

Введение

Строительство — одна из самых материоемких отраслей народного хозяйства. Затраты на материалы, расходуемые непосредственно на возведение зданий и сооружений, составляют более половины общей стоимости строительно-монтажных работ и около одной трети капитальных вложений в народное хозяйство.

Особое внимание уделяется проблеме снижения веса строительных конструкций, поскольку уменьшение этого показателя на потребительскую единицу конструкции позволяет уменьшить затраты на их перевозку, снизить трудоемкость и стоимость всего строительства.

Объем применения в строительстве легких бетонов на пористых заполнителях должен возрасти почти в 2 раза, а их удельный вес в общем объеме бетонных и железобетонных конструкций увеличится соответственно до 27 %.

Характерной особенностью и тенденцией в развитии этих бетонов является постепенное снижение доли низкомарочных бетонов, расширение сырьевой базы для производства пористых заполнителей, повышение коэффициента конструктивного качества легкого бетона.

Однако следует отметить, что в общем выпуске легкого бетона конструктивно-теплоизоляционный бетон пока составляет лишь около 30 %, а остальная часть — утеплитель низких марок. Поэтому актуальной задачей является повышение качества теплоизоляционного бетона.

Крупным резервом повышения эффективности производства строительных материалов и дополнительным источником обеспечения строительства эффективными материалами и конструкциями является комплексное использование народных ресурсов и отходов промышленности. В настоящее время отмечается широкое использование отходов черной и цветной металлургии, тепловой энергетики, горнодобывающих и углеобогатительных предприятий, химии и сельского хозяйства.

Однако степень использования отходов для производства строительных материалов все еще невелика и требуется повысить внимание к возможности использования до сих пор не утилизированных отходов.

Наиболее полное использование скрытых в материале возможностей позволит в перспективе применить новые, еще более эффективные долговечные строительные материалы разнообразного назначения с заранее заданными свойствами и нужной структуры.

Перспективным направлением повышения качества бетона и железобетона является его химизация — введение в бетонную смесь реагентов, направленно действующих на свойства смеси и готовых изделий.

Кроме того, следует уделить внимание повышению эффективности переработки бетонных смесей (виброперемешивание, объемное вибропрессование и т.д.), дальнейшей механизации и автоматизации производства.

На этих принципах основывается современная технология изготовления бетона и железобетона, позволяющая получить однородные и легкоформируемые бетонные смеси, более полно использовать материалы.

Обзор современного рынка теплоизоляционных материалов показывает, что одним из наиболее эффективных направлений развития теплоизоляции является производство комплексных строительных материалов многофункционального назначения, таких как битумоперлит.

Битумоперлит не подвержен гниению, не поражается грызунами, не имеет запаха, трудновозгораем, малогигроскопичен и достаточно водостоек. При его применении исключается устройство выравнивающей стяжки под рулонную кровлю; наклеивание рулонных материалов кровли на основание (битумоперлит) осуществляется без грунтовки; высокая гидрофобность и теплоемкость битумоперлита обеспечивают возможность производства работ при неблагоприятных погодных условиях — незначительных осадках и отрицательных температурах.

Однако существующие способы производства битумоперлита не позволяют получать изделия высокого качества, а технологии многодельные и энергоемки.

Раздел I

ПОВЫШЕНИЕ ВОДОСТОЙКОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО БЕТОНА ВВЕДЕНИЕМ РЕАГЕНТОВ, НАПРАВЛЕННО ДЕЙСТВУЮЩИХ НА СВОЙСТВА СМЕСИ И ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Глава 1. Теплоизоляционные бетоны.

Пути повышения водостойкости, минимальной влагоемкости и понижения миграции влаги в процессе эксплуатации

Легкий бетон как материал широких возможностей наиболее полно отвечает задачам технического прогресса в строительстве.

Легкие бетоны на пористых заполнителях имеют большую морозостойкость и трещиностойкость, меньшую эксплуатационную влажность и ползучесть по сравнению с ячеистыми бетонами, и поэтому они стали одним из основных материалов индустриального строительства.

Эффективность легкого бетона обусловлена, в первую очередь, качеством и свойствами применяемых пористых заполнителей, а также их рациональным использованием. Расширяющая номенклатура легкобетонных конструкций и отдельных элементов требует дальнейшего изучения прочностных и деформативных свойств легкого бетона. Кроме того, не решены еще и многие технологические вопросы, связанные со снижением металлоемкости производства и сокращением цикла изготавления изделий из легкого бетона.

Таким образом, еще немало актуальных вопросов повышения эффективности производства и улучшения свойств легких бетонов, таких как водо- и морозостойкость, долговечность материалов и конструкций в различных условиях эксплуатации, требуют дальнейшего изучения и решения.

1.1. Обзор современного состояния и применения эффективной теплоизоляции на пористых заполнителях

Многообразие конструктивных решений зданий и сооружений, а также условий их эксплуатации порождает различия в требованиях строительства к свойствам строительных теплоизоляционных материалов. Удовлетворить широкий диапазон этих требований по объемной массе, прочности, гигроскопичности, теплопроводности, морозостойкости

и другим физико-механическим свойствам — актуальная задача строителей-технологов.

Основным путем снижения веса зданий является применение теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструктивных бетонов для ограждающих конструкций и для устройства кровель. Устройство газо- и теплопроводов, холодильников и промышленного оборудования не обходится без применения теплоизоляционных материалов. Необходимым является устройство теплоизоляции шахтных выработок в условиях Севера. Поэтому создание и применение эффективной теплоизоляции — основное условие снижения теплопотерь теплотрасс, снижения расходов на отопление зданий, обеспечения необходимого теплового режима для работы в шахтах и комфорта жилищ.

Основные виды применяющихся в России и за рубежом теплоизоляционных бетонов и наполненных пенопластов и их прочностные и теплоизоляционные характеристики как главные определяющие факторы приведены в табл. 1.1.

Как видно из этой таблицы, наиболее эффективными являются пенополимербетон и композиционные материалы на основе наполненных пенопластов (пенополиуретан с перлитом и пеностеклом — Венгрия, пенополиуретан с керамзитом или пеностеклом — ФРГ, полиэфирный пенопласт с керамзитом — Франция). Однако из-за дефицитности сырья и его дороговизны доля производства наполненных пенопластов в России пока невелика.

Из существующих легких теплоизоляционных бетонов наиболее эффективными являются перлитобетон на латексе и пенополистиролбетон (стиропорбетон). Последний, к тому же, наиболее доступен и дешев. Коэффициент вспенивания исходного продукта суспензионного бисерного полистирола очень высок ($K_{всп} = 30–50$), что создает предпосылки для экономического обоснования доставки бисера в любую точку страны и позволяет с успехом организовать производство стиропорбетонных изделий в малоосвоенных и труднодоступных районах, не имеющих развитых строительных баз.

Кроме того, низкая теплопроводность гранул пенополистирола $\lambda = 0,0290 – 0,0464 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{К})$ ($0,025–0,040 \text{ ккал}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$) и ее постоянство при изменении влажности окружающей среды за счет незначительного водопоглощения гранул ($0,5–3,0 \%$) обуславливает эффективность применения пенополистирола в качестве заполнителя в легком бетоне.

Однако технологические трудности получения однородных изделий, а также значительное водопоглощение — $47–36 \%$ для стиропорбетона с объемной массой $300–400$ и невысокая прочность — $0,6–1,1 \text{ МПа}$ соответственно замедляют темп роста производства этого прогрессивного материала.

Объемная масса теплоизоляционных бетонов на пористых заполнителях, как и их физико-механические свойства, обуславливаются следу-

ющими факторами: расходом вяжущего и его маркой; плотностью межгранульного материала и его толщиной, зависящей от размера гранул заполнителя; объемной концентрации межгранульного материала С, зависящей от водоцементного отношения В/Ц; способами химизации бетона методами перемешивания компонентов смеси, укладки, уплотнения тепловлажностным режимом обработки изделий.

Получение бетонов с улучшенной структурой, повышение их долговечности зависит от всех перечисленных факторов. В данной же работе более подробно рассмотрено влияние химизации, способов перемешивания и формования на получение эффективного теплоизоляционного бетона.

1.2. Выбор способа создания водостойкой теплоизоляции на пористых заполнителях

Одним из основных направлений получения бетона с заданными свойствами является его химизация: отдельно компонентов, бетонной смеси в целом и затвердевшего бетона. Известно, что модификация цементных бетонов полимерами позволяет значительно повысить их прочность, плотность, химическую стойкость и другие физико-механические свойства, что, в свою очередь, позволяет существенно повысить качество строительных работ, снизить расход цемента и увеличить долговечность зданий и сооружений.

К химизации компонентов бетона относятся:

- 1) приготовление цементов с добавками неорганических и органических веществ, регулирующих в заданном направлении основные свойства цемента в процессе гидратации и твердения;
- 2) обработка заполнителей химическими методами с целью повышения их прочности, увеличения адгезии к цементному камню, кольмации пор и гидрофобизации поверхности;
- 3) создание новых видов искусственных заполнителей для легких и сверхлегких бетонов (типа стиропора).

Технология химизации бетонной смеси состоит в следующем:

- 1) введение в состав бетонной смеси неорганических и органических веществ с целью изменения реологических свойств бетонной смеси, скорости процессов гидратации и твердения цемента, формирования структуры бетона с заданными свойствами;
- 2) приготовление бетонов с добавками водорастворимых полимеров и полимерных дисперсий (полимерцементные и полимерсиликатные бетоны);
- 3) замена традиционных вяжущих новыми — минерально-полимерными, применение которых приводит к изменению процесса твердения и формирования структуры материала (полимербетон).

Таблица 1.1.

Основные характеристики теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструктивных бетонов

	$\gamma, \text{ кг/м}^3$	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
Перлитобетон на латексе	$0,4/-$ 0,052	$0,7/-$ 0,069	$1,0/-$ 0,093								
Перлитобетон на жилком стекле	$0,4/-$ 0,058	$0,55/-$ 0,075		$0,7/-$ 0,093		$0,85/-$ 0,110		$1,0/-$ 0,128			
Перлитобетон на цементе, гипсе, силикатах и магнитном вяжущем		$0,3/0,22$ 0,069	$0,45/0,24$ 0,075	$0,6/0,26$ 0,081	$1,0/0,3$ 0,093	$1,5/0,3$ 0,116	$2,5/0,4$ 0,139	$3,5/0,5$ 0,151			
Перлитобитумный бетон		$-0,15$ 0,075	$0,25/0,15$ 0,087	$0,30/0,15$ 0,099	$0,35/0,20$ 0,110	$0,40/0,2$ 0,122					
Перлитофосфогелевый бетон		$-0,30$ 0,075	$-0,35$ 0,081								
Вермиккулитобетон на минеральном и органическом вяжущем с асбестом	$-0,15$ 0,081	$-0,18$ 0,087	$-0,23$ 0,093	$-0,23$ 0,099	$0,4/0,3$ 0,104	$0,5/0,6$ 0,128					
Керамзитобетон крупнопористый на гипсе или цементе					$0,5/-$ 0,139	$0,8/-$ 0,139	$0,8/-$ 0,151	$1,0/-$ 0,174			
Керамзитобетон крупнопористый на синтетическом связующем				$0,3/-$ 0,104	$0,8/-$ 0,139	$1,0/-$ 0,151					
Керамзитобетон плотный на гипсе или цементе								$1,5/-$ 0,162	$2,5/-$ 0,174		
Гипсочечный бетон на цементе и вспененном гипсе							$0,8/-$ 0,128	$1,0/-$ 0,151	$1,5/-$ 0,174		
Пеногазопесобетон								$1,0/-$ 0,139			
Полистирол, бетон на цементе и пенополистироле		$0,3/-$ 0,069	$0,6/-$ 0,081	$1,1/-$ 0,104	$1,6/-$ 0,139	$2,5/-$ 0,162	$3,7/-$ 0,185				

Материалы/Характеристики (R_{ck}/R_u) /

Минорбетон													
Торфобетон на цементе и гранулированном торфе	0,2/- 0,058	0,5/- 0,069		0,5/- 0,128		1,0/- 0,139		1,0/- 0,151		2,5/- 0,162		3,5/- 0,174	
Углобетон				0,7/- 0,093		1,0/- 0,116		1,5/- 0,128		1,5/- 0,116		1,5/- 0,139	
Ячеистый бетон						1,0/- 0,093		1,5/- 0,104		2,5/- 0,116		3,5/- 0,139	
Пенополиуретан с керамзитом				1,0/0,16 0,093		1,5/0,23 0,104		2,5/0,38 0,116		3,5/0,52 0,139		5,0/0,73 0,162	
Пенополиуретан с перлитом и пеностеклом (Вентрия)	0,7/0,64 0,055	0,9/0,8 0,056						1,6/- 0,083		1,8/- 0,084			
Пенополиуретан с керамзитом (ФРГ, Байтер)													
Пенополиуретан с пеностеклом (ФРГ, Байтер)				0,7/- 0,064				1,4/1,0 0,083		1,7/1,0 0,084			
Полиэфирный пенопласт с керамзитом (Франция)				1,1/- 0,139				2,0/- 0,145					
Цемент + молотый песок + пенополистирол (ФРГ)						1,1/- 0,162							
Пенополимербетон на фурановых смолах и полизоцианатах (НИИЖБ)								2,0/1,5 0,069		3,0/2,0 0,104		4,0/2,5 0,128	
Полимербетон на перлитном песке (НИИЖБ)										4,0/1,2 0,093		5,4/1,8 0,105	

Химизация затвердевшего бетона заключается в пропитке готовых изделий мономерами (метилметакрилатом и стиролом) с последующей их полимеризацией в порах и капиллярах цементного камня или пропиткой полиэфирными эпоксидными смолами (бетонополимеры). Это направление признается в настоящее время одним из важнейших в развитии строительных материалов во всех промышленно развитых странах, особенно в Японии, США, ФРГ, Франции и Англии.

Однако пропитка бетонов полимерами с целью придания им гидрофобности и долговечности для легких теплоизоляционных бетонов вряд ли может быть рекомендована, так как для заполнения порового пространства требуется значительное количество полимера, что существенно утяжеляет теплоизоляцию и снижает ее теплофизические свойства, а также значительно увеличивает стоимость бетона.

Одним из наиболее распространенных направлений химизации, улучшающих свойства как тяжелого, так и легкого бетона, является применение различных химических добавок.

Химические добавки, используемые в легком бетоне, почти те же, что и в тяжелом, но особую технологическую и структурную роль играют воздухововлекающие, пено- и газообразующие и гидрофобизирующие. Назначение и применение той или иной добавки связано не только с ее свойствами, но и с ее стоимостью и дефицитностью.

Пластифицирующие добавки типа СДБ дают положительный эффект в легком конструкционном бетоне, а в теплоизоляционном и теплоизоляционно-конструктивном, наоборот, — отрицательный, так как бетон становится тяжелее, а водопотребность его не снижается. Гидрофобизирующие добавки наоборот — эффективны в теплоизоляционных бетонах.

В настоящее время за рубежом выпускается широкий ассортимент добавок пластификаторов и суперпластификаторов, производимых фирмами ФРГ, Англии и др. Например, в Италии фирмы предлагают строителям свыше 200 наименований разных добавок.

Особого внимания заслуживает добавка для легких бетонов, производимая фирмой «Гейдельбергский цемент», которая дает возможность исключить расслаивание бетонных смесей на пористых заполнителях, получить однородную смесь с равномерным распределением заполнителя, даже если в качестве такового применяются гранулы из пенополистирола. К сожалению, отечественная промышленность пока аналогичную добавку не имеет.

Разработкой таких добавок суперпластификаторов занимаются НИИЖБ, ВНИИЖелезобетон и другие научно-исследовательские институты страны.

Большой удельный вес в химизации технологии бетонов занимают полимерцементные и полимерсиликатные бетоны. Разработка научных основ технологии полимерцементных материалов специфична тем, что

эта область материаловедения лежит на стыке химии полимеров, с одной стороны, и химии неорганических веществ и технологии бетонов, с другой. Этим определяются пути решения практических задач по направленному изменению свойств неорганических вяжущих веществ, растворов и бетонов.

Полимерные добавки обычно вводят при затворении неорганических вяжущих веществ и бетонных смесей для:

а) направленного изменения реологических характеристик бетонной смеси и процесса твердения бетона;

б) улучшения структуры и физико-механических свойств цементного камня;

в) повышения прочности контактной зоны цементного камня с заполнителем;

г) увеличения химической, атмосферо- и морозостойкости.

От вида добавки и формы ее введения в значительной мере зависит оптимальное, эффективное ее количество, необходимое для достижения определенного практического результата. Количество полимерной добавки принято оценивать полимерцементным отношением П/Ц.

Ряд полимерных добавок весьма велик. Для этой цели могут быть использованы представители практических всех химических классов.

По физическому состоянию вводимые в бетонную смесь полимеры делят на три группы: порошки, водные дисперсии и водные растворы полимеров, мономеров и синтетических смол.

Механизм действия каждой добавки определяется помимо ее физического состояния, химическим типом добавки: полимер — олигомер — мономер, а также наличием или отсутствием тех или иных функциональных групп.

Порошки полимеров пока не нашли достаточно широкого применения, хотя встречаются указания о применении некоторых из них.

При введении полимеров в сухую бетонную смесь в виде мелкодисперсного порошка он равномерно распределяется в последней. Будучи инертным по отношению к бетонной смеси, полимер до стадии термо-влажностной обработки бетона и на ее начальной стадии (подъем температуры) не мешает процессу гидратации и кристаллообразования цементного камня. В процессе изотермической выдержки под действием повышенной температуры полимер переходит в вязкотекучее состояние и кольматирует поры и капилляры бетона.

Однако применение термопластичных порошков полимеров вызывает различные технологические затруднения. Применяемый термопласт должен обладать температурой перехода в вязкотекучее состояние T_g , меньшей, чем температура термо-влажностной обработки бетона, т.е. около 75–80 °С. К сожалению, такие термопласти выпускаются промышленностью, в основном, не порошкообразными, а в виде крошки. Переработка такой крошки в мелкодисперсный порошок очень затруд-

нительна, а для большинства видов пока вообще исключается. Измельчить такую крошку одновременно с помолом цементного клинкера не представляется возможным из-за значительной температуры, развивающейся при помоле, и низкой T_p полимера, в результате чего последний «налипает» на мелющие тела и на стенки мельницы.

Таким образом, из-за указанных трудностей порошки термопластов пока не нашли широкого применения.

Водные дисперсии полимеров (термопластов и каучуков). Полимеры этой группы широко применяют для производства полимерцементных бетонов. Исследованию этих материалов посвящены работы как советских ученых А.И. Ваганова, Б.Ф. Журавлева, В.М. Калашниковой, Н.Л. Сироткиной, Г.Ф. Слипченко, В.Л. Смелянского, В.И. Соломатова, Ю.С. Черкинского и др., так и зарубежных — В. Врена, Я. Гейста, Л. Гриффитса, Я. Штибрани и др.

Природные полимеры белкового характера (бычья кровь, яичные белки) в виде дисперсий применялись уже в древности в качестве добавок к известковым растворам для увеличения прочности и водостойкости. В начале 30-х гг. XX в. начинается применение латекса натурального каучука (природная водная дисперсия каучука). Однако развитие натурального латекса тормозилось высокой стоимостью последнего и его очень ограниченным распространением в различных климатических зонах земного шара. Следующим этапом развития полимерцементных бетонов было производство различных видов синтетических латексов, что сделало применение натурального латекса нецелесообразным.

К 1936 г. относится применение резинита в виде резинитовой эмульсии для бетонов на пущолановом партландцементе.

После окончания Второй мировой войны у нас в стране и за рубежом стали использоваться полисульфидные, полихлоропреновые, дивинилстирольные, карбоксилатные, синтетически латексы. Из перечисленных марок наиболее распространенными являются дивинил стирольные латексы СКС-65ГП и СКС-50ГП. В 60-х гг. проводились работы по использованию водных дисперсий термопластичных сополимеров: винилацетата с винилхлоридом, винилхлорида с винилидихлоридом. Кроме того, как добавки к бетону исследовались эпоксиднотиоколовые и ненасыщенные полиэфирные смолы, однако эти материалы широкого применения пока не получили.

В 40–50-х гг. были проведены попытки использования природных термопластичных полимеров, таких как асфальтит, битум, пески, вводимых в бетонную смесь в виде специально приготовленных водных дисперсий. Однако эти попытки не дали широкого производственного применения, поскольку полученные бетоны не обладали высокими физико-механическими свойствами. Правда, последние работы (например проф. М.И. Хигеровича) позволили получить бетоны на битумной эмульсии с достаточно высокими показателями свойств [1].

В настоящее время известна работа [2], в которой в качестве связующего использована композиция на основе нефтяного битума, фураново-эпоксидной смолы, синтетического каучука, полимеров акрилового ряда и органического растворителя. По-видимому, описанную много-ингредиентную композицию в производственных условиях получить довольно сложно и дорого.

В последнее 20–25 лет для создания полимерцементных композиций наиболее широкого распространения достигла, практически одна — полная дисперсия поливинилацетата (ПВАЦ), которая обычно известна под названием поливинилацетатной (ПВАЭ). Такое предпочтение дисперсии термопласта ПВА вызвано тем, что на его основе получены наиболее качественные полимерцементные бетоны. Оптимальным количеством вводимой ПВАЦ является 20 % от веса цемента, что дает наилучший результат. В случае применения водных дисперсий других термопластов и эластомеров (синтетических латексов) для каждого устанавливается свой оптимум, который в силу различных причин (собственно свойств) может быть ниже или выше, чем для ПВАЦ. Существенным недостатком бетонов с ПВАЦ и синтетическими латексами является их повышенная усадка и ползучесть, обусловленная как самим строением полимера, так и специфическими условиями твердения бетона. Поэтому такие бетоны желательно эксплуатировать, в основном, в воздушных условиях.

Водные растворы полимеров в настоящее время практически не используются. Единственным исключением является поливиниловый спирт — термопластичный полимер, применяемый для получения полимерцементных покрытий, но тоже в небольших масштабах.

Кроме указанного, были попытки использовать водный раствор поливинилфурфуrola [3]. Основной недостаток введения водных растворов истинных полимеров в полимерцементный бетон — неспособность их образовывать в щелочной среде твердеющего бетона водонерастворимые пленки да еще при условии, что эти пленки должны образовываться после того как закончится формирование основного кристаллического скелета цементного камня. Этот дефект не позволяет рассматривать полимер этого класса как перспективные материалы для полимерцементных бетонов.

Водные растворы синтетических смол. Основные работы по применению этой группы полимеров принадлежат А.В. Саталкину, О.В. Кунцевичу, П.Г. Комохову, О.С. Поповой и другим сотрудникам ЛИИЖТа, которые подробно рассмотрели возможность широкого использования олифа-смолы № 89. Указанные смолы вводят с водой затворения в количестве 0,15–2 % от массы цемента. Работы этих ученых дали толчок развитию целого направления как в СССР, так и за рубежом и в настоящее время являются наиболее перспективными. Подробные результаты их исследований приведены в работе [4]. Водорастворимые смолы оказывают влияние на пластификацию и стабилизацию смесей, модифи-

цируют структуру порового пространства и продуктов гидратации вяжущего, что в свою очередь определяет все физико-механические свойства бетона и его долговечность [5]. Этими же авторами исследовалась возможность применения водорастворимой мочевиноформальдегидной смолы марки МФ-17. Однако ими было установлено, что использование этой смолы без отвердителя снижает прочность бетонов примерно на 30 %. Введение же отвердителя — шавелевой кислоты — хотя и устраняет этот недостаток, но не полностью. Кроме того, введение кислой среды нейтрализует щелочную среду бетона, тем самым нарушая процесс структурообразования цементного камня. Поскольку все отвердители смолы МФ-17 относятся к кислотным соединениям, смола МФ-17 и ей подобные не могут широко применяться в бетонах, за исключением бетонов на магнезиальном вяжущем.

К этому же классу добавок в бетон относятся и кремнийорганические жидкости — этилсиликонат ГКЖ-10 и метилсиликонат ГКЖ-11 натрия, а также этилгидросиликонат натрия ГКЖ-94, хотя первая применяется в виде водного, вторая — водно-спиртового раствора, а третья — в виде водной эмульсии. Влияние этих соединений на твердение полимерцементных композиций и свойства полученных бетонов подробно рассмотрено в работах В.Г. Батракова, В.Б. Ратинова, О.Я. Цыпкиной [5–9]. Эти добавки сходны с водорастворимыми эпоксидными смолами. Они увеличивают прочность (на изгиб и сжатие), морозостойкость бетона. Однако как и для водорастворимых смол ТЭГ-1, ДЭГ-1, МЭГ-1, М-19-62, так и для кремнийорганических соединений типа ГКЖ характерно некоторое замедление твердения цемента в начальные сроки, хотя потом (через несколько суток) степень гидратации полимерцемента и чистого цемента уравнивается.

Кроме уже рассмотренных, к этой группе относятся карбамидная смола с полиэтиленполиамином, водорастворимая карбамидная смола УКС, а также композиции фурановых смол с полизоцианатами (кубовые остатки), перспектива использования которых в промышленности зависит от объема выпуска смол.

Водные растворы мономеров не нашли пока применения по той же причине, что и смола МФ-17, т.е. из-за необходимости применения отвердителя кислотного характера при переводе мономера в полимер в щелочной среде твердеющего цемента. Исключением является использование водорастворимого фуролового спирта, отверждаемого солянокислым анилином и совмещенного связующего ФАКО на основе фурфуролацетонового мономера — ФА с кубовыми ректификатами сырого бензола — КОРБ. Однако в первом случае солянокислый анилин, понижающий pH среды, оказывает ингибирующее действие на процесс твердения, а во втором случае довольно сложная схема подбора количественного соотношения исходных компонентов затрудняет производство бетона.

Практическое применение органических добавок полимеров в бетон постоянно расширяется. Выбор полимерной добавки обосновывается их специфическими свойствами и, по мнению А.В. Саталкина [4], для создания качественных полимерцементных композиций «...надо использовать такие полимерные добавки, которые не антагонизировали бы с цементом как с вяжущим, а действовали аддитивно, вступая с ним во взаимодействие, позволяя сочетать положительные свойства и цемента, и полимеров, способные исправить недостатки цемента за счет присущих полимеру достоинств». В связи с этим при изучении полимерцементных систем с использованием новых полимерных добавок необходимо провести ряд исследований, выявляющих основные закономерности течения главных процессов в системе, таких как гидратация и твердение, а следовательно, их влияние на физико-механические свойства новообразований, а также изучить влияние полимера на реологические характеристики полимерцементного теста.

Как уже указывалось, применение полимеров в бетонах, несмотря на тенденцию роста, ограничено и сдерживается их дефицитностью и высокой стоимостью. В то же время степень использования отходов промышленности, в частности, химической, для производства строительных материалов в настоящее время невелика. Отходы и попутные продукты химического производства могут служить важным источником сырья для промышленности стройматериалов. Так, для производства строительного гипса успешно применяется фосфогипс и борогипс. Кубовые остатки коксохимического производства вводятся в состав безолифной шпаклевки ОКС, а также входят в состав комплексных добавок в полимербетоны.

Этот перечень практически исчерпывает далеко не весь запас отходов, имеющихся в стране. По-видимому, необходимо и в дальнейшем развивать научные исследования по рациональному использованию отходов, созданию безотходных, комплексных и кооперативных производств. Если для некоторых предприятий отходы являются отбросами, от которых они спешат избавиться, то для других отраслей промышленности они могут послужить ценным сырьем. Таким образом решаются сразу две важные задачи — охрана природы (окружающей среды) и получение ценных дешевых сырьевых ресурсов. Например, к таким неутилизированным в настоящее время отходам относится низкомолекулярный полиэтилен НМПЭ — термопластичный олигомер, имеющий низкую (60–70 °C) температуру перехода в вязкотекучее состояние.

Однако химизация — не единственный, как уже указывалось ранее, способ повышения качества бетонных изделий. Столь же важным и весомым методом повышения качества бетонных изделий является технология их производства.

Например, для поризованных теплоизоляционных бетонов только за счет изменения технологии изготовления с литьевой на комплексно-ви-

брационную или «холодную» вибрационную можно повысить расчетный коэффициент конструктивного качества с 100 до 190–220, т.е. в два раза.

Теплоизоляционным бетонам присущи дефекты структуры, образующиеся в результате неоднородности распределения составляющих в бетоне, разнотяжимости изделий, которые зависят, в основном, от технологических параметров производства изделий.

Еще в 30-е гг. было определено, что к основным технологическим факторам, существенно влияющим на свойства легких бетонов, следует отнести процессы перемешивания, уплотнения и твердения уложенной легкобетонной смеси.

Перемешивание должно обеспечить получение однородной, нераслаивающейся легкобетонной смеси, а также равномерное распределение цементного теста или раствора по поверхности зерен заполнителя.

Эти требования могут быть удовлетворены, если смесь правильно подобрана и хорошо перемешана. Как показали исследования и практика, интенсивность перемешивания зависит от применяемых для этой цели смесителей и от заданной подвижности смеси.

Следовательно, на однородность легкобетонной смеси, так же как и обычного тяжелого бетона, влияют вид смесителя, порядок загрузки компонентов и продолжительность перемешивания.

При наличии тяжелых заполнителей смесь может быть перемешана в смесителях свободного падения, тогда как для легких заполнителей обычно рекомендуют лопастные смесители принудительного действия.

Выбор перемешивания, как показали исследования А.Е. Десова, Г.Я. Кун-носа, Н.В. Михайлова и др., особенно эффективно для особо жестких, трудно перемешиваемых обычным способом бетонных смесей, а для легких бетонов, например, минерально-пенополистирольной смеси, из-за чрезвычайной легкости заполнителя не является эффективным методом.

Для легкобетонной смеси существует своя оптимальная продолжительность перемешивания, уменьшение или увеличение которой приводит к ухудшению качества смеси. Так, чрезмерное увеличение продолжительности перемешивания против оптимальной приводит к перетиранию слабых зерен заполнителя (или к смятию гранул пенополистирола) и, соответственно, меняет состав бетонной смеси, что приводит к утяжелению бетона.

В отличие от тяжелых бетонов, порядок загрузки компонентов легкобетона в смеситель играет особо важную роль в получении однородных, не расслаивающихся смесей.

Так, если при приготовлении тяжелых бетонов в смесителе периодического действия можно сначала подавать воду в количестве 15–20 % от всей воды затворения, а затем одновременно загружать цемент, заполнители и оставшуюся воду, то для легких бетонов такой порядок загрузки неприемлем.

Легкие заполнители имеют $Y_0 < 1 \text{ г/см}^3$ и способны всплывать в литьих и подвижных системах по окончании перемешивания, тем самым нарушая однородность смеси. Однако перемешивание «всухую» приводит к перетиранию слабых зерен и к изменению гранулометрического состава бетонной смеси.

Так, по данным И.У. Гейданса [10], для получения стиропорбетонной смеси в смесителях принудительного перемешивания компоненты смеси целесообразно вводить в следующем порядке: сначала все сухие компоненты (кроме гранул ПСВ), затем воду и добавки поверхностно-активных веществ (ПАВ), после чего смесь перемешивают еще в течение 3 мин, а при приготовлении поризованного стиропорбетона — не менее 10 мин. Затем добавляют гранулы пенополистирола и смесь перемешивают еще 6–8 мин. Однако и этот порядок загружения компонентов не позволяет получить равномерное распределение цементного теста или раствора на гранулах пенополистирола.

Формование легкобетонных смесей оказывает большое влияние как на объемную массу, так и на прочность легких бетонов.

Общепринятым положением считается, что прочность легкого бетона, как и тяжелого, зависит от количества и прочности содержащегося в нем цементного камня, обуславливающего толщину оболочек зерен заполнителя и прочность их контактов. Однако для крупнопористого бетона это положение не всегда правомерно. При обычной технологии приготовления бетонной смеси практически невозможно равномерно распределить цементное тесто, поэтому увеличение расхода цемента не всегда приводит к адекватному упрочнению межзерновых контактов. В то же время цементный камень вне контактов (в межзерновых пустотах крупнопористого бетона) бесполезен, так как прочность бетона он не увеличивает, а является лишь дорогостоящим балластом.

Существующие сегодня теплоизоляционные стиропорбетоны относятся к крупнопористым бетонам. Для заполнения объема пустот между гранулами заполнителя рядом авторов была предложена поризация цементного камня.

В 1963 г. фирмой BOSF для повышения однородности таких бетонов был рекомендован способ получения гранул типа «Mix», технология которых заключается в следующем.

Сначала гранулы перемешивают с раствором клейкого состава, в качестве которого могут использоваться водорастворимые синтетические полимеры типа эпоксидных смол, каучуковых латексов, ПВАД, жидкого стекла и др. Затем смоченные таким образом гранулы перемешивают с сухим порошком вяжущего и подсушивают.

Изделия получают смешиванием «опудренных» гранул с водой или с цементным раствором и последующим формированием при небольшом уплотнении.

В настоящее время для изготовления особо легких теплоизоляционных бетонов, в основном, применяют литьевую технологию.

По этой технологии смеси получают при значительном содержании воды ($B/C > 0,5$). Для стиропорбетона в настоящее время применяется эта технология, хотя, на наш взгляд, она не дает возможности получить однородную смесь из-за всплытия гранул пенополистирола. Кроме того, повышенное количество воды затворения сверх оптимального приводит к повышению капиллярной пористости, а следовательно, и к водопоглощению, к снижению прочности, водо- и морозостойкости.

Применение вибрационной технологии позволяет значительно понизить B/C , что влечет за собой снижение производственной и эксплуатационной влажности изделий, их водопоглощения и усадки. Кроме того, эта технология позволяет ускорить нарастание структурной прочности бетонной смеси, а значит, и сократить срок выдержки перед тепловлажностной обработкой, производить немедленную распалубку изделия после виброформования. Последнее значительно снижает металлоемкость производства и сокращает общий цикл изготовления продукции.

Кроме сказанного, к достоинствам вибротехнологии относятся плотность межгранульного материала и снижение капиллярной пористости, что ведет к увеличению долговечности изделий.

Однако до сих пор для приготовления особо легких бетонов вибротехнология почти не применяется, так как легкость гранул заполнителя приводит к расслоению бетонной смеси при вибрировании, разноплотности изделий по высоте формы, а также к перепрессовке минерально-пенополистирольной массы.

И все же значительные преимущества вибротехнологии по сравнению с литьевой заставляют подробнее остановиться на рассмотрении различных видов вибротехнологии и глубже изучить теорию виброформования изделий, состоящих из компонентов, резко отличающихся по объемной массе.

Задача уплотнения легкобетонной смеси сводится к тому, чтобы создать полную структуру в легком бетоне за счет уменьшения объема пор и более тесного сближения частиц составляющих. Неоднократно отмечалось, что смесь имеет свой оптимальный режим уплотнения. При этом особо подчеркивается, что при низких расходах цемента степень уплотнения оказывает большее влияние на качество теплоизоляционного легкого бетона, чем фактор прочности заполнителя.

Кроме того, авторы [11] указывают, что вибрирование можно рассматривать не только как метод механического уплотнения бетонной смеси, но и как средство воздействия на физико-химические процессы, способствующие активизации сил коагуляционного уплотнения цементного теста и гомогенизации бетонной смеси в целом. Поэтому вопросы теории вибрирования не могут быть сведены только к рассмотрению кинетики уплотнения различных фракций зерен заполнителей, так как

в этом процессе имеет значение и механизм коагуляционного уплотнения цементного теста.

До начала схватывания цементное тесто может рассматриваться как высокодисперсная система, которой присущи свойства упругопластично-вязких систем. При определенных условиях системы образуют коагуляционную структуру, способную сопротивляться сдвигу, сжатию, растяжению. При преодолении предельного напряжения сдвига τ_0 нарушается структурная связность системы, что обуславливает начало течения цементного теста.

В бетонной смеси крупные зерна твердой фазы (крупный и мелкий заполнители) не образуют связных систем и поэтому не оказывают непосредственное влияние на проявление тиксотропных свойств цементного теста при механических воздействиях. Роль зерен заполнителей заключается в том, что при механическом воздействии (вибрировании) они приходят в колебательное движение и могут дополнительно сближаться.

Таким образом, в результате вибрации в бетонной смеси одновременно происходят два процесса: тиксотропное разжижение цементного теста и изменение пространственной упаковки зерен заполнителей. Первый процесс облегчает проявление второго, так как зерна заполнителя, находящиеся в упругопластично-вязкой среде, не могут изменить свое пространственное взаиморасположение, пока эта среда не приобретет свойства вязкой жидкости.

Тиксотропное разжижение цементного теста может проявляться в том случае, если количество воды в нем обуславливает формирование связной системы, т.е. когда цементное тесто способно оказывать сопротивление сдвигу.

И.Н. Ахвердовым установлено, что в пределах водоцементных отношений 0,876—1,65 $K_{н,г}$ [11], определяющих границы структурной связности цементного теста, для его тиксотропного разжижения требуется различная по величине интенсивность механического воздействия. Чем больше воды, тем слабее структурные связи, и тиксотропное разжижение цементного теста возможно при меньшей интенсивности механического воздействия. Кроме жесткости смеси, на необходимую величину применяемого воздействия большое влияние оказывает крупность заполнителя. Это положение содержится в работах Р. Лермита [12], Г.Я. Кунноса [13—15] и свидетельствует о том, что «... вибрирование селективно и при определенной частоте колебания оно производит качественное уплотнение смеси только в определенном диапазоне крупности зерен, поскольку каждой крупности зерен соответствует некоторая собственная частота колебаний».

В работах Г.Я. Кунноса, В.В. Михайлова и др. [15—17] подробно рассмотрена энергия колебания частиц смеси и установлены зависимость между амплитудой колебания частицы смеси и зависимость между колебаниями виброплощадки, массой частицы рассматриваемой крупности,

Конец ознакомительного фрагмента.
Для приобретения книги перейдите на сайт
магазина «Электронный универс»:
e-Univers.ru.