи поперечной арматуры из мотка

1 — стол-накопитель; 2 — конечный выключатель; 3 — прижимной ролик; 4 — отрезное устройство; 5 — рычаг отрезного устройства; 6 — неподвижный упор; 7 — пневмоцилиндр; 8 — воздухораспределитель; 9 — каретка; 10 — подвижные клинья; 11 — двухплечевой рычаг упора; 12 — конечный выключатель;

ма, однако наличие петлевого накопителя также требует дополнительной площади и повышенного внимания к технике безопасности. Конструктивная простота устройств обеспечивает надежность их работы. Комплект может быть легко изготовлен и смонтирован в условиях любого предприятия. Комплект устройств с петлевым накопителем и поворотным упором внедрен на Ульяновском и других ДСК. Экономический эффект составил 5200 р. В 1983 г. комплект демонстрировался на ВДНХ

СССР и удостоен Золотой и Бронзовой медалей. На некоторых предприятиях стройиндустрии Минстроя СССР успешно применяются и другие механизмы и устройства для сварки сеток с экономичным армированием.

На Киришенском ДСК Главзапстроя на машине АТМС 14×75-2 наряду с досылающими роликами используют электромагнит с упором. Электромагнит установлен на специальном кондукторе и связан с работой каретки. При перемещении сетки на шаг он периодически открывает или закрывает отверстие в упоре в зависимости от положения каретки, пропуская или ограничивая продвижение укороченного поперечного прутка на край сетки. Экономический эффект от внедрения составил 6540 р.

За период с 1976 по 1983 г. производство сеток с экономичным армированием панелей перекрытий внедрено на 67 предприятиях строительной индустрии Минстроя СССР, что позволило снизить расход металла, на 1590 т, электроэнергии на 1685 тыс. кВт·ч, уменьшить трудозатраты на 686 чел.-дн. Общий экономический эффект составил около 385 тыс. р.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Венгель П. В., Королев В. В., Петров Д. М. Эффективное армирование панелей перекрытий. — Бетон и железобетон, 1982, № 6.
2. Волков Л. А. Развитие автоматизированных линий и оборудования для производства арматурных сеток. — Бетон и железобетон, 1981, № 3.
3. Литвиновский Г. М., Степанов В. М. Линия по изготовлению широких арматурных сеток. — В реф. сб.: Промышленность строительных материалов Москвы, 1980, № 5.



Рис. 3. Рычажное отрезное устройство

Т. Ж. ЖУНУСОВ, д-р техн. наук, проф., Ю. Г. ШАХНОВИЧ, канд. техн. наук, И. Г. ГОРОВИЦ, инж. (Казахский Промстройниипроект); А. Н. КОРОЛЕВ, канд. техн. наук (ЦНИИПромзданий)

Исследования каркасного здания на сейсмоизолирующих опорах

В Казахском Промстройниипроекте совместно с ЦНИИПромзданий экспериментально исследовано многоэтажное здание с безбалочными перекрытиями для его применения в практике сейсмостойкого строительства.

Предварительные проработки ЦНИИПромзданий показали принципиальную возможность обеспечения сейсмостойкости многоэтажных каркасных зданий с безбалочными перекрытиями при полезной нагрузке до 20 кН/м^2 . Для районов с сейсмичностью 7...8 баллов — без изменения опалубочных размеров несущих конструкций зданий, для районов с сейсмичностью 9 баллов предложена сейсмоизолирующая система опорных устройств со скользящими прокладками из фторопласта-4, позволяющая ограничить величину инерционных сил, действующих на сооружение. В отличие от [1] конструкция опор обеспечивает возврат здания в исходное состояние* (рис. 1).

Работоспособность опор и эффективность сейсмоизоляции проверены при статических и динамических испытаниях отдельных опор и фрагмента многоэтажного здания с безбалочными перекрытиями на скользящих опорах. Для сопоставления с сооружением обычного типа фрагмент испытывали также с колоннами, монолитическими в фундаментах стаканного типа.

Фрагмент — двухэтажное каркасное сооружение размерами в плане $6 \times 6 \text{ м}$

* А. с. № 897961. Опорная часть сейсмостойкого здания, сооружения. А. Н. Королев, Т. Ж. Жунусов, И. В. Васьнецова. — Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1982, № 2.

с сеткой колонн $3 \times 3 \text{ м}$, высота первого этажа 2,4 м, второго — 1,45 м. Сборно-монолитное перекрытие над первым этажом состоит из железобетонных плит-капителей, межколонных и пролетных плит из бетона марки М300, армированных сварными и вязаными каркасами из арматуры класса А-III. Сопряжение элементов перекрытия осуществлялось сваркой выпусков рабочей арматуры и закладных деталей с последующим замоноличиванием стыков и образованием бетонных шпонок. Приведенная вертикальная нагрузка на перекрытие — 22 кН/м^2 .

Скользящие опоры размещены под колоннами каркаса и связаны с ними шаровыми шарнирами. Для восприятия изгибающих моментов в уровне заделки колонн установлены перекрестные фундаментные балки.

На колонны второго яруса установлена грузовой платформа массой 105 т, на которой размещены блоки пригруза и вибротомашина В-3 для возбуждения резонансных колебаний фрагмента. Общая масса фрагмента 220 т.

При испытаниях установлено, что минимальное значение горизонтальной силы, при которой происходит смещение сооружения относительно фундамента (статический порог срабатывания), зависит от коэффициента трения между фторопластовыми прокладками и уклона поверхностей скольжения. С увеличением вертикальной нагрузки на опору коэффициент трения уменьшается. В диапазоне скоростей смещения $1...19 \text{ см/с}$ коэффициент трения при многократных циклических подвижках практически постояен. Начальное значение порога

срабатывания при первом смещении на 30...40% выше, чем при последующих подвижках, во время которых происходит приработка поверхностей скольжения.

При испытаниях опытного фрагмента выявлены некоторые особенности поведения сооружения на скользящих опорах, связанные с динамическим характером загрузки и конструктивными свойствами сборно-монолитного безбалочного перекрытия. Реакция сооружения — инерционная сила в режиме проскальзывания опор — остается постоянной независимо от уровня воздействия и составляет 190...194 кН, что примерно в 2 раза выше статического порога срабатывания. С увеличением возмущающей нагрузки с 13 до 23 кН смещение фрагмента в уровне фундамента возросло с 0,7 до 3,1 мм или более чем в 4 раза. Логарифмический декремент колебаний изменился с 0,53 до 1,07, т. е. рассеяние энергии колебаний увеличилось в два раза.

Увеличение реакции системы при динамическом воздействии по сравнению со статическим нагружением можно объяснить с энергетических позиций. При статическом нагружении диаграмма деформирования (рис. 2) близка к прямоугольной с коэффициентом приведения $0,94...0,99$, при динамическом — представляет собой полуволну синусоиды с коэффициентом приведения 0,53. Из условия равенства работ на одинаковых перемещениях фрагмента ординаты диаграммы деформирования при динамическом нагружении возрастают в 1,77...1,87 раза. Расхождение значений реакции сооружения, полученных по расчетным и опытным данным, не превышает 5...10%.

Выявлено, что при практически постоянных значениях реакции сооружения с увеличением возмущающей силы происходит возрастание поэтажных перекосов колонн каркаса и связанное с этим увеличение напряжений в рабочей арматуре колонн и элементов перекрытия. Сопоставление напряжений в элементах опытного фрагмента (рис. 3, 4) показывает их опережающий рост в расчетных сечениях колонн каркаса по сравнению с напряжениями в сечениях капителей и межколонных плит. Увеличение поэтажных перекосов и напряжений в арматуре связано с возрастанием периодов

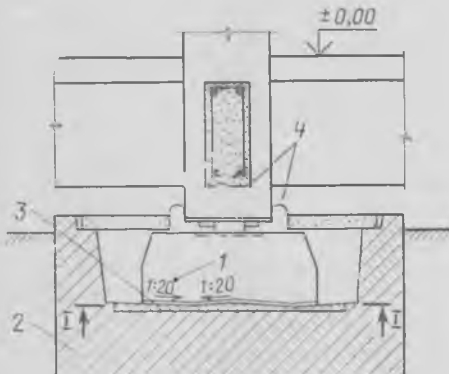


Рис. 1. Сейсмоизолирующая опора со скользящими прокладками
1 — опора; 2 — фундамент; 3 — скользящие прокладки из фторопласта-4; 4 — элементы каркаса

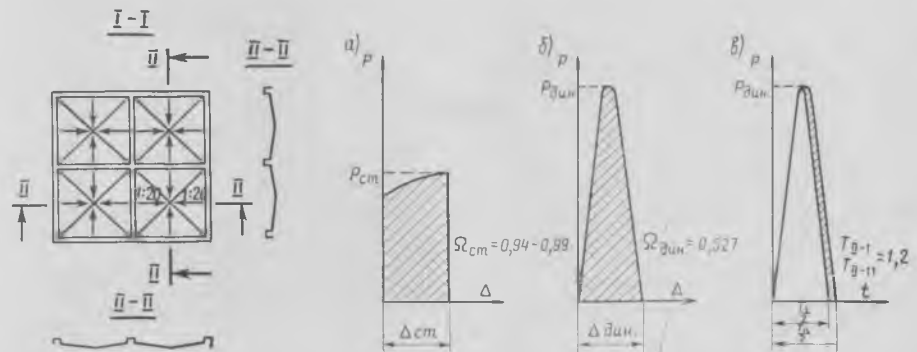


Рис. 2. Диаграммы статического (а), динамического (б) деформирования и нагружения (в)

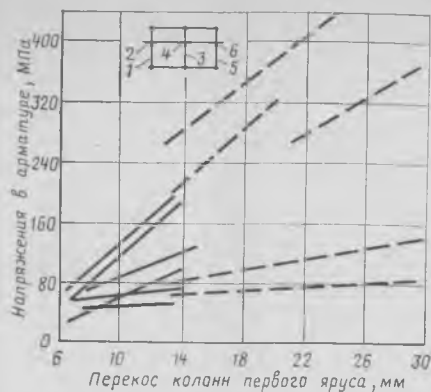


Рис. 3. Изменение напряжений в арматуре в расчетных сечениях 1...6 колонн 1 яруса фрагмента на скользящих опорах (—) и при жесткой заделке колонн в фундаменте (---)

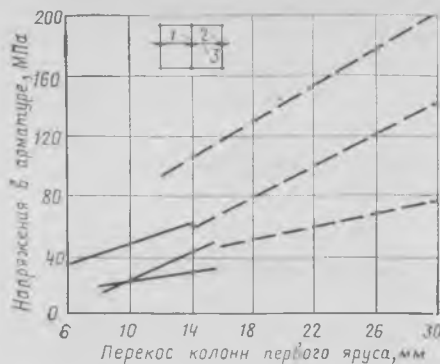


Рис. 4. Изменение напряжений в арматуре в расчетных сечениях 1...3 безбалочного перекрытия фрагмента на скользящих опорах (—) и при жесткой заделке колонн в фундаменте (---)

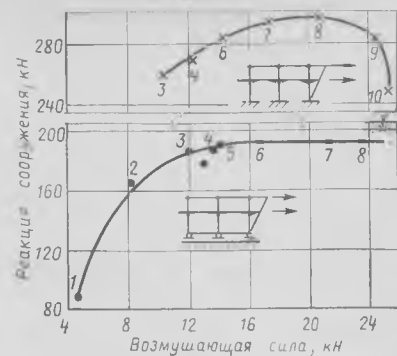


Рис. 5. Зависимость реакции сооружения от уровня возмущающей нагрузки

резонансных колебаний фрагмента и вызвано приращением импульса силы, представляющего площадь дополнительного прямоугольника диаграммы нагружения в координатах «нагрузка — время» (см. рис. 2, в). На последнем этапе испытаний приращение импульса силы составило 20%, что соответствует снижению жесткости сооружения на 44% и подтверждается увеличением перемещений опытного фрагмента в уровне первого и второго ярусов на 40—45%.

Анализ состояния элементов сооружения показал, что изменение жесткости фрагмента происходит в основном за счет увеличения деформативности стыковых соединений капителей с межколонными плитами, где образуются зоны пластического деформирования, начиная с первых этапов нагружения. В этих зонах визуально отмечены трещины шириной раскрытия до 0,5...1,0 мм.

Испытания фрагмента с защемленными в фундаменте колоннами проводились при тех же уровнях возмущающей нагрузки. Наибольшее значение реакции сооружения составило 295 кН, т. е. превысило предельную величину реакции фрагмента с сейсмоизолирующими опорами в 1,5 раза. Ускорения в уровне грузовой платформы достигали при этом 0,19...0,20 g. На заключительных этапах испытаний наблюдалось резкое падение жесткости сооружения и, несмотря на увеличение возмущающей силы, действующие в системе инерционные нагрузки уменьшились (рис. 5).

Нисходящая ветвь диаграммы деформирования позволила установить максимальное значение инерционных сил, соответствующих несущей способности сооружения при резонансном динамическом нагружении.

Изменение конструктивного решения фрагмента после замоноличивания колонн привело к резкому увеличению напряжений в рабочей арматуре колонн и элементов перекрытия. Характер изменения усилий в элементах перекрытия и колонн каркаса в целом сохранился (см. рис. 3 и 4). При тех же уровнях возмущающей нагрузки напряжения в арматуре опорных сечений крайних колонн возросли в первом ярусе в 3...3,5 раза, во втором — в 1,6...1,8.

Увеличение напряжений в тех же сечениях средних колонн составило соответственно 1,75...2,20 раза. В сечениях средних и крайних колонн первого яруса, примыкающих к капители, увеличение напряжений в рабочей арматуре составило 40—50%.

При этом установлено, что эпюра изгибающих моментов по высоте колонн имеет двузначный характер, а несимметричность эпюры в зоне капители характеризует податливость перекрытия в системе каркаса. В предельной стадии работы сооружения перераспределение усилий в несущих конструкциях приводит к увеличению изгибающих моментов в опорных сечениях колонн (ниже зоны узла) на 35...40%.

Выводы

Подтверждена эффективность сейсмоизолирующих опор, позволяющих снизить реакцию сооружения в 1,5...2 раза в зависимости от расчетных параметров, определяющих геометрические характеристики опорных устройств рассматриваемого типа. Усилия в элементах конструкций, определяющих несущую способность сооружения, снижаются при этом в 3...3,5 раза.

При статическом и динамическом нагружении (при возбуждении резонансных колебаний фрагмента с помощью вибромашины В-3) реакция сооружения возросла в 1,8...1,9 раза по сравнению со статическим перемещением фрагмента.

Отмечено возрастание уровня напряженно-деформированного состояния несущих элементов при постоянной реакции гибкого сооружения на скользящих опорах, характеризующей степень сейсмоизоляции системы. Увеличение напряжений в несущих элементах вызвано приращением импульса силы при увеличении периода резонансных колебаний за счет собственных деформаций сооружения и увеличения поступательных перемещений всего сооружения по площадкам скользящих.

Предельное состояние сборно-монолитного безбалочного перекрытия при горизонтальном нагружении характеризуется образованием зон пластического деформирования в местах сопряжения межколонных и пролетных плит, что

позволяет принять расчетную схему каркаса в виде жестких элементов, соединенных податливыми вставками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поляков С. В., Килимник Л. Ш. Экспериментальное строительство и натурные испытания здания общежития в г. Фрунзе с сейсмоизолирующим поясом в фундаменте. Научно-техн. реф. сб. Серия: Сейсмостойкое строительство, 1982, № 2.
2. Шапиро Г. А. Вибрационные испытания зданий. — М.: Стройиздат, 1972.

Авторские свидетельства

№ 9

№ 1143596. Волгоградский инженерно-строительный ин-т. А. Ф. Жарков, Л. А. Коробов, А. И. Кашеев и Л. С. Крахмалева. Кассетная форма. № 1143718. МИСИ. Ю. М. Баженов, Л. А. Алимов, В. В. Воронин и др. **Бетонная смесь для получения декоративного искусственного камня.**

№ 1143719. ДСК № 1 Комбината Харьковжилстрой и Харьковский политехнический ин-т. В. Г. Братчиков, Ю. В. Гордеев, Е. Ф. Жаров и др. **Комплексная добавка в строительный раствор.**

№ 1143720. НИИЖБ. В. М. Москвин, В. Р. Фаликман, В. Г. Батраков и др. **Комплексная добавка в бетонную смесь для изготовления железобетонных изделий.**

№ 1143721. Джембулский гидромелиоративно-строительный ин-т. Ф. Д. Манербаева, С. Т. Сулейменов, Л. М. Воложин и др. **Полимербетонная смесь.**

№ 1143722. Белорусский политехнический ин-т. Л. Я. Лаврега, И. В. Бориславская, Т. А. Усольцева и др. **Полимербетонная смесь.**

№ 1143723. МНИИПИ жилищного хозяйства. О. А. Лукинский, О. Л. Фигуровский и К. А. Шрейбер. **Полимерцементбетонная смесь.**

* См. Открытия. Изобретения, 1985.

Е. А. ГУЗЕЕВ, д-р техн. наук, В. М. БОРИСЕНКО, канд. техн. наук (НИИЖБ);
В. А. ОТРЕПЬЕВ, канд. техн. наук (Минтяжстрой СССР)

Конструкции и изделия из кислотостойких бетонов

Минтяжстрой СССР организовал опытно-промышленное в Первоуральске и промышленное в Верхней Пышме производство конструкций и изделий из кислотостойкого бетона. НИИЖБ проводит исследования с целью совершенствования составов таких бетонов и выявления особенностей расчета конструкций из них.

Традиционные составы кислотостойких бетонов [1] совершенствовались введением химических добавок, позволяющих снизить проницаемость, повысить его водостойкость, улучшить удобоукладываемость, повысить защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре. Разработаны также новые составы кислотостойкого бетона высокой прочности. Основные физико-механические свойства и характеристики стойкости бетона приведены в таблице.

Характеристика бетона	Кислотостойкий бетон
Прочность на сжатие R , МПа	25—35/90—110*
Призмная прочность $R_{пр}$, МПа	20—30/77—94
Модуль упругости, $E_0 \cdot 10^3$, МПа	21—25/45—50
Пределная растяжимость $E_6 p \cdot 10^{-5}$, мм/мм	30—32/35—37
Морозостойкость, циклы	300/500
Кислотостойкость: в 30%-ной H_2SO_4	$(0,9—0,95)R_{пр}/$ $(0,88—0,93)R_{пр}$
в 20%-ной HCl	$(0,92—0,97)R_{пр}/$ $(0,92—0,95)R_{пр}$

*Перед чертой — обычный бетон, после черты высокопрочный.

Технологические процессы приготовления обычного кислотостойкого бетона ($R_{пр} \leq 25$ МПа) на водорастворимом силикате натрия и кремнефтористом натрии изложены в работах [1, 2]. Особенность, отличающая технологию кислотостойкого бетона от общепринятой, заключается в том, что вяжущее-водорастворимый силикат натрия, вводят в смесь в жидком виде. Перемешивание, укладку, уплотнение смеси производят обычными методами с применением стандартного оборудования.

Для ускоренного твердения бетона используется электротермообработка. Особенностью технологии высокопрочного бетона ($R_{пр} = 100$ МПа) является то, что для образования цементирующего камня из водорастворимого сили-

ката натрия и измельченного вулканического стекла необходима гидротермальная обработка.

Исследования деформаций, трещиностойкости и прочности железобетонных конструкций из кислотостойких бетонов выполняли на изгибаемых элементах обычных и преднапряженных и на внешенно сжатых колоннах.

Изучены особенности предельных состояний изгибаемых элементов из кислотостойкого обычного бетона ускоренного твердения прочностью $R_{пр} = 25$ МПа. Изгибаемые элементы прямоугольного сечения с размером $100 \times 180 \times 2000$ мм армировали стержнями периодического профиля $\varnothing 10—14$ А-IV, $\mu = 0,43\%$, $\mu = 1,71\%$. Несущую способность, деформативность и трещиностойкость изгибаемых элементов из этого бетона изучали в условиях воздушно-сухого состояния (серия I), после предварительного в течение 100 сут выдерживания в 20%-ном растворе H_2SO_4 (серия II), длительно (1000 сут) подвергавшихся действию нагрузки и попеременному воздействию по режиму случайных проливов кислоты и смывов ее водой (серия III).

Изучены прочностные и деформативные свойства коротких колонн, изготовленных из обычного кислотостойкого бетона ускоренного твердения, $R_{пр} = 24,5$ МПа, размером $120 \times 180 \times 4800$ мм. Колонны были армированы $\varnothing 10$ А-II, $\mu = 1,45\%$. Прочность, трещиностойкость и деформации колонн исследовали при малых эксцентриситетах приложения кратковременного действующей нагрузки: ($e_0 = 0,5$ мм — случайный; $e_0 = 0,167 h_0$ — на границе ядра сечения; $e_0 = 0,209 h_0$ и $e_0 = 0,292 h_0$) [4]. Для установления длительного действия нагрузки и среды на короткие колонны использовали элементы, нагруженные до уровня эксплуатационных нагрузок, равных 0,6 экспериментальной разрушающей, определенной при кратковременных испытаниях для каждого случая эксцентриситетов. Напряженно-деформированное состояние колонн с $e_0 = 0,167 h_0$ и $e_0 = 0,209 h_0$ исследовали в воздушно-сухих условиях, при постоянном действии на сжатую грань бетона 30%-ного раствора H_2SO_4 и при попеременном действии кислоты и воды (рис. 1).

Особый интерес представляют исследования обычных и преднапряженных балок из высокопрочного кислотостойкого бетона с $R_{пр} = 100$ МПа со стержневой термически упрочненной армату-

рой $\varnothing 25$ Атп-V. Балки испытывали кратковременной нагрузкой, возрастающей до разрушения, и длительной нагрузкой 0,4; 0,5 и 0,6 M_p , и при действии 20%-ного раствора H_2SO_4 в зоне максимальных моментов (см. рис. 1).

Исследования свойств кислотостойких бетонов и напряженно-деформированного состояния армированных элементов конструкций позволяют установить рациональные области применения конструкций, их номенклатуру с учетом особенностей расчета и проектирования изделий из кислотостойких бетонов.

Стойкость железобетонных конструкций при действии растворов кислот (постоянное погружение) связана с ограниченным прониканием их на малую глубину в капиллярно-пористое тело бетона с порами в основном замкнутой формы и развитием процессов, замедляющих диффузионную проницаемость и незначительно изменяющих прочность и деформативность бетонов на пропитанных участках.

Характер структуры обычного кислотостойкого бетона и наличие в его составе фурановых соединений обуславливают незначительное (до 3—7 мм) проникание в бетон растворов неорганических кислот средних и высоких концентраций. При этом в пределах слоя происходит нейтрализация в основном свободных щелочей бетона кислотами с образованием солей относительно низкой растворимости, томпилирующих поры бетона и затрудняющих дальнейшее проникание кислот. Прочностные и деформативные свойства бетона в пределах пропитанного слоя изменяются незначительно.

В условиях практически полного водонасыщения наблюдается более существенное снижение прочности бетонов на водорастворимом силикате натрия. Вода, проникая в поровую структуру бетона, растворяет непрореагировавшие щелочные силикаты и гель кремнекислоты.

Длительное действие на кислотостойкие бетоны внешней нагрузки и жидких агрессивных сред вызывает более интенсивное развитие дефектов в структуре вследствие совместного взаимосвязанного протекания процессов. Обобщение и анализ значительного числа экспериментальных данных позволили установить уровни длительного сопротивления кислотостойких бетонов сложным воздействием. Так, за уровень длительного сопротивления кислотостойких бетонов в нормальных условиях и

при действии растворов кислот концентраций выше 30% принято $\eta=0,6$; концентраций 10—30% $\eta=0,55$; концентраций $<10\%$ и воды $\eta=0,4$.

Процесс проникания растворов кислот в кислотостойкие бетоны носит затухающий во времени характер, глубина проникания зависит от вида кислотостойкого бетона, его структуры и уровня напряженного состояния, а также от концентрации раствора кислоты. Учитывая диффузионный характер процесса, глубина проникания кислот в бетон достаточно точно определяется формулой

$$x = 2z \sqrt{D' \tau},$$

где z — коэффициент, определяемый через Гауссовский интеграл ошибок; D' — эффективный коэффициент диффузии ионов кислот в бетон, $\text{см}^2/\text{с}$; τ — время диффузии.

Расчет железобетонных конструкций из кислотостойких бетонов по I и II группам предельных состояний можно выполнять в соответствии со СНиП II-21-75 при введении в расчет характеристик кислотостойких бетонов с учетом влияния коррозионных процессов в бетоне. Изменение прочности кислотостойких бетонов при действии кислоты и воды учитывается введением соответствующих коэффициентов условий работы [3].

Действие растворов кислот различных концентраций вызывают возрастание деформаций, что объясняется несколько большей ползучестью бетона в слоях, куда проникла вода или растворы кислот. Увеличение деформаций бетона сжатой зоны в основном связано с изменением коэффициента упругости ν . Установлено, что с учетом действитель-

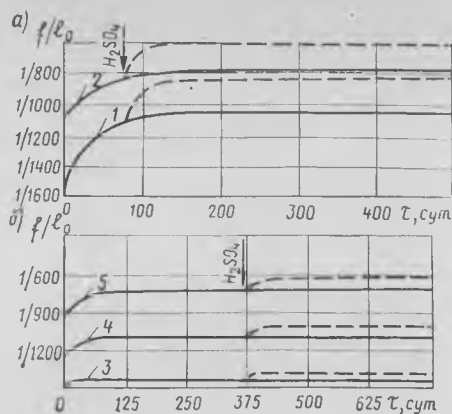


Рис. 1. Прогибы железобетонных внецентренно-сжатых элементов из обычного бетона (а) и изгибаемых элементов из высокопрочного кислотостойкого бетона (б)

— в воздушно-сухих условиях; — — — в 20%-ном растворе H_2SO_4
 1 — $e_0=0,167h_0$; 2 — $e_0=0,209h_0$; 3 — $\eta=0,4$
 M_p ; 4 — $\eta=0,5$ M_p ; 5 — $\eta=0,6$ M_p

ной полноты эпюры напряжений при кратковременном нагружении $\nu=0,45$. При длительном действии нагрузок с эксплуатационным уровнем напряжений не выше $\eta=0,6$ $\nu=0,3$ в нормальных условиях, $\nu=0,15$ при действии растворов кислот концентрации ниже 10%.

Прогибы железобетонных элементов из кислотостойких бетонов после действия растворов кислот при кратковременном приложении нагрузки до уровня близкого к эксплуатационному с достаточной для практических расчетов точностью можно определить по СНиП II-21-75. При длительном действии на-

грузки и растворов кислот отмечается увеличение прогибов железобетонных элементов, что учитывается в расчете параметром $C^p=2,5\text{--}3$, отражающим влияние длительной ползучести бетона (см. рис. 1).

На основании исследования свойств кислотостойких бетонов и железобетонных элементов из них, а также анализа состояния конструкций зданий и сооружений на предприятиях черной и цветной металлургии, химической и нефтехимической промышленности целесообразно применять для условий этих производств конструкций из кислотостойких бетонов, обладающих повышенным сопротивлением совместному действию нагрузки и агрессивных сред (рис. 2) [4].

Опыт использования химически стойких бетонов на примере полимербетонов для конструкций подванных эстакад (фундаментные башмаки, колонны, ригели и плиты), приемков, лотков, ванн электролиза, резервуаров и др. обосновывает целесообразность изготовления сборных элементов конструкций из кислотостойких бетонов на менее недефицитных материалах. Стоимость конструкций и изделий из кислотостойких бетонов находится в пределах 80—100 р. на 1 м^3 , что указывает на технико-экономическую эффективность их широкого применения.

Технология производства кислотостойких бетонов обеспечивает получение из различных исходных материалов бетонов с широким диапазоном прочностных свойств и стойкости.

Для несущих конструкций зданий и сооружений, подвергавшихся воздействию кислых сред, целесообразно применение высокопрочных бетонов марок М800—М1000 как с мелким, так и с крупным заполнителем из кислотостойких изверженных пород. Для самонесущих конструкций газоходов, резервуаров, отстойников, защитных перегородок рекомендуется использовать бетоны марок М300—М500.

Выводы

Исследованиями свойств кислотостойких бетонов на водорастворимом силикате натрия и армированных элементов установлена целесообразность расширения области применения бетонных и железобетонных конструкций и изделий. Разработаны нормативно-технические материалы для расчета и проектирования бетонных и железобетонных элементов из кислотостойкого бетона.

Предложена проектно-техническая документация для создания технологии производства конструкций и изделий из кислотостойкого бетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москвин В. М. Кислотоупорный бетон. — М. — Л.: Научно-техническое изд-во, 1935.
2. Кислотостойкие бетоны на активных заполнителях и модифицированном вяжущем / В. А. Отрепьев, И. Е. Путляев, Н. Ф. Шестеркина, Е. А. Гузеев. — Бетон и железобетон, 1978, № 8.
3. Руководство по расчету, проектированию и изготовлению сборных бетонных и железобетонных конструкций из кислотостойкого бетона. — М.: НИИЖБ, 1980.
4. Гузеев Е. А., Тонких Г. П. Железобетонные конструкции подванных эстакад из кислотостойкого бетона. — Противокоррозионные работы в строительстве, 1980, № 5.



Рис. 2. Железобетонные конструкции технологической эстажерки из кислотостойкого бетона в цехе медных порошков комбината Уралэлектромедь



Рис. 3. Характер разрушения опорной зоны ригеля при кручении по схеме 2

ющего опорную часть ригеля к консоли со стороны примыкания перекрытия.

В зоне 2 расчетом должна быть проверена растянутая арматура по схемам 1, 2 расположения сжатой зоны пространственного сечения (рис. 2). Конфигурации пространственных сечений приняты на основе анализа экспериментальных данных [2] (рис. 3).

Расчет по схеме 1 (сжатая зона пространственного сечения располагается у сжатой от изгиба грани элемента) выполняют из условия [1]

$$M_{к1} + M_{н1} \frac{l}{c_1} \leq \beta_a R_a F_{a1} \times \\ \times (h_{o1} - 0,5 x_1) \frac{b}{c_1} + \\ + \beta_{a,x} (\Sigma R_{a,x} F_{x1}) (h_{o1} - 0,5 x_1), \quad (3)$$

а расчет по схеме 2 (сжатая зона располагается у грани элемента, параллельной плоскости действия изгибающего момента) производят из условия [1]

$$M_{к2} \leq \beta_a (R_a F_{a2} + R_{a,x} F_o \cos \alpha) \times \\ \times (h_o - 0,5 x_2) \frac{h_{оп}}{c_2} + \\ + \beta_{a,x} (\Sigma R_{a,x} F_{x2} + R_{a,x} F_o \sin \alpha) \times \\ \times (h_{o2} - 0,5 x_2), \quad (4)$$

где $M_{ки}$ — крутящий момент от действия всех сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого пространственного сечения, относительно центра тяжести сжатой зоны по i -й схеме ($i=1,2$); $M_{н1}$ — изгибающий момент от внешних сил в нормальном сечении, проходящем через центр тяжести сжатой зоны пространственного сечения по схеме 1

$$M_{ки} = k e_i \left[q_p \left(\frac{l_p}{2} - l_i^* \right) + \Sigma P_j^* \right], \quad (5)$$

причем e_i — эксцентриситет линии приложения равнодействующей вертикальных нагрузок относительно центра тяжести сжатой зоны сечения

по i -й схеме, l_p — длина полки ригеля; l_i^* — расстояние по горизонтали между концом подрезки и точкой пересечения пространственного сечения по i -й схеме с верхней гранью полки ригеля, зависящее от длины проекции c_i пространственного сечения на продольную ось ригеля, поскольку нагрузка от перекрытия передается на полку ригеля, в предельном состоянии расщепляемой пространственной трещиной; $l_1^* = b + h_p - h_k$; $l_2^* = h_p - h_k$, где h_p , h_k — высота полки ригеля и консоли; F_{xi} — суммарная площадь хомутов, установленных в растянутой зоне пространственного сечения; если в растянутой зоне установлены хомуты, выполненные из арматуры разных классов, проводится суммирование величин $R_{a,x} F_{xi}$; хомуты с площадью F_{x1} и F_{x2} устанавливают для схемы 1 в конце подрезки на длине b (b — ширина ребра ригеля), для схемы 2 — в конце подрезки на длине $h_{оп}$ ($h_{оп}$ — высота подрезанного сечения ригеля; F_o — площадь сечения отогнутого стержня в конце подрезки; α — угол его наклона к продольной оси ригеля; ΣP_j^* — сумма сосредоточенных расчетных нагрузок P_j , приложенных на длине $(l_p/2 - l_i^*)$, считая от середины пролета.

Высоту сжатой зоны x_i определяют по формуле (89) СНиП II-21-75, при этом в расчет вводится только продольная арматура, устанавливаемая вплотную к ветвям хомутов, растянутых от кручения, и к ветвям хомутов, расположенным в сжатой зоне пространственного сечения. Для схемы 2 учитывается соответствующая проекция усилия $R_{a,x} F_o$ в отогнутой арматуре. Коэффициенты β_a и $\beta_{a,x}$, характеризующие уровень напряжений в продольной арматуре и хомутах в зависимости от соотношения площадей этих арматур, $\llcorner 1$.

В зоне 2 на длине b от конца подрезки должны быть установлены горизонтальные верхние и нижние скобы из арматуры класса А-1, привариваемые к вертикальным ветвям хомутов. Площадь этих скоб подбирают из условия равенства моментов, воспринимаемых вертикальными и горизонтальными ветвями хомутов с учетом плеч пар усилий в этих ветвях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Залесов А. С. Расчет прочности наклонных и пространственных сечений. — В кн.: Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций. — М.: Стройиздат, 1978.
2. Работа торцевых ригелей связевых каркасов при шарнирном опирании на колонны / Б. П. Ковтунов, Л. Ф. Вознесенский, С. З. Абдуллин и др. — Бетон и железобетон. 1983, № 2.

Читательская конференция в Риге

В состоявшейся в январе с. г. читательской конференции приняли участие 43 представителя от 15 организаций, в том числе от Рижского политехнического института, ЛатНИИСтроительства, Госстроя, Госплана, Минстроя республики, Оргтехстроя, Оргтехстроя, Рижского треста КПД, проектных институтов Латгипрогорстроя, Латгипрогостроя, Гипростройматериалы, Латгипропрома, Гипроторга, Латвийского республиканского правления НТО стройиндустрии.

Главный редактор журнала д-р техн. наук, проф. К. В. Михайлов информировал участников о тираже журнала в стране и за рубежом, его объеме, тематике, по которой присылается недостаточное количество статей (новые конструкции, конструкции из монолитного бетона, экономика, обобщение развития бетона и железобетона в регионе).

Участники конференции были единодушны в том, что редакция проделала большую работу. Отмечен высокий научный уровень журнала. Положительным опытом является издание тематических номеров, появление дискуссионных материалов (к сожалению, они не всегда продолжают), статей о сельском строительстве, использовании отходов, рецензий на новые книги, информации о конференциях, об авторских свидетельствах.

Выступающие подчеркнули, что опыт строителей ЛатвССР отражен в журнале недостаточно, неполно освещаются вопросы комплексных конструкций (несущая конструкция + утеплитель), опыт эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций, меры по повышению долговечности зданий и сооружений. В республике немало перспективных разработок, о которых можно информировать читателей журнала.

Представители производственных предприятий рекомендовали приблизить тематику журнала к технологам, производственникам. Предложено расширить рубрику «В помощь проектировщику», чисто научные сообщения помещать в тех случаях, когда они завершаются конкретными выводами. Было рекомендовано ввести новую рубрику «опыт эксплуатации».

В заключительном слове главный редактор прокомментировал замечания и предложения выступающих, сообщил о дальнейших планах редакции.

На конференции избран новый состав Совета содействия журналу по ЛатвССР.

CONTENS

Mikhailov K. V., Putlyayev I. E., Chinenkov Yu. V. Application perspectives in structures made of lightweight concretes

Simonov M. Z., Shaginyan S. G. Use of natural porous aggregates in concrete and reinforced concrete production

Petrov V. P., Milokoumov T. N. Manufacturing of artificial porous aggregates
Elinzon M. P., Vasil'kov S. G., Yarmakovskiy V. N., Alexandrov S. E., Poladko G. I. Lightweight concretes with porous aggregates from industrial waste materials

Ivanov I. A. Development of lightweight concretes based on industrial waste materials

Gorchakov G. I., Stepanova V. F. Durability of lightweight concretes and structures manufacturing with the use of industrial waste materials

Spivak N. Ya., Strongin N. S. Development of industrial house-building from lightweight concrete

Granev V. V., Kostyukovskiy M. G. Load carrying structures of industrial buildings made of concretes with porous aggregates

Zarenin V. A., Mangushev A. I. Lightweight concrete structures of agricultural production buildings

Yaunishkis Yu. P., Meshkauskas Yu. I. Erection experience of precast and cast-in-situ buildings made of keramsite concrete in the Lithuanian SSR
Dovzhik V. G., Natsievskiy Yu. I. Improvement of heat-reflecting properties in enclosure lightweight concrete structures

Mailyan R. L. Design and calculation of structures made of lightweight concretes
Ostrinsky Yu. S., Sergeeva K. A. Serviceability of lightweight concretes in housing construction

Kholoshin E. P., Zelinsky I. G., Gavronsky L. P., Borovoy V. G. Application experience of concretes and structures with porous aggregates in the Far East

Skomorokhov V. V. Experience and perspectives of use the structures made of slag pumice concrete

Badalyan S. P., Surmanidze E. M. Aseismic residential buildings made of lightweight concretes

Leshchinsky M. Yu., Palienko N. I. Production experience of keramsite concrete
Gorsky V. V., Gorshkov V. B. Production experience of supporting nest with economical reinforcing in the USSR Ministry of Construction

CONTENU

Mikhailov K. V., Poutlajev I. E., Tchinenkov Yu. V. Les perspectives d'application des structures en bétons légers

Simonov M. Z., Chaghinjan S. G. L'utilisation des agrégats poreux naturels dans la production du béton et du béton armé

Petrov V. P., Milokoumova T. N. La production des agrégats poreux synthétiques
Elinzon M. P., Vassilkov S. G., Yarmakovskiy V. N., Alexandrov S. E., Poladko G. I. Les bétons légers sur les agrégats poreux en déchets industriels

Ivanov I. A. Le perfectionnement des bétons légers sur la base des déchets industriels

Gorchakov G. I., Stepanova V. Ph. La durabilité des bétons légers et des structures produites avec l'utilisation des déchets industriels

Spivak N. Ya., Strongine N. S. Le perfectionnement de la construction des bâtiments industriels en bétons légers

Granev V. V., Kostukovskiy M. G. Les structures portantes des bâtiments industriels en béton sur les agrégats poreux

Zarenine V. A., Mangouchev A. I. Les structures en bétons légers des bâtiments de production agricole

Yaounichkis Yu. P., Mechkauskas Yu. I. L'expérience de la construction des bâtiments préfabriqués-monolithes en béton de keramsite dans l'URSS

Dovzhik V. G., Natsievskiy Yu. D. Le perfectionnement des propriétés de thermo-isolation des structures protectrices en béton léger

Mailjan R. L. L'élaboration des projets et le calcul des structures en bétons légers

Ostrinsky Yu. S., Sergheeva K. A. L'efficacité d'application des bétons légers dans la construction des bâtiments d'habitation

Cholochine E. P., Zelinsky I. G., Gavronsky L. P., Borovoy V. G. L'expérience d'application des bétons et des structures sur les agrégats poreux de l'Extrême Orient

Skomorokhov V. V. L'expérience et les perspectives d'application des structures en laitier — ponce — béton

Badaljan S. R., Sourmanidze E. M. Les bâtiments d'habitation résistants aux séismes et produits en bétons légers

Lechshinsky M. Yu., Palienko N. I. L'expérience de production du béton de keramsite

Gorsky V. V., Gorchkov V. B. L'expérience de la production des réseaux des armatures avec le renforcement économique dans le Ministère de l'URSS

INHALTSVERZEICHNIS

Michailow K. W., Putljajew I. Je., Tschinenkow Ju. W. Perspektivianwendung von Konstruktionen aus Leichtbetonen

Simonow M. S., Schaginjan S. G. Ausnutzung von natürlichen porösen Zuschlagstoffen in Produktion von Beton und Stahlbeton

Petrow W. P., Milokoumowa T. N. Produktion von künstlichen porösen Zuschlagstoffen

Elinzon M. P., Wassiljkow S. G., Jarmakowski W. N., Aleksandrow S. Je., Poladko G. I. Leichtbetone unter Anwendung von porigen Zuschlagstoffen aus Industrieabfällen

Iwanow I. A. Verbesserung von Leichtbetonen auf Grundlage der Industrieabfälle

Gortschakow G. I., Stepanowa W. F. Dauerhaftigkeit von mit Ausnutzung von Industrieabfällen herzustellenden Leichtbetonen und Konstruktionen

Spiwack N. Ja., Strongin N. S. Vervollkommnung des industriellen Hausbaues aus Leichtbetonen

Granev W. W., Kostjukowski M. G. Tragkonstruktionen der Industriegebäude aus Leichtbetonen unter Anwendung von porigen Zuschlagstoffen

Sarenin W. A., Manguschew A. I. Leichtbetonkonstruktionen von landwirtschaftlichen Produktionsgebäuden

Jaunischkis Ju. P., Meschkauskas Ju. I. Erfahrung in Errichtung der Gebäude aus Verbundkonstruktionen aus Keramsitbeton in Litauischer Sozialistischer Sowjetrepublik

Dowshick W. G., Nazijewski Ju. D. Erhöhung der wärmeschützenden Eigenschaften von umschliessenden Leichtbetonkonstruktionen

Mailjan R. L. Projektieren und Berechnung von Konstruktionen aus Leichtbetonen

Ostrinski Ju. S., Sergejewa K. A. Anwendungsnutzen von Leichtbetonen im Wohnungsbau

Choloschin Je. P., Selinski I. G., Gavronski I. G., Borowoj W. G. Erfahrung in Einführung von Betonen und Konstruktionen unter Anwendung von porösen Zuschlagstoffen aus Fernem Osten

Skomorochow W. W. Erfahrung und Anwendungsperspektiven von Konstruktionen aus Schlackenbimsbeton

Badaljan S. P., Surmanidze Je. M. Erdbebensichere Wohngebäude aus Leichtbetonen

Lestschinski M. Ju., Palijenko N. I. Erfahrung in Produktion des Keramsitbetons

Gorski W. W., Gorschkow W. B. Erfahrung in Produktion von Bewehrungsnetzen mit Sparbewehren im Ministerium für Bauwesen der UdSSR

Редакционная коллегия: И. Н. Ахвердов, Ю. М. Баженов, В. Н. Байков, А. И. Буракас, 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. Паныковский, В. С. Подлесных, Б. Я. Рискинд, С. И. Сименко, В. В. Судаков, Д. М. Чудновский, А. А. Шлыков (зам. главного редактора)

Технический редактор *Е. Л. Сангурова*

Корректор *Л. А. Егорова*

Сдано в набор 13.05.85.
Формат 60×90/16

Печать высокая

Подписано в печать 21.06.85.

Усл. печ. л. 6,0

Усл. кр.-отг. 6,75

Уч.-изд. л. 8,64

Тираж 14620 экз.,

Т-13527
Заказ 184

Почтовый адрес редакции: 101442, Москва, ГСП-4, Каляевская, 23а Тел. 292-41-34, 292-62-05

Подольский филиал производственного объединения «Периодика» Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли 142110, г. Подольск, ул. Кирова, 25

Комплекты оборудования для изготовления железобетонных изделий



На ВДНХ СССР в павильоне «Строительство» представлены разработанные Гипростроммашем комплекты оборудования для производства бетонных и железобетонных труб и изделий для крупнопанельного домостроения.

Заводами ВПО «Союзстроммаш» с 1980 г. серийно выпускается комплект оборудования для производства безнапорных бетонных труб диаметром 300 мм типа РТ и диаметром 400, 500 и 600 мм типа РТС по ГОСТ 20054—82. В него входят трубоформовочный станок СМЖ-194А с комплектом оснастки, оборудование технологической линии СМЖ-407...418, СМЖ-555. Комплект оборудования обеспечивает выполнение всех технологических операций по производству труб, начиная от подачи бетонной смеси и кончая вывозом готовых труб на склад.

Производство труб осуществляется следующим образом. Бетонную смесь подают от бетоновозной эстакады цеха в бункер трубоформовочного станка. Формование ведется в двухстворчатых формах, в нижней части которых устанавливают поддон. В процессе заняты две формы, в одной ведется формование, другая в это время находится на распалубке. На ось формования станка и обратно форма перемещается двухпозиционной каруселью при повороте ее платформы на 180°.

Форму с трубой снимают со станка и переносят на поддон-тележку и распалубивают ее, поднимая форму вверх. Труба, стоящая на поддоне, остается на поддон-тележке, а форму собирают с новым поддоном и возвращают на станок. Операции по транспортированию формы и распалубка производятся автоматическим захватом, подвешенным на крюке крана.

Поддон-тележку в зависимости от диаметра труб комплектуют 12...20 трубами, после чего устройством для выборочного перемещения тележек заталкивают в туннельную камеру термовлажностной обработки и транспортируют по ней в заданном режиме. Камера разделена на четыре зоны механизированными шторными разделителями. После выхода из камеры трубы, стоящие в одном поперечном ряду, снимают с поддон-тележки и переводят в горизонтальное положение самоходным кантователем, с которого они по две штуки переносятся автоматическим захватом на тележку для вывоза или складироваться в цехе. Поддон-тележка с оставшимися на ней поддонами переносится консольным манипулятором на путь возврата в зону формования, где манипулятором переносится на путь туннельной камеры. Гидроиспытание труб, а также испытание на прочность производят на специальных стендах.

Оборудованием управляют оператор станка СМЖ-194А и два оператора линии с пультов, расположенных в начале и конце туннельной камеры.

На базе комплекта оборудования разработан типовой проект технологической линии по производству бетонных труб диаметром 300...600 мм, в котором комплект размещен в пролете 18×144 м с высотой подкранового пути 8,15 м. Производительность линии составляет 12 700 м³ в год. Удельные приведенные затраты с учетом монтажа трубопровода равны 6,59 р/м. Масса комплекта 153 400 кг. Линию обслуживают 14 человек. Годовой экономический эффект от внедрения одного комплекта составляет 223,9 тыс. р.

Комплект оборудования изготавливает Лисичанский завод «Строммашина» (349908, Лисичанск Ворошиловградской обл.) и Черкасский завод «Строммашина» (257018, г. Черкассы).

Совместно с ИСиА Госстроя БССР Гипростроммашем разработан комплект оборудования для производства напорных железобетонных виброгидропрессованных труб со спирально-перекрестным армированием. Он включает в себя формы СМЖ-665 для изготовления труб со спирально-перекрестным каркасом, установку СМЖ-667 для штамповки разделитель-

ной полосы, станок СМЖ-666 для навивки спирально-перекрестных каркасов, устройства СМЖ-669 и СМЖ-668 для производства и зажима скоб и оборудования для укладки и транспортирования бетонной смеси, нормализации и испытательный напорных труб.

Производство напорных труб со спирально-перекрестным армированием осуществляется по традиционным схемам, принятым на заводах, выпускающих виброгидропрессованные трубы, с некоторыми отличиями, вызванными применением спирально-перекрестного каркаса (изготовление спирально-перекрестного каркаса; сборка и комплектация им наружной формы).

Навивка каркаса ведется одновременно двумя спиральями при возвратно-поступательном движении каретки. Навиваемый пространственный спирально-перекрестный каркас сохраняет свою форму благодаря применению разделительной полосы с язычками елочкообразного профиля и специальных скоб, крепящих концевые витки каркаса.

Основные узлы навивочного станка и станка СМЖ-313 унифицированы. Производительность станка СМЖ-666 составляет 8...11 каркасов в смену при диаметре навиваемых каркасов 500...1200 мм. Габаритные размеры станка 12 200×3410×2300 мм, его масса (с комплектом роторов) — 10 000 кг.

Разделительные полосы изготавливают из холоднокатаной полосы толщиной 1 и шириной 60 мм на станке для штамповки разделительной полосы СМЖ-667. Его производительность составляет 50...70 полос в час. Габаритные размеры — 8350×1350×2040 мм. Масса станка 2825 кг. В связи с использованием спирально-перекрестного каркаса для армирования труб отпала необходимость в применении и изготовлении продольной напрягаемой арматуры.

Внедрение формы с откидными бортами, предназначенными для крепления нижнего анкерного и калибрующего колеса, позволило снизить трудоемкость операций, выполняемых при сборке формы, и исключить из технологического процесса наиболее травмоопасную технологическую операцию — натяжение продольной арматуры. Применяемая форма унифицирована с формой СМЖ-89.

С использованием комплекта оборудования разработаны проекты перевода заводов на выпуск труб со спирально-перекрестным армированием. Годовой экономический эффект от внедрения в производство комплекта оборудования для изготовления железобетонных напорных спирально-перекрестно армированных труб для завода мощностью 11 тыс. м³ в год составляет 110 тыс. р. Производительность комплекта составляет 12 500 м³ в год.

Комплект оборудования изготавливает Брянский завод «Ирмаш» (241031, г. Брянск).

Представленная в павильоне «Строительство» технологическая линия вертикального формования изделий крупнопанельного домостроения состоит из постов формования, линии подготовки форм и камер тепловой обработки изделий.

Линия подготовки форм и камеры тепловой обработки представляют собой замкнутую линию, состоящую из двух параллельных потоков, соединенных между собой передаточными устройствами. Со стороны первого передаточного устройства расположены посты формования, а со стороны второго — пост для съема изделий и посты переоснастки форм. Число постов линии подготовки и формования, а также число камер и форм зависит от производительности линии.

Посты линии подготовки форм оборудованы с двух сторон подъемными площадками, а также пневмоскребками (для чистки) и удочками (для смазки форм). На последнем посту линии подготовки к тепловому отсеку формы подключают пар. При перемещении форм с поста пар отключается. С последнего поста линии подготовки форма с помощью привода линии перемещается к передаточной тележке и приводом

последней устанавливается на нее. Тележка передает подогретую форму к одному из постов формования.

Посты формования расположены в изолированном от остального производства помещении, на первом этаже которого находятся формовочные установки, а над ними установлено оборудование для приготовления горячей бетонной смеси и ее укладки.

Приготовленная в бетономешалке горячая бетонная смесь поступает в бункер-накопитель, а из него в бетоноукладчик. Последний состоит из портала с приводом передвижения, на котором установлены передвижная тележка с двумя бункерами общей емкостью 4 м³ и изолированная от шума кабина управления. Бетоноукладчик останавливается над соответствующей формовочной установкой, в которую подается подогретая форма.

Формовочная установка представляет собой раму с шарнирно прикрепленными к ней двумя силовыми стенками, на которых установлены механизмы для открывания и закрывания, упорные винты с амортизаторами и вибростенка с виброрамой.

Форма двухотсечная вертикальная передвижная состоит из двух тележек, на которых установлен тепловой отсек с навешенной на него с двух сторон бортоснастью. После подачи формы в формовочную установку стенки ее закрывают, и в тепловой отсек формы подают пар. В подготовленную к формованию установку посылно укладывают горячую бетонную смесь, которая уплотняется вибростенками. После заполнения формы бетонной смесью верхние торцы изделий заглаживают.

В зависимости от производительности линии время нахождения формы в формовочной установке составляет 1,5... 2 ч до набора изделиями прочности, при которой возможна раздвижка вибростенок и перемещение формы с изделиями.

В конце тепловой обработки извлекаются каналобразователи (в случае наличия их в изделии), механизмом раскрываются стенки с виброрамами, форма толкателем установки перемещается к передаточной тележке и приводом последней надвигается на нее. Передаточная тележка подает форму к камерам повторной тепловой обработки и с помощью толкателя устанавливает ее в соответствующую камеру.

Прошедшую тепловую обработку форму с изделиями извлекают с противоположной стороны камеры, толкателем передаточной тележки и тележкой подают к посту распалубки. Пост распалубки состоит из двух самостоятельных рам, на каждой из которых расположены захватные устройства для формы, механизмы для поворота захватных устройств с формой и обслуживающая площадка. Форму, укрепленную на одном из захватных устройств, поворачивают на 22° от вертикали и после съема изделия устанавливают на прежнее место. Такая же операция осуществляется и для второго изделия.

Производительность линии формования панелей перекрытий и внутренних стен на четырех формовочных постах составляет 120 тыс. м² общей площади в год.

Комплект оборудования изготовляет Кохомский завод «Строммашина» (155110, Ивановская обл., г. Кохма).

За дополнительной информацией обращаться в Гипростроммаш по адресу: 103287, г. Москва, 2-я Хуторская, 38а.

Авторские свидетельства

№ 10*

№ 1144887. Гатчинский сельский ДСК. М. С. Лебедев, В. О. Маннинен и В. А. Орлов. Установки для вертикального формования строительных изделий.

№ 1144889. ВПТИ транспортного строительства и СКБ Главстройпрома. В. И. Штейн, Ю. В. Науменко, Р. И. Кваша и С. Д. Шуминская. Способ формования трубчатых изделий из бетонных смесей.

№ 1144996. НИЛ ФХММ и ТП. В. Л. Гольштейн, Р. К. Юсупов, В. З. Карпис и др. Бетонная смесь.

№ 1144997. Таджикский политехнический ин-т. М. Н. Голубев, Т. Дусмурадов, А. Шарифов и Ш. М. Рахимбаев. Вяжущее для бетонной смеси и строительного раствора.

№ 1144998. С. А. Мурзаханова, Б. Е. Усольцев, Х. С. Абдужаббаров и др. Полимербетонная смесь.

№ 1145000. Г. И. Завелев, Л. В. Имель, Э. Г. Вакк и др. Теплоизоляционная торкрет-бетонная смесь.

№ 1145008. НИИЖБ. В. В. Патуринов, Ю. В. Максимов, С. М. Куркин и Р. В. Рябова. Композиция для пропитки бетона.

№ 1145009. НИЛ ФХММ и ТП. А. М. Горшков, Н. А. Бочаров, В. И. Иванов и др. Способ отделки затвердевших бетонных и железобетонных изделий.

№ 1145071. Гипротрансмост. Б. Д. Мариков, О. З. Жукова, И. Б. Воронцов и В. М. Дацковский. Сборная железобетонная опора моста.

№ 1145107. ЦНИИпромзданий. К. Ю. Полицук, Г. М. Смилянский, Н. А.

Холойдовский и др. Стеновая панель.

№ 1145108. Липецкий политехнический ин-т. В. В. Михайлов. Предварительно напряженная пролетная строительная конструкция.

№ 1145109. ЦНИИпромзданий. Г. В. Филимонова и Ю. Л. Крицман. Составной предварительно-напряженный железобетонный элемент.

№ 1145113. НПО Союзмонолитстрой. И. В. Китанин и Г. П. Иванов. Способ возведения монолитных конструкций.

№ 11

№ 1146290. Мордовский государственный ун-т. В. И. Соломатов, В. П. Семенов, А. И. Белозеров и др. Полимербетонная смесь.

№ 1146300. ВНИИстром. Т. А. Григорьева и В. В. Штерев. Способ изготовления полимербетонных изделий.

№ 1146385. А. И. Сапожников. Стыковое соединение стеновых панелей.

№ 12

№ 1147570. НИИЖБ и СПКТБ Кассетдеталь Главмостроя. Е. З. Аксельрод, В. М. Бузинов, Б. В. Гусев и др. Кассетная установка для изготовления железобетонных изделий.

№ 1147823. Среднеазиатское отделение Гидропроекта. С. Н. Крылова и Л. Г. Осадчий. Сталебетонная отделка туннеля.

№ 1147832. А. В. Сирота, П. П. Федоренко, К. М. Матвеев и Л. Л. Вайнштейн. Сборная цилиндрическая оболочка.

№ 1147834. Донецкий ПромстройНИИ-проект. Г. И. Гескин, Я. Д. Зенгин, О. В. Сафонова и др. Подвижная опалубка для бетонирования наклонных граней гидротехнических сооружений.

№ 13

№ 1148788. КТБ Стройиндустрия. А. В. Андрейченко, Л. И. Медовский, А. В. Нестеров и др. Установка для уплотнения изделий из бетонных смесей.

№ 1148790. Экспериментальный завод треста Ленинградоргстрой и ЛИСИ. Ф. Г. Брауде, В. А. Голубенков и С. А. Осмаков. Устройство для формования длинномерных железобетонных изделий.

№ 1148840. Белгородский технологический ин-т строительных материалов. Д. И. Гладков, А. Л. Глуховеров, В. М. Федосенко и Н. В. Чернышова. Комплексная добавка.

№ 1148841. НИЛ ФХММ и ТП. Р. К. Юсупов, В. З. Карпис, В. Л. Гольдштейн и др. Бетонная смесь.

№ 1148929. ВНИИтрансстрой. Г. Е. Бимбад, Л. Р. Мороз, З. А. Титова и Г. Д. Хасхачих. Железобетонная оболочка.

№ 1148930. ВНИИтрансстрой. Л. Н. Юдин, Ю. К. Балунюк и Т. А. Лагутина. Стыковое соединение железобетонных плит покрытий земляных откосов.

№ 1148950. НИИЖБ. А. Д. Козлов, Н. А. Маркаров, Б. Г. Веснин и др. Стенд для изготовления предварительно-напряженных железобетонных изделий и конструкций.

№ 15

№ 1151456. ЦНИИпромзданий. Н. Н. Воинов, Б. Н. Кандауров, Н. А. Туленинов и др. Устройство для изготовления изделий из бетонных смесей.

№ 1151457. НИИЖБ. Г. С. Митник. Поддон формы.

№ 1151458. Республиканское ПТПО Росоргтехстрой. О. Е. Лунин, Л. П. Туляков, Н. В. Зуб и Я. Б. Гейцер. Устройство для «сухого бетонирования» строительных изделий.

№ 1151459. Трест Башспецнефтьстрой. Е. Ф. Морозов и С. Б. Плотников. Многоместная форма для изготовления тонкостенных изделий из бетонных смесей.

№ 1151460. ПКТБ Узводприборавтоматика. Е. Б. Терехов. Устройство для образования гнезд в изделиях из бетонных смесей.

* См.: Открытия. Изобретения. 1985.