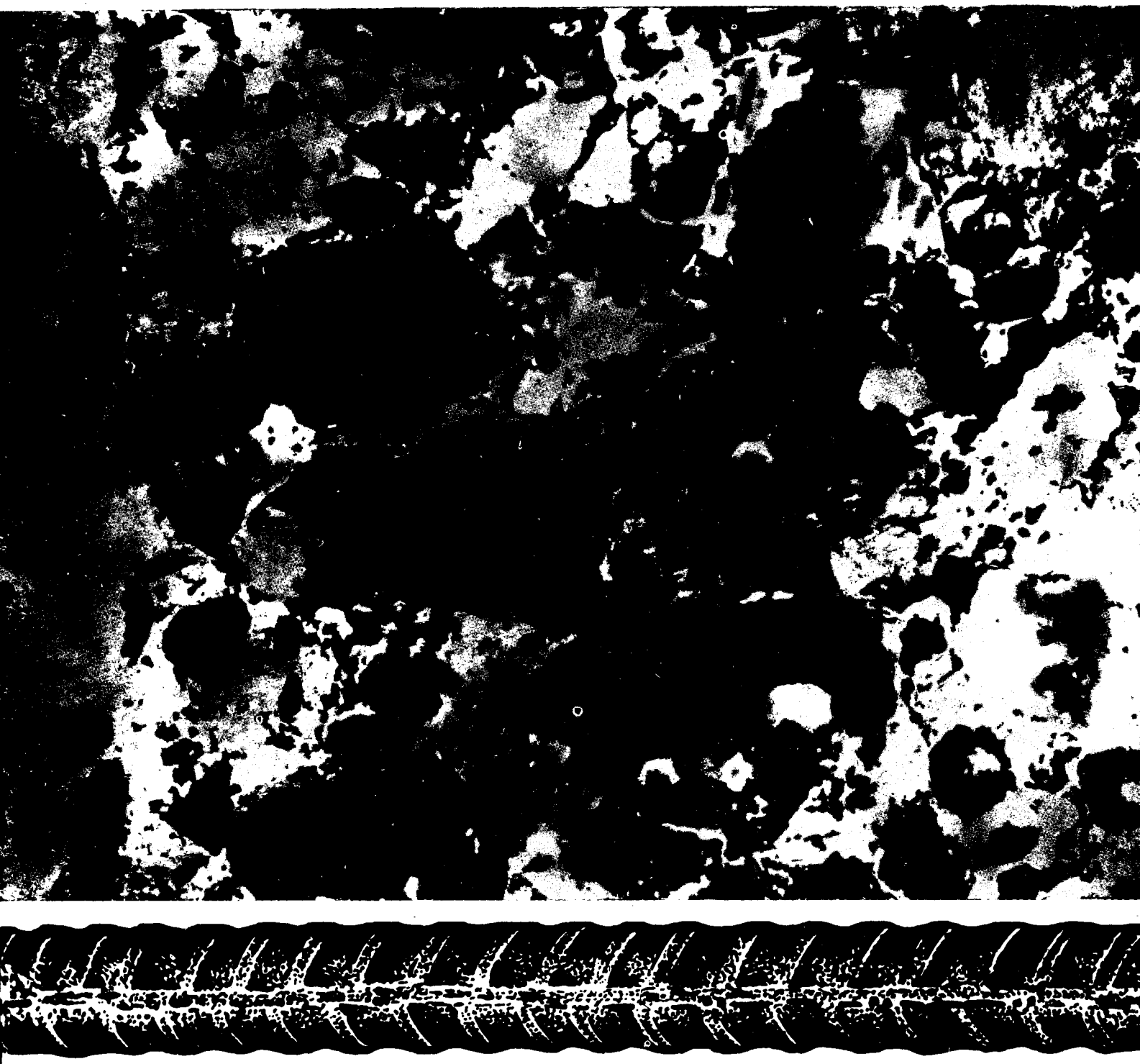
ISSN 0005-9889

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

6

1995



1995 № 6

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ВНИИЖЕЛЕЗОБЕТОН

предлагает заинтересованным предприятиям

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩУЮ ТЕХНОЛОГИЮ ТЕРМООБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТНО-ИЗОЛИРОВАННОГО БЕТОНА

Технология предназначена для замены традиционного пропаривания изделий и конструкций современными энергоэкономичными способами термообработки с ограничением испарения влаги из бетона экологически чистыми пленкообразующими составами типа "ВПС".

Технология включает: распыление на испаряющую поверхность свежеотформованных изделий жидкого пленкообразующего состава; формирование влагоизолирующего покрытия; ускоренное твердение изделий в воздушно-сухой среде.

Технология обеспечивает:

- сохранение в бетоне 95—98% воды затворения при воздушно-сухом, кондуктивном (в термоформах), индукционном и гелиопрогреве;
- экономию энергоресурсов на 30—100%, цемента на 10—20%;
- сокращение цикла или температуры термообработки в 1,5—2 раза;
- повышение проектной прочности бетона на 20—40%, морозостойкости в 1,5—2 раза, уменьшение усадки в 2—3 раза;
- последующую отделку, окраску и омоноличивание обработанной поверхности изделий.

ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫЙ СОСТАВ (ЗДС) ДЛЯ ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОЙ ЧЕРЕПИЦЫ

Предназначен для защитной и декоративной отделки черепицы в заводских и построечных условиях. Производится на основе пигментированного акрилсодержащего сополимера в органических растворителях.

Наносится распылением на лицевую поверхность черепицы. Расход — 200—300 г/м^2. Время пленкообразования при 20°С не более 20 часов. Цвет от белого до красно-коричневого, зеленого.

Технические характеристики

Условная вязкость при 20°С по ВЗ-4, с, не более	110
Массовая доля нелетучих веществ, %, не менее	65
Прочность пленки при ударе по У-1, см, не менее	40
Морозостойкость пленки по второму методу ГОСТ 10060, не менее	50

ЗДС обеспечивает повышенные эстетические и защитные свойства черепицы, высокую атмосферостойкость, возможность исключения объемного пигментирования черепицы.

Предлагаются: научно-техническая документация, техническая помощь во внедрении, поставка составов.

Обращаться:
111524, Москва, ул. Плеханова, 7,
тел. (095) 306-34-11, 176-75-05, Топильский Г.В., Фролова Л.Н.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

6 (477)

Декабрь 1995

с апреля 1955 г.

Учредители:
ВНИИжелезобетон, НИИЖБ, АК «Полимод»

СОДЕРЖАНИЕ

Бетоны

Каприелов С.С., Шейнфельд А.В. Новый метод производства текучих концентрированных суспензий из микрокремнезема 2
Орловский Ю.И., Семченков А.С., Записоцкий П.В., Ращинский В.Н. Термические свойства и совместимость серных бетонов с арматурой 6
Айрапетов Г.А., Ужахов М.А. Особенности структуры керамзитобетона на горячем заполнителе 9
Гнатусь А.Н. О гидравлической активности цементно-дацитовых вяжущих для легких бетонов 11

Вопросы реконструкции и восстановления

Мойрер Р., Ездаков А.Б., Никитин Ю.А., Гузеев Е.А. Восстановление автотранспортной эстакады 14

Долговечность

Крашенинников О.Н., Степанова В.Ф. Коррозионная стойкость арматуры в бетоне на нефелиновых заполнителях 16

Теория

Прокопович И.Е., Щербаков Е.Н. О концепции приведенного времени в уравнениях семейства кривых ползучести бетона 19
Иссерс Ф.А., Лемыш Л.Л., Лаковский Д.М., Эренбург В.М. Регулирование усилий в статически неопределимых изгибаемых конструкциях 25

Информация

Михайлов К.В., Маркаров А.Н. 2-я конференция межрегиональной Ассоциации "Железобетон" 28
Римшин В.И. Достижения науки — в практику строительства 30

Москва

Издательство литературы по строительству

© Стройиздат, журнал "Бетон и железобетон", 1995

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 691.27

С.С. КАПРИЕЛОВ, А.В. ШЕЙНФЕЛЬД, кандидаты техн.наук (НИИЖБ)

Новый метод производства текучих концентрированных суспензий из микрокремнезема

Как известно, микрокремнезем (МК) может поставляться на строительный рынок в трех отпускных формах: в неуплотненном сухом состоянии, в уплотненном сухом состоянии и в виде пасты — концентрированной суспензии [1, 2].

Способы приготовления пасты концентрацией выше 50% основаны на повышении агрегативной устойчивости суспензий за счет введения в их состав стабилизаторов в виде кислот (например, серной, соляной и уксусной) с целью снизить pH до уровня 4...5 или хилатирующих агентов (например, диэтилендиамин тетрауксусной кислоты (ЭДТА) или ее солей) [3].

Приготовленные указанными способами пасты неудобны для транспортирования в больших металлических емкостях (например, в железнодорожных цистернах), как из-за низкого pH, что может стать причиной коррозии металла, так и из-за недостаточной текучести.

В НИИЖБе разработан метод приготовления паст, основанный на стабилизации, т.е. предотвращении гелеообразования суспензии и повышении ее текучести за счет введения стабилизатора, условно обозначенного ФОК-2. Главными его компонентами являются комплексообразующий агент нитрилотриметиленфосфоновая кислота $[N(CH_2P(O)(OH)_2)_3]$ и водорастворимый полимер (суперпластификатор С-3).

Были исследованы свойства пасты, приготовленной по новой технологии, а также оценены подвижность бетонной смеси и прочность бетона с добавками МК в виде различных паст.

Важную роль в процессе загустевания водных суспензий из ультрадисперсного кремнезема играет реакция поликонденсации $(OH)_3Si—OH + nHO—Si(OH)_3 — [(HO)_3Si—O—Si(OH)_2]_n + H_2O$, которая сопровождается образованием силоксановых связей, ростом коллоидных частиц и гелеобразованием, т.е. снижением агрегативной устойчивости системы [6]. Так как МК содержит, кроме кремнезема, оксиды железа, кальция, магния, алюминия, при гидратации происходит образование полимерных цепочек типа (—Si—O—M—O—Si—), где M — Ca^{++}, Al^{+++}, Fe^{+++}, Mg^{++} [7].

Такие цепочки, которые могут быть как линейными, так и трехмерными, являются дополнительным фактором, приводящим к агрегированию частиц и гелеобразованию, т.е. к загустеванию суспензий. Поэтому для стабилизации последних необходимо устранить и этот фактор, т.е. блокировать катионы металлов. Таким образом, для стабилизации суспензий из МК необходимо предупредить или

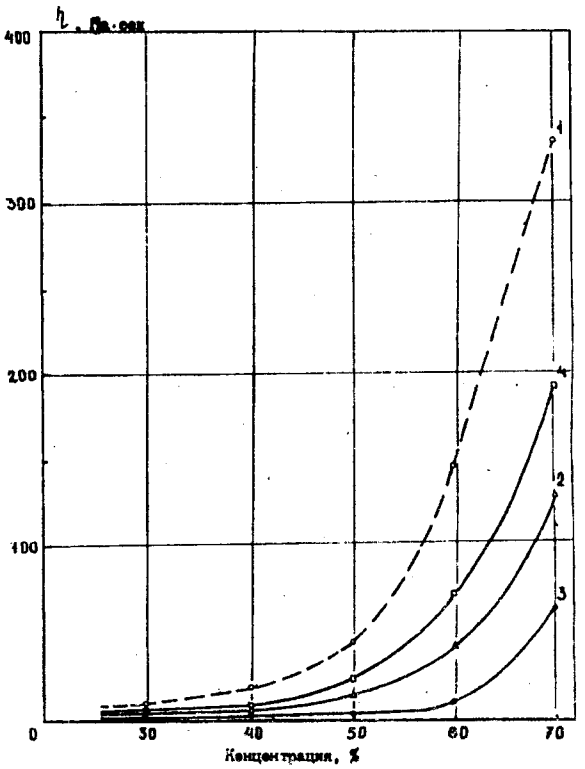


Рис. 1. Вязкость суспензий с микрокремнеземом в зависимости от их концентрации и вида стабилизатора

1 — без стабилизатора; *2* — со стабилизатором H_2SO_4; *3* — со стабилизатором ФОК-2; *4* — со стабилизатором ЭДТА

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

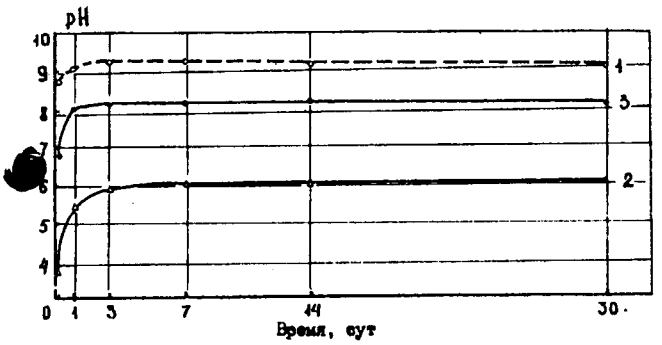


Рис. 2. Кинетика изменения pH суспензий с микрокремнеземом в зависимости от вида стабилизатора
1 — без стабилизатора; *2* — со стабилизатором H_2SO_4; *3* — со стабилизатором ФОК-2

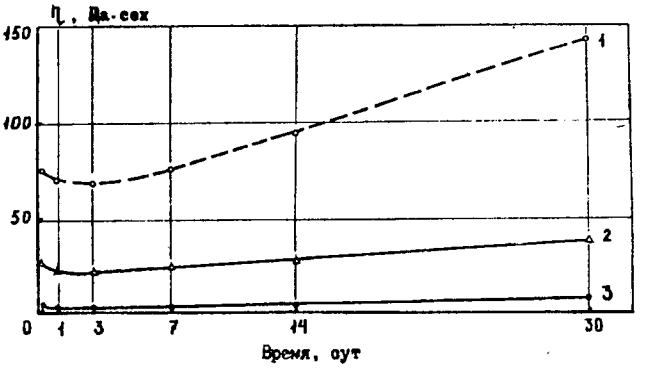


Рис. 3. Кинетика изменения вязкости суспензий с микрокремнеземом в зависимости от вида стабилизатора (обозначения кривых см. на рис. 2)

замедлить образование силоксановых связей и полимерных цепочек. Этого можно достичь, во-первых, за счет ионных зарядов, что обеспечивает удержание частиц порознь из-за сил отталкивания, и, во-вторых, за счет образования адсорбционной пленки из инертного вещества, которая позволит блокировать (изолировать) поверхность частиц друг от друга, а также предотвратить прямой контакт силанольных групп между собой и полимеризацию. Как известно, первый случай в чистом виде представляет собой электростатическую стабилизацию, а второй — стерическую.

Суспензии из МК являются достаточно сложными системами, поэтому естественно ожидать, что в них в большей или меньшей степени могут проявляться оба указанных явления. Преобладание одного из них придает системе характерные свойства.

В настоящей работе определяли влияние разных стабилизирующих агентов на изменение вязкости водных суспензий с концентрацией МК от 30 до 70%. Затем на образцах суспензий концентрацией 55% исследовали влияние разработанного стабилизатора на основные характеристики, отражающие механизм разжижения и стабилизации суспензий (pH, электрокинетический потенциал), и на свойства, характеризующие консистенцию (вязкость, агрегативная устойчивость). Кроме того, исследовалось влияние МК в виде пасты на подвижность бетонных смесей и твердение бетонов.

Величина pH определялась на разбавленных до 10%-ной концентрации суспензиях. Электрокинетический потенциал определяли при температуре 22±1°С на приборе Laser Zee Meter TM Model 400 с диапазоном измерений — 100 мВ...+100 мВ, позволяющим по принципу микроэлектрофореза оценить потенциал коллоидных частиц размером 0,1...50 мкм.

Вязкость определяли на ротационном вискозиметре с зазором между коаксиальными цилиндрами 2,1 мм при градиенте скорости сдвига 1,05 $с^{-1}$ и температуре (22±1)°С.

Агрегативную устойчивость оценивали методом седиментационного анализа с использованием фотоседиментографа Lumosed по изменению интенсивности светового потока, проходящего сквозь кювету с образцом суспензии за определенный период времени. Образцы суспензий, помещенные в кювету, разбавляли до 5%-ной концентрации. Это позволило определить концентрацию суспензии по высоте кюветы, а также, благодаря математическим преобразованиям по формуле Стокса, найти диаметр и массовое содержание агрегатов.

При проведении исследований использовали материалы: микрокремнезем, соответствующий марке МК-85 по ТУ 7-249533-01-90 "Микрокремнезем конденсированный. Технические условия"; портландцемент М400 Воскресенского завода; щебень гранитный фракции 5...20 мм; кварцевый песок с $М_к$ 2,1; суперпластификатор С-3 Новомосковского завода.

Суспензии концентрацией от 30 до 70% с добавкой стабилизатора ФОК-2 сравнивали с контрольными образцами (без стабилизатора) и с образцами, содержащими серную кислоту и динатриевую соль ЭДТА. Дозировки стабилизаторов в составе всех образцов паст были следующие: серной кислоты — 0,5%, динатриевой соли ЭДТА — 0,5%, ФОК-2 — 0,25% массы МК. Все образцы готовили перемешиванием неуплотненного МК с водой или с раствором стабилизатора расчетной концентрации.

Приготовленные образцы пасты хранили в плотно закрытых сосудах при температуре (22±1)°С в течение всего периода испытаний (30 сут).

На рис. 1 приведены данные о вязкости паст через 1 ч после приготовления. Пасты с добавкой ФОК-2 отличаются от других образцов сравнительно низкой вязкостью. Это отличие особенно проявляется с увеличением концентрации. При концентрации около 55% можно заметить более интенсивный изгиб кривой 3, что свидетельствует о своеобразном "пороге" концентрации пасты, ниже которого вязкость с добавкой ФОК-2 невелика и практически не меняется, но выше которого заметно возрастает. В связи с этим для дальнейшего анализа нам представляется удобным использовать

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

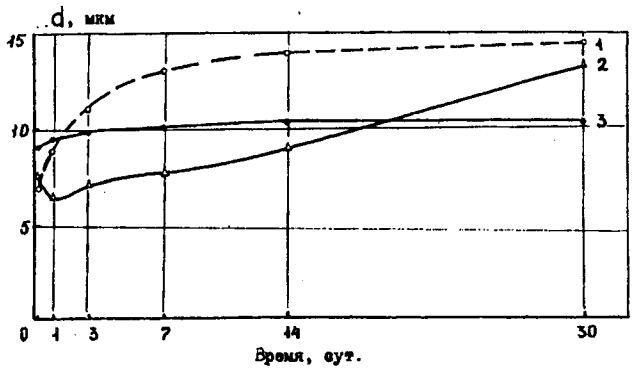


Рис. 4. Кинетика изменения характеристического размера агрегатов частиц микрокремнезема в суспензии в зависимости от вида стабилизатора (обозначения кривых см. на рис. 2)

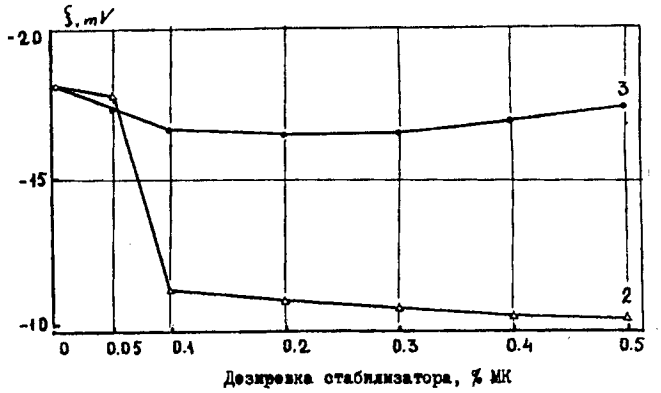


Рис. 5. Изменение электрокинетического потенциала суспензий из микрокремнезема в зависимости от вида и дозировки стабилизатора (обозначения кривых см. на рис. 2)

данные испытаний образцов паст 55%-ной концентрации.

Учитывая то, что из выбранных стабилизаторов наименее эффективным понизителем вязкости оказалась динатриевая соль ЭДТА (кривая 4, рис. 1), последующие испытания проводили на пастах с добавкой двух стабилизаторов: серной кислоты и ФОК-2.

Изменение pH жидкой фазы в зависимости от времени хранения приведено на рис. 2. Общим для всех образцов паст является резкое изменение величины pH в первые часы с момента приготовления. Это объясняется тем, что из МК вымываются в жидкую фазу элементы, имеющие основный характер (катионы Ca^{++}, Mg^{++}), которые, имея сильнощелочную реакцию, повышают pH системы. В дальнейшем наступает относительное равновесие, и величина pH в течение 30 сут изменяется незначительно. При этом следует отметить, что в образце пасты с ФОК-2 жидкая фаза, в отличие от пасты с серной кислотой, имеет слабощелочной характер.

Введение в состав суспензий стабилизаторов значительно снижает вязкость паст, что особенно ярко проявляется со временем (рис. 3). Наиболее стабильными свойствами обладает образец 3 с добавкой ФОК-2, консистенция которого при хранении в течение 30 сут практически не повышается. Причем это наблюдается при условии, когда величина pH суспензии сравнительно высокая.

При седиментационном анализе образцов суспензий была получена информация об изменении гранулометрического состава твердой фазы в пастах. Для наглядной иллюстрации процесса агрегации твердой фазы данные о гранулометрическом составе паст были преобразованы в соответствии с уравнением Розина—Раммлера [4, 5]. В результате были выявлены характеристические размеры частиц и агрегатов твердой фазы в разных образцах паст. Характер кривых, приведенных на рис. 4, показывает, что размер частиц и агрегатов в пастах с ФОК-2 со временем изменяется в более узком интервале (от 8 до 10 мкм), что свидетельствует о повышенной, по сравнению с другими образцами, агрегативной устойчивости и стабильной консистенции.

Данные об изменении электрокинетического потенциала суспензий в зависимости от вида стабилизатора показывают, что серная кислота изменяет величину заряда более существенно, чем ФОК-2 (рис. 5). Становится очевидным, что в пастах с добавкой серной кислоты доминирует электростатический механизм стабилизации: на рис. 5 заметно резкое изменение величины дзетта-потенциала, которое связано со сравнительно низкой величиной pH.

В пастах с добавкой ФОК-2 преобладает стерический механизм, что выражается в незначительном изменении величины дзета-потенциала при повышенном pH. Комплексообразующий агент (ФОК-2), в механизме действия которого преобладает стерический эффект, представляется более эффективным средством повышения агрегативной устойчивости суспензий из МК. Это прежде всего подтверждается данными рис. 4 об изменении характеристических размеров частиц и агрегатов во времени (узкий диапазон изменения размеров в суспензии с ФОК-2 — свидетельство повышенной устойчивости), а также низкой вязкостью (см.рис. 1 и 2) и слабощелочным характером жидкой фазы (см.рис. 3).

Очевидно, что ФОК-2 выполняет следующие функции. Во-первых, он связывает катионы металлов в устойчивые малорастворимые комплексы, экранируя эти катионы и не давая возможности образовывать линейные и трехмерные цепочки. Во-вторых, образованные комплексы модифицируют двойной электрический слой на поверхности частиц МК, стабилизируя агрегатное состояние суспензии на сравнительно длительный срок.

Результаты испытаний бетонных смесей и бетонов одинакового состава с добавкой МК приведены на рис. 6 и 7. Бетонные смеси готовили с использованием МК в сухом неуплотненном состоянии, а также в виде паст 55%-ной концентрации. Все четыре образца бетонных смесей

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

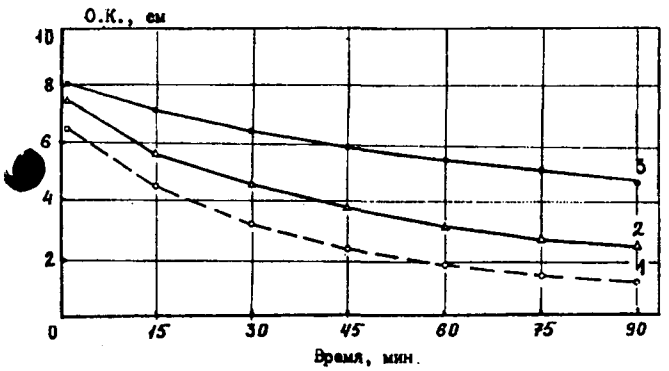


Рис. 6. Сохраняемость бетонных смесей с суспензиями из микрокремнезема 55%-ной концентрации в зависимости от вида стабилизатора (обозначения кривых см. на рис. 2)

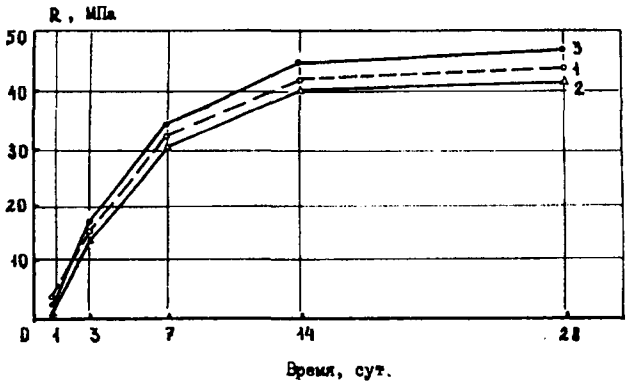


Рис. 7. Кинетика твердения бетона с добавкой суспензии из микрокремнезема 55%-ной концентрации в зависимости от вида стабилизатора (обозначения кривых см. на рис. 2)

имели одинаковый состав (кг/м^3): цемент — 320; МК — 32 (в расчете на сухой материал); песок — 720; щебень — 1140; вода — 165; суперпластификатор — 0,7% (Ц + + МК). Подвижность всех смесей сразу после приготовления была в диапазоне от 6 до 8 см.

При приготовлении бетонных смесей с добавкой МК в виде паст присутствующая в них вода учитывалась в общем количестве воды затворения. Подвижность бетонных смесей оценивали во времени испытанием образцов смесей, хранящихся при 95%-ной влажности в течение 1,5 ч. Прочность бетонов определяли испытанием кубов размером 10x10x10 см, твердевших в нормальных температурно-влажностных условиях.

Отметим, что бетонные смеси с добавкой пасты ФОК-2 обладают более высокой подвижностью, чем смеси с добавками неуплотненного МК и пасты на основе серной кислоты. Потеря подвижности таких смесей со временем (в течение 1,5 ч) меньше, чем у аналогичных смесей (кривые 1 и 2 на рис. 6). Это представляется важным технологическим преимуществом. Из приведенных на рис. 7 данных видно, что применение в качестве стабилизатора суспензий серной кислоты снижает активность МК: прочность бетона во все сроки твердения меньше контрольного уровня на 3...5%.

Присутствие в жидкой фазе суспензий из МК комплексообразующего агента предопределяет поведение цементной системы. Связывание катионов Ca^{++} и Al^{+++}, оказавшихся в жидкой фазе при гидролизе силикатов и алюминатов клинкера, в устойчивые комплексы замедляет сроки схватывания цементного теста и формирование структуры цементного камня в раннем возрасте. Это способствует сравнительно высокой подвижности бетонных смесей при длительном хранении, а также отражается на скорости твердения бетона: в возрасте 3 сут она меньше, чем в контрольных образцах, а впоследствии увеличивается на 15...20%.

Разработанный метод явился основой технологии производства микрокремнезема в виде пасты, которая создана на Челябинском электрометаллургическом комбинате, а также технологической линии по производству бетонов на заводе № 3 комбината Мосинжбетон в Москве, которая эксплуатируется с 1 квартала 1995 г.

Выводы

1. Разработан метод получения паст из МК с использованием в качестве стабилизатора комплексообразующего агента ФОК-2 на основе нитрилотриметиленфосфоновой кислоты и суперпластификатора С-3. Полученные по такому методу пасты отличаются пониженной вязкостью (повышенной текучестью) при слабощелочном характере жидкой фазы и стабильной во времени консистенцией. Это позволяет транспортировать пасту концентрацией выше 50% в больших емкостях, например в железнодорожных цистернах.

2. Основными процессами в механизме стабилизации паст с ФОК-2 являются:

связывание катионов металлов на поверхности частиц МК в малорастворимые комплексы, которые не дают возможности образовываться линейным и поперечным цепочкам, способствующим снижению устойчивости и гелеобразованию;

модифицирование двойного электрического слоя на поверхности частиц МК, что повышает агрегатное состояние и седиментационную устойчивость суспензий.

3. Главными особенностями бетонных смесей и бетонов с добавкой пасты из МК на основе ФОК-2 являются:

повышенная подвижность бетонных смесей и меньшая степень потери подвижности при хранении в течение 2 ч;

замедленная кинетика твердения бетонов в возрасте до 3 сут, которая впоследствии интенсифицируется, компенсируя сравнительно низкую прочность в ранние сроки.

Библиографический список

1. Hollang, T.C. "Working with Silica Fume in Ready-Mixed Concrete-USA Experience". CANMET/ACI Third International

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Conference. Trondheim, Norway, 1989, Proceedings V. 2, pp. 763—781.

2. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Газизулин В.М., Воронов Ю.И. Эффективный путь утилизации ультрадисперсных продуктов газоочистки печей. //Сталь. — 1992. — № 15. — С. 83—85.

3. Cornwell, Ch.E. et al. "Method of Producing Stabilized Aqueous Dispersions of Silica Fume". US Patent 4, 321, 243. C01B 33/141, Mar. 23, 1982.

4. Андреев С.Е., Товаров В.В., Перов В.А. Закономерности измельчения и исчисления характеристик гранулометрического состава. — М.: Металлургиздат, 1959, С. 437.

5. Heywood, H. "Numerical definitions of particle size and shape". Chemistry and Industry, 1973, February, V. 56, N 7.

6. Айлер Р.К. Химия кремнезема. — М.: Мир, 1982, часть 1.

7. Шалинец А.Б., Стрижев Н.К. Исследование механизма действия химических реагентов на цементные растворы. //Журнал прикладной химии. — М. — 1979, — № 1, С. 111.

УДК 691.058.2

Ю.И. ОРЛОВСКИЙ, д-р техн.наук (Львовское НПП "Громада"); А.С. СЕМЧЕНКОВ, д-р техн.наук (НИИЖБ); П.В. ЗАПИСОЦКИЙ, инж. (трест Сургутнефтегаз); В.Н. РАЩИНСКИЙ (Государственный университет "Львовская Политехника")

Термические свойства и совместимость серных бетонов с арматурой

Известно, что в основу исследований и систематизации термических свойств бетона положены такие важнейшие характеристики, как строение и фазовый состав [1]. Бетоны на основе портландцемента имеют капиллярно-пористое строение с наличием ряда дефектов, таких, как температурные и усадочные трещины, а скелет бетона представляет собой конгломератную структуру, состоящую из различных компонентов, отличающихся температурными деформациями.

В структуре бетона на основе серного связующего отсутствуют система сообщающихся пор и капилляров, а также трещины, вызванные усадкой бетона. Таким образом, в серном бетоне исключена потенциальная возможность заполнения пор водой и льдом, а следовательно, фазовый состав такого бетона характеризуется наличием внутреннего скелета и паровоздушной среды. С другой стороны, коэффициент линейного температурного расширения (КЛТР) серы значительно выше, чем портландцементного камня, что существенно сказывается на температурных деформациях серных бетонов и возможности появления в них температурных трещин как на стадии изготовления изделий, так и при их эксплуатации. В связи с этим возникает необходимость оценки термической совместимости как отдельных компонентов скелета, так и бетона при его армировании.

Рассмотрим процесс теплового расширения серного бетона. Каждая из составных его частей, взятая в отдельности, имеет свой КЛТР. Примем следующие обозначения: α_1 и V_1 — КЛТР и объем серы, занимаемый ею в бетоне; α_2 и V_2 — то же, наполнителя; α_3 и V_3 — то же, мелкого заполнителя (песка); α_4 и V_4 — то же, крупного заполнителя (щебня); $\alpha_{см}$ и $V_{см}$ — то же, серной мастики (сера + наполнитель); α_{bt} — КЛТР серного бетона. Объем бетона в расчетах обычно принимают равным 1.

Вначале рассмотрим КЛТР серного связующего. Известно, что сера является весьма термочувствительным веществом и в серном бетоне может быть в виде двух модификаций: кристаллической и полимерной. Существенные различия физико-химических свойств этих модификаций при изготовлении бетона на их основе позволяют в широких пределах изменять его физико-механические и физико-химические характеристики [2, 3]. Следовательно, термические свойства бетона во многом зависят как от содержания серы в объеме скелета бетона, так и от ее модифицированного состояния.

Влияние последнего из названных факторов на КЛТР показано в работе [2]. Исследования, проведенные на кварцевых дилатометрах, показали, что КЛТР полимерной серы ниже, чем кристаллической, и состав-

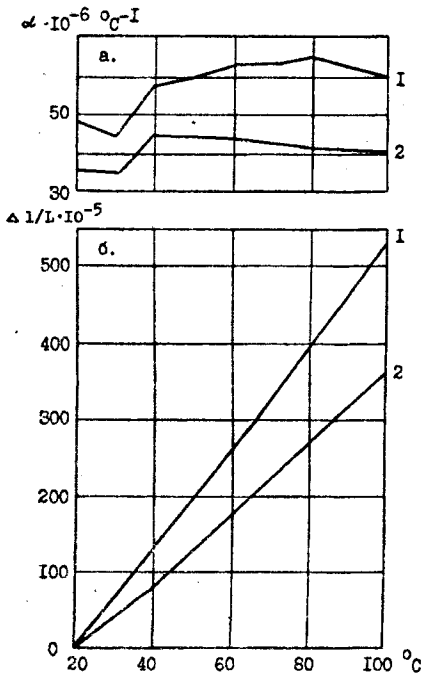


Рис. 1. Тепловое расширение серы
а — зависимость КЛТР от температуры; *б* — дилатометрическая кривая
1 — сера кристаллическая; *2* — сера полимерная

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

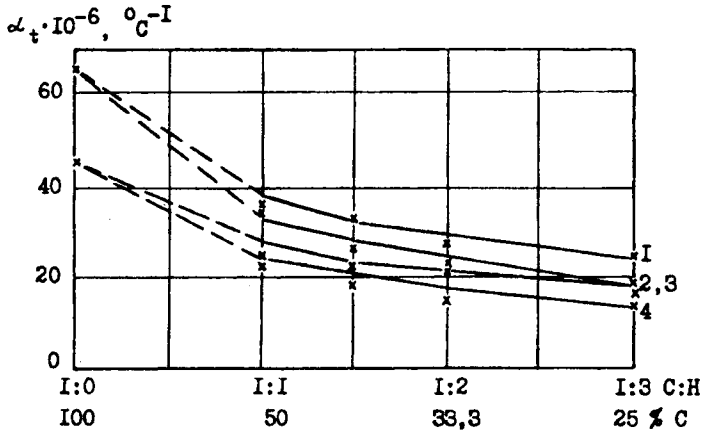


Рис. 2. Зависимость КЛТР серной мастики от степени наполнения серы

1, 2 — мука кварцевая и известняковая, сера кристаллическая; *3, 4* — то же, сера полимерная

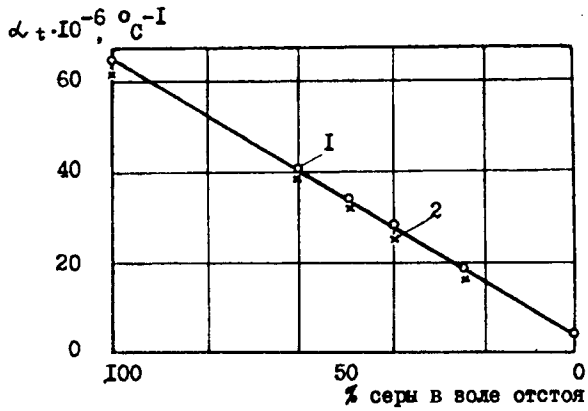


Рис. 3. Зависимость КЛТР золы отстоя от содержания элементарной серы

1 — расчет по закону смесей; *2* — опытные данные

ляет в среднем $45 \cdot 10^{-6}$ $^oC^{-1}$ и выше (рис. 1). Для сравнения, цементный камень имеет величину КЛТР порядка $(11,2...12,6) \cdot 10^6$ $^oC^{-1}$ [1]. Существенное влияние на КЛТР серы оказывает температура. Так, в интервале +15...+100°С КЛТР кристаллической серы изменяется от $57 \cdot 10^{-6}$ до $117 \cdot 10^{-6}$, полимерной — от $35 \cdot 10^{-6}$ до $85 \cdot 10^{-6}$ (в зависимости от аллотропного состояния).

По мере наполнения серного связующего минеральными наполнителями КЛТР смеси (серной мастики) изменяется в сторону снижения, так как все известные минеральные наполнители имеют КЛТР значительно ниже, чем сера. На рис. 2 и в табл. 1 приведены результаты исследования влияния степени наполнения серы на величину КЛТР серной мастики с использованием кварцевой и известняковой муки. Одновременно этот показатель определялся расчетным путем с использованием закона смесей как для двухкомпонентной системы

$$\alpha_{см} = (\alpha_1 V_1 K_1 + \alpha_2 V_2 K_2) / (K_1 V_1 + K_2 V_2), \quad (1)$$

где K_1 и K_2 — модули объемного сжатия серы и серной мастики.

Из приведенных результатов видно, что опытные и расчетные величины этого показателя имеют хорошую сходимость в пределах +5...+14%. Наполнение серы мукой во всех случаях уменьшило КЛТР серной мастики на 22...22,5%. При этом введение в серу кварцевой муки снизило КЛТР кристаллической серы на 42...63, полимерной — на 40...58%. Замена ее на известняковую — соответственно на 47...71 и 47...70% в зависимости от степени наполнения.

Эти данные свидетельствуют о том, что вид минерального наполнителя оказывает значительное влияние на величину КЛТР серной мастики, а следовательно (по мере введения в систему минеральных заполнителей), и на КЛТР бетона. В серных бетонах наполнитель и заполнители занимают до 88% всего объема скелета, поэтому не безразлично, какие их виды следует использовать в бетоне для получения значений КЛТР, приближающихся по величине этого показателя к цементным бетонам и стальной арматуре.

Анализ работ, посвященных исследованию КЛТР различных минералов и пород, показал, что силикатные породы (кварцит, песчаник, гранит и др.) характеризуются максимальными значениями порядка $(6,5...12,5) \cdot 10^6$; карбонатные (известняк, мрамор, доломит и др.) — минимальными порядка $(3,5...8) \cdot 10^{-6}$ $^oC^{-1}$. Как правило, КЛТР традиционных минеральных заполнителей для бето-

Таблица 1

С:Н	Кварцевая мука SiO_2			Известняковая мука, $CaCO_3$		
	опыт	расчет	α_0/α_p	опыт	расчет	α_0/α_p
1:0	65	–	–	65	–	–
1:1	36,2	37,8	0,96	35,5	34,3	1,04
1:1,5	33,5	32,4	1,03	27,0	28,1	0,96
1:2	27,1	28,7	0,94	22,1	24,0	0,92
1:3	25,3	24,2	1,05	16,8	18,9	0,89
1:0*	45	–	–	45	–	–
1:1*	25,2	27,8	0,91	23,2	24,3	0,96
1:1,5*	23,1	24,3	0,95	18,0	21,0	0,86
1:2*	23,0	22,1	1,04	15,3	17,3	0,88
1:3*	17,2	19,2	0,90	14,2	13,9	1,02

Примечания. Опытные и расчетные КЛТР серной мастики определены для интервала +21...+50°С, $\alpha \cdot 10^6$ $^oC^{-1}$.

* Образцы серной мастики на сере, модифицированной 5% дициклопентадиена.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

нов меньше, чем цементного камня.

Исследования бетонов различного вида и состава, проведенные по методике [4], показали, что КЛРТ у всех видов бетонов зависит от вида заполнителей, а у серных бетонов, кроме того, — от количества и модифицированного состояния серы. Поскольку серные бетоны не содержат гигроскопической воды, а их водопоглощение незначительное (до 0,5%), влияние влажности бетона на КЛТР практически не проявляется. Кроме того, в серных бетонах отсутствуют гидратационные процессы и прочность остается неизменной, следовательно, и возраст бетона не влияет на величину этого коэффициента.

Наиболее наглядно прослеживается влияние вышеназванных факторов на КЛТР серного бетона при рассмотрении результатов соответствующего исследования бетонов на основе серосодержащих отходов производства серы из известняковых руд Предкарпатских месторождений — отходов флотации и золы отстоя [5]. Такие бетоны состоят из элементарной серы, содержащейся в отходах, подобранной по гранулометрическому составу смеси отходов с использованием фракций менее и более 0,14 мм, и гранитного щебня. Минеральная составляющая отходов состоит в основном из SiO_2 и $CaCO_3$, которые имеют КЛТР соответственно $10{,}6 \cdot 10^{-6}$ и $3{,}5 \cdot 10^{-6}$ $^{o}C^{-1}$, т.е. у известняка этот коэффициент в 3 раза ниже, чем у кварца. Содержание элементарной серы в золе отстоя находится в пределах 40...60, а в отходах флотации — 1,5...5,4% по массе. Учитывая, что эталонный состав серного бетона содержит 12% серы, пришлось осуществить корректировку содержания составляющих по отношению к сере по методике, изложенной в [5].

Таблица 2

Вяжущее	Вид щебня	$\alpha_{bt} \cdot 10^{-6}$, $^{o}C^{-1}$	$\frac{\alpha_{bt}}{\alpha_{st}}$
Портландцемент	Кварц	11,9	0,99
	Песчаник	11,7	0,98
	Гравий	10,8	0,90
	Гранит	9,5	0,79
	Базальт	8,6	0,72
	Известняк	6,8	0,57
Кристаллическая сера	Гранит Песок Кварц	14,6	1,22
Полимерная сера	То же	12,5	1,04
Зола отстоя	Гранит Песок Известняк	13,3	1,11

Предварительно были проведены дилатометрические исследования по установлению влияния содержания серы на КЛТР золы отстоя, являющейся основной составляющей бетона. Выяснилось, что этот показатель у золы отстоя прямо пропорционален содержанию в ней серы (рис. 3). Поскольку основную часть минерального остатка в отходах представляет известняк, последний и сера определяют величину КЛТР, которая при содержании серы 25% находился в пределах $18{,}2 \cdot 10^{6}$ $^{o}C^{-1}$. Дополнение системы гранитным щебнем с КЛТР порядка $(6{,}5...8{,}5) \cdot 10^{-6}$ $^{o}C^{-1}$ в количестве 52% снизило величину этого коэффициента до $13{,}3 \cdot 10^{-6}$. Эталонный состав, включающий серу (12%), кварцевую муку (12%), кварцевый песок (24%) и гранитный щебень фракций 5...10 мм (52%) имел КЛТР, равный $14{,}6 \cdot 10^{-6}$ $^{o}C^{-1}$, что на 9% выше, чем у рабочего состава с использованием отходов серного производства.

Таким образом, из приведенных данных видно, что КЛТР бетонов колеблется в значительных пределах и зависит от вида минеральных составляющих бетона и вяжущего. Следует заметить, что СНиП рекомендует принимать КЛТР в среднем равным $10 \cdot 10^{-6}$ $^{o}C^{-1}$, что является неоправданным допущением, а для серных бетонов такой подход к назначению этого показателя вообще неприемлем. В табл. 2 приведены величины КЛТР для цементных и серных бетонов по данным [6] и авторов настоящей статьи. Как показывают результаты экспериментов и расчеты, с достаточной точностью величины КЛТР для серных бетонов различных составов можно определять на основе зависимости $\alpha_{bt} = (\alpha_{см} V_{см} + \alpha_3 V_3 + \alpha_4 V_4)/(V_{см} + V_3 + V_4)$. Для этого надо знать КЛТР отдельных составляющих и их содержание в объеме бетона.

Для бетонов, армированных стальной арматурой, их термическая совместимость со сталью является важным условием надежной работы конструкций при воздействии температур. КЛТР стальной арматуры составляет $12 \cdot 10^{-6}$ $^{o}C^{-1}$. В то же время из табл. 2 видно, что цементные бетоны характеризуются величинами КЛТР, меньшими или одинаковыми со сталью, а серные бетоны, наоборот — большими на 5...18%. Такое различие при воздействии температур создает в бетоне отличающиеся по знаку напряжения, что следует учитывать при расчете армированных конструкций на температурные воздействия.

Критерием совместимости КЛТР бетона и арматуры является отношение $\alpha_{bt}/\alpha_{st} = 1$,

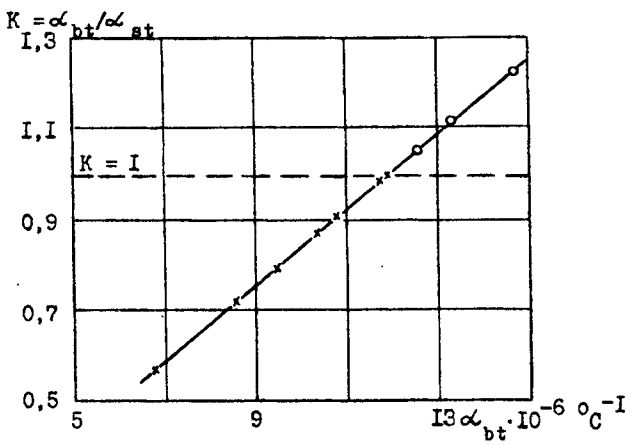


Рис. 4. Зависимость критерия совместимости бетона и стальной арматуры от КЛТР цементных и серных бетонов

Условные обозначения: x — цементные бетоны; o — серные бетоны

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

которое предполагает равенство КЛТР обоих материалов. Из графика (рис. 4) видно, что для цементных бетонов этот критерий ≤ 1, для серных — > 1.

Выводы

Отсутствие в серных бетонах капиллярно-пористой структуры, процессов усадки бетона, свободной и химически связанной воды, с одной стороны, и повышенная термочувствительность серы, с другой, являются определяющими факторами теплового расширения этого материала.

На величину температурных деформаций серных бетонов определяющее влияние оказывает содержание серы, ее модифицированное состояние, вид наполнителя и заполнителей и их объемное содержание.

Надежность работы конструкций из серных бетонов при воздействии температур зависит от критерия совместимости КЛТР стальной арматуры и бетона, представляющего собой соотношение их величин. Оптимальная величина этого критерия предусматривает равенство КЛТР обоих материалов.

Для сближения коэффициентов линейного термического расширения серного бетона и стальной арматуры при проектировании составов бетона следует использовать полимерную модификацию серы оптимального содержания (12...13%), а также минеральные наполнители и заполнители с минимальными величинами этого коэффициента.

Библиографический список

1. Горчаков Г.И., Лифанов И.И., Терехин Л.Н. Коэффициенты температурного расширения и температурные деформации строительных материалов. — М.: Изд-во комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, 1968. — 168 с.
2. Бороховский В.А., Салюк А.П., Гордиенко Е.Г., Щукин В.И., Орыщак Е.А., Дацко Р.П. Новый вид химической продукции — полимерная сера. Обзор.инф. Сер. "Сера и серная промышленность". — М., НИИТЭХИМ, 1982. — 40 с.
3. Орловский Ю.И. Бетоны, модифицированные серой:Дис. ... докт.техн.наук. — Харьков, ХИСИ, 1992. — 529 с.
4. Орловский Ю.И., Авсюкевич Е.Н., Лившар Р.Я. Исследование коэффициента линейно-температурного расширения легких бетонов и растворов. Сб. трудов НИИСМИ: Нерудное сырье для производства строительных материалов. — Киев: МПСМ УССР, НИИСМИ, 1983. — С. 150—156.
5. Орловский Ю.И., Семченков А.С., Хоржевский В.И. //Бетон и железобетон. — 1995. — № 3. — С. 21—24.
6. Волков В.Г. Деформативные свойства дорожного бетона. — М.: Высшая школа, 1971. — 100 с.

УДК 691.327:666.973.2:666.64

Г.А. АЙРАПЕТОВ, д-р техн.наук, проф., М.А. УЖАХОВ, канд.техн.наук (РГАС)

Особенности структуры керамзитобетона на горячем заполнителе

Как известно, в 80% легкобетонных изделий и конструкций основным заполнителем является керамзитовый гравий, выпускаемый почти на 340 предприятиях бывшего СССР. Это обусловливает на ближайшее десятилетие использование его в качестве основного искусственного заполнителя в легкобетонных изделиях. Однако высокая энергоемкость керамзита (110,4 кг усл.топлива), с одной стороны, и тепловой обработки керамзитобетонных изделий (65 кг усл.топлива), с другой, делают керамзитобетон энергоемким и дорогостоящим материалом.

Поиски путей снижения энергоемкости производства керамзитобетона привели к технологии, позволяющей отказаться от тепловой обработки бетона, а ускорение твердения изделий производить за счет утилизации части тепла, аккумулированного керамзитом при обжиге, и тепла, выделяющегося при гидратации цемента.

Развитие исследований, проводимых авторами данной статьи в этом направлении, осуществлялось совместно с проф. Т.М. Штолем с середины 80-х годов.

Особо следует отметить, что при реализации указанной технологии одна из важнейших задач состояла в определении технологических приемов, обеспечивающих необходимую сохраняемость керамзитобетонным смесям на горячем заполнителе.

Последовательно выполненные исследования позволили определить направления, решающие эту проблему на данном этапе. Были выявлены эффективные химические добавки, замедляющие процессы структурообразования в системе цемент—вода, а также разработан способ приготовления керамзитобетонной смеси на горячем заполнителе, при котором ее удобообрабатываемость сохранялась в течение 20...40 мин [1, 2, 3]. Данный способ включает двухэтапное приготовление керамзитобетонной смеси на горячем заполнителе и предусматривает предварительное

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

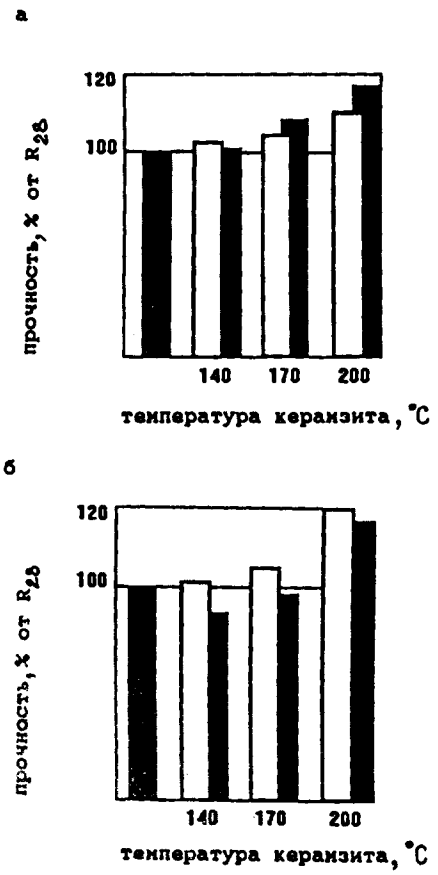


Рис. 1. Прочность керамзитобетона на горячем заполнителе в % от R_{28}

а — на сжатие; *б* — на растяжение при раскалывании

■ — керамзитобетон на холодном заполнителе, В/Ц = 0,59, расход вяжущего 300 кг/м^3;

□ — 0,82 } начальное В/Ц керамзитобетона на горячем заполнителе, расход вяжущего — 300 кг/м^3

■ — 0,86 }

смешивание остывающего заполнителя с растворной частью бетона при начальном В/Ц = = 0,35...0,45.

Кроме того, осуществление этой технологии требует решения ряда сложных производственных вопросов, в частности, таких, как отбор горячего керамзитового гравия на стадии его охлаждения.

Сравнительный анализ прочностных показателей керамзитобетона на горячем и холодном заполнителях показывает, что у первого они значительно выше (рис. 1). Установлено, что повышение температуры керамзитового гравия (140...200°С) способствует возрастанию прочности керамзитобетона при оптимальном начальном В/Ц смеси. По-видимому, это результат существенных отличий в характере тепломассообменных процессов, происходящих в керамзитобетоне на горячем и холодном заполнителях как на стадии приготовления, так и на стадии его твердения (рис. 2). С момента приготовления керамзитобетонной смеси остывающие зерна керамзита непрерывно, но с убывающей интенсивностью отбирают воду из растворной части бетона, одновременно разогревая ее вследствие теплоотдачи. Этот процесс создает в массиве керамзитобетона отрицательное давление, препятствующее миграции несвязанной влаги, и практически исключает создание в его структуре направленной пористости, что характерно для традиционных способов тепловой обработки бетона.

Таким образом, в керамзитобетоне на горячем заполнителе процессы структурообразования протекают с большей интенсивностью. Такое нестандартное температурное воздействие и последующий отвод тепла при термосном выдерживании благотворительно влияют на кинетику структурообразования цементного камня, а также стимулирует гидравлическую активность кремнеземистой составляющей заполнителя.

Учитывая высокие прочностные показатели керамзитобетона на горячем заполнителе, представляет интерес анализ состояния его структуры, в частности, контактной зоны (КЗ) между пористым заполнителем и растворной частью бетона. Для оценки состояния контактной зоны был применен микроскопический анализ шлифов (поляризационный микроскоп МИШ-1,17-1350х). Продукты гидратации идентифицировали путем измерения оптических констант [4].

Анализ серии шлифов керамзитобетона на горячем и холодном заполнителях показал отсутствие существенных отличий в минералогическом составе как в цементном камне, так и в заполнителе. Однако в структуре керамзитобетона на горячем заполнителе отмечается

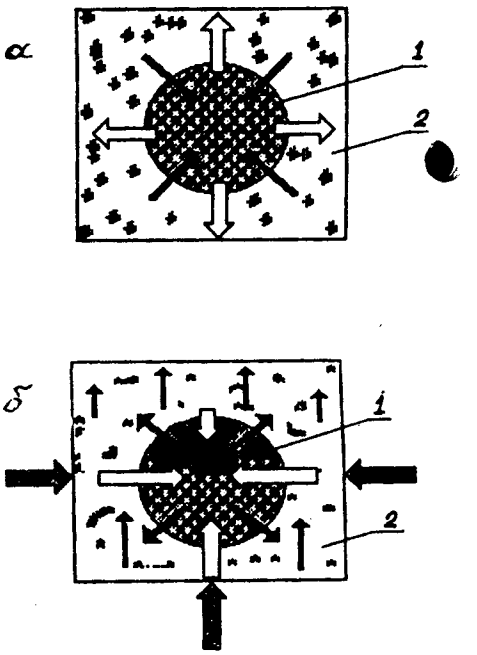


Рис. 2. Схема тепломассообменных процессов в керамзитобетоне

а — на горячем заполнителе; *б* — на холодном заполнителе в начальной стадии его тепловой обработки;

1 — гранула керамзита; *2* — растворная часть керамзитобетона

➡ — внешнее тепловое воздействие при ТО;

⟶ — миграция несвязанной воды в растворной части керамзитобетона;

⇨ — направление теплопередачи;

⟹ — направление массопереноса влаги

отличительная особенность, заключающаяся в образовании модифицированных контактных каемок-оболочек в переходном слое от гранул горячего керамзита в цементирующую часть. Здесь, в КЗ, в результате теплового воздействия и нестандартных процессов массопереноса происходит образование главным образом минерала α,β - кристобалита (плотность 2,27, твердость по шкале Мооса 6...7). Кроме того, среднее значение толщины КЗ в керамзитобетоне на горячем заполнителе находится в диапазоне от 0,1...0,5 до 1,0 мм, а на холодном — от 0,02...0,05 до 0,1 мм, т.е. в первом случае этот показатель на порядок выше. Образование вокруг гранул остывающего керамзита такой зоны способствует также более прочной цементации керамзитовых гранул в бе-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

тоне, обеспечивая тем самым повышение прочностных свойств керамзитобетона в целом.

Таким образом, кроме экономии энергоресурсов, указанная технология обеспечивает улучшение физико-механических свойств керамзитобетона. Одним из определяющих факторов при этом являются не характерные для обычных условий особенности тепломассообмена, происходящие между остывающим керамзитом и растворной составляющей бетона.

Библиографический список

1. Айрапетов Г.А., Сасонов Р.П., Харченко И.Я., Панченко А.И., Ужахов М.А. Бетонная смесь на горячем керамзите //Сб. докладов Международной конференции РИЛЕМ (на англ.яз.) ФРГ, г. Ганновер, 3—6 октября 1990 г. — С. 12—15.
2. А.с. № 1668341. Способ приготовления керамзитобетонной смеси. /Айрапетов Г.А., Харченко И.Я., Ужахов М.А. (СССР). Опубл. в 1991, Бюл. № 29.
3. Айрапетов Г.А., Ужахов М.А., Дьяченко Ю.К. Эффективные технологии и материалы для стеновых и ограждающих конструкций. //Материалы международной научно-технической конференции. 12—15 декабря 1994 г. — С. 9—15.
4. Ужахов М.А. Технология и свойства керамзитобетона на горячем заполнителе. Дис.канд.техн. наук. Ростов-на-Дону, 1994. — 191 с.

УДК 691.54

А.Н. ГНАТУСЬ, инж.

О гидравлической активности цементно-дацитовых вяжущих для легких бетонов

Минеральные добавки представляют собой тонкоизмельченные материалы, которые вводят в цемент в относительно больших количествах, обычно от 20 до 100% массы портландцемента [5, 7, 8, 11].

В Европе производится большое количество смешанного портландцемента, содержащего пуццолановые, а также другие активные гидравлические добавки. В связи с тем что природные пуццоланы и промышленные отходы повсеместно доступны по значительно более низким ценам, чем портландцементы, использование пуццолановых добавок или совместно с ними других гидравлических добавок, применяемых для частичной замены цемента, может привести к получению значительного экономического эффекта.

В соответствии с ASTM[1]C618, пуццоланы определяются как кремнеземистые или кремнеземистые и глиноземистые материалы, которые сами по себе обладают небольшими или вообще не обладают вяжущими свойствами, но в сильно измельченном виде и в присутствии влаги вступают в химическую реакцию с гидроксидом кальция при нормальной температуре с образованием соединений, обладающих вяжущими свойствами. Все природные пуццоланы (как в натуральном виде, так и обожженные), а также некоторые промышленные отходы (например, зола-унос) отвечают данному определению. Когда пуццоланы используются в сочетании с портландцементом, одна из его составляющих становится источником гидроксида кальция, который взаимодействует с активным кремнеземом, содержащемся в природных пуццоланах, или с алюмосиликатами, присутствующими в добавке, с образованием вяжущих продуктов [1, 2, 12].

Кроме пуццолановых пород осадочного происхождения, все природные пуццоланы добывают из вулканических пород и минералов. Во время взрывных вулканических извержений быстроохлаждающаяся магма образует главным образом алюмосиликатные производные с высоким содержанием стекла и стекловидных фаз с неупорядоченной структурой. Благодаря одновременному выделению растворенных в магме газов затвердевшее вещество часто приобретает пористую структуру с очень большой площадью поверхности, которая способствует протеканию последующих химических реакций. Алюмосиликаты, имеющие неупорядоченную структуру, не остаются стабильными при воздействии известкового раствора, что является основой пуццолановых свойств вулканических стекол [4, 6, 9, 10, 12, 13, 14, 15].

Изменение вулканического стекла в гидротермальных условиях может привести к образованию минералов цеолита, которые представляют собой соединения типа $(Na_2Ca)O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot xH_2O$. Этот продукт, называемый вулканическим стеклом, характеризуется компактной структурой. Минералы цеолита в тонкоразмолотых стеклах способны реагировать с известью в результате протекания катионообменного процесса.

Трудно классифицировать природные пуццоланы, так как они редко содержат только одну составляющую реакционноспособной извести. Однако, исходя из основного компонента, активного по отношению к реакционноспособной извести, их можно классифицировать как вулканические стекла, вулканические туфы, обожженные глины и сланцы, а также диатомовые земли. Месторождения природных пуццолан расположены в мире повсеместно.

Вулканические стекла Северного Урала являются примерами

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Таблица 1

Номер состава	Добавка, %	Расплыв конуса, мм	Водоцементное отношение	Предел прочности при изгибе, МПа		Предел прочности при сжатии, МПа	
				после термообработки	28 сут	после термообработки	28 сут
P1	0	112	0.35	4.8	5.8	37,0	44.3
P2	10	112	0.35	4.7	5.3	34.5	42.5
P3	20	110	0.35	4.6	5.3	34,0	41.3
P4	30	105	0.35	3.8	5.2	26.3	37.1
P5	40	111	0.35	3.8	5.1	24.9	35.5
P6	50	110	0.35	4.2	5,0	23.6	32.4

Таблица 2

Номер состава	Добавка, %	Расплыв конуса, мм	Водоцементное отношение	Предел прочности при изгибе, МПа		Предел прочности при сжатии, МПа	
				после термообработки	28 сут	после термообработки	28 сут
C0	0	111	0.35	4.6	5.1	31,0	39.9
C1	10	107	0.35	3.6	4.9	24.1	37.1
C2	20	109	0.35	3.1	5,0	17.2	34.4
C3	30	108	0.36	3.1	5.1	16,0	30.2
C4	40	109	0.36	2.9	4.2	15.4	25.5
C5	50	109	0.36	2.8	3.9	14.2	22.1

пуццолановых материалов, способность которых вступать в реакцию с известью связана главным образом с неизменностью алюмосиликатного стекла. Как правило, небольшие количества нереакционноспособных кристаллических минералов (кварц, шпат, слюда) бывают замоноличены в стекловидную матрицу. Минералогический анализ образца пуццолана (дацита) месторождения Люлья (Северный Урал) показал, что 95% стекла содержат кварц и анортит как основные кристаллические примеси. Стекловидная матрица дацита имеет включения лейцита, полевого шпата и авгита. Кварц и полевой шпат (анортит и лабрадорит) представляют собой основные кристаллические примеси, обнаруженные рентгеновским анализом в типичных образцах пород этого типа на Северном Урале.

Исследование гидравлической активности смесей добавки дацита указанного месторождения и портландцементного клинкера проводили после раздельного и совместного помола составов в двухкамерной мельнице, доводя тонкость помола до удельной поверхности 3000—3500 см^2/г.

Определение активности минеральной дацитовой добавки осуществляли по методике, предложенной Гипроцементом [5], предусматривающей проведение параллельных испытаний клинкера с молотым вольским песком. Применение извести для оценки активности минеральных добавок не всегда оправдано, так как они отличаются по своему химико-минералогическому составу и структуре и, следовательно, взаимодействуют с компонентами цемента по разным типам твердения: пуццолановому, гидратационному и смешанному. Поэтому в СНГ и за рубежом общепризнано несовершенство применяемых стандартных методов для определения активности. Об этом заявили в своих публикациях специалисты институтов цементной промышленности и цементных заводов [3].

В настоящее время ОСТ 21-9-81 отменен и разрабатывается новая методика определения активности добавок.

Результаты по определению физико-механических характеристик смесей раздельного и совместного помолов представлены соответственно в табл. 1 и 2.

Обработанные результаты испытаний смесей раздельного и совместного помолов представлены соответственно в табл. 3 и 4.

Зависимости коэффициента эффективности $K_э$ и отношения прочности дацитовых образцов от количества добавки при раздельном и совместном помоле и в различные сроки твердения показаны на рис. 1—4 (на этих рисунках кружки соответствуют коэффициентам эффективности, а квадратики — отношениям прочности R_{bt}/R_b).

Согласно ГОСТ 24640—91 добавка может быть отнесена к компонентам вещественного сос-

Таблица 3

Номер состава	Добавка, % (X)	Отношение R^x_b/R^o_b, %		Коэффициент эффективности $K_э=(R^x_b/R^o_b)(1-X)$	
		после термообработки	28 сут	после термообработки	28 сут
P1	0	-	-	-	-
P2	10	93.24	95.94	1.036	1.066
P3	20	91.89	93.45	1.149	1.168
P4	30	71.08	83.75	1.015	1.196
P5	40	67.30	80.14	1.122	1.336
P6	50	63.78	73.14	1.276	1.44

Таблица 4

Номер состава	Добавка, % (X)	Отношение R^x_b/R^o_b, %		Коэффициент эффективности $K_э=(R^x_b/R^o_b)(1-X)$	
		после термообработки	28 сут	после термообработки	28 сут
C0	0	-	-	-	-
C1	10	77.7	-	0.863	-
C2	20	55.4	-	0.692	-
C3	30	51.6	-	0.737	-
C4	40	49.6	-	0.827	-
C5	50	46.1	-	0.902	-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Рис. 1. Зависимость коэффициента эффективности $K_э$ и отношения прочности образца дацита при изгибе к прочности образца цемента при сжатии (R_{bt}/R_b) от количества добавки при раздельном помоле через 3 ч после термообработки

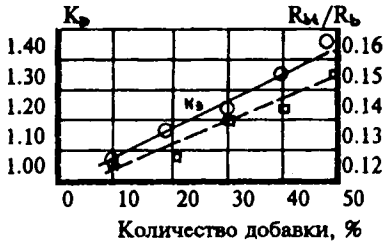


Рис. 2. Зависимость коэффициента $K_э$ и отношения (R_{bt}/R_b) от количества добавки при раздельном помоле через 28 сут нормального твердения

Рис. 3. Зависимость коэффициента $K_э$ и отношения (R_{bt}/R_b) от количества добавки при совместном помоле через 3 ч после термообработки

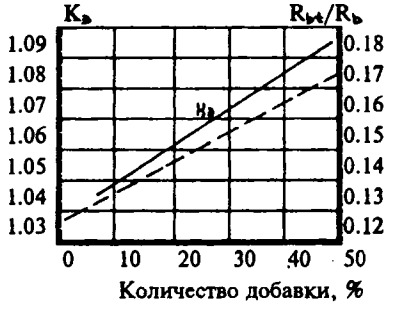


Рис. 4. Зависимость коэффициента $K_э$ и отношения (R_{bt}/R_b) от количества добавки при совместном помоле через 28 сут нормального твердения

тава и применяться для экономии клинкера, если при ее введении снижение доли клинкера больше, чем снижение активности цемента. Это определение может быть записано математически.

Если снижение активности цемента в зависимости от количества добавки можно вычислить по отношению прочности образца с добавкой на сжатие R_b к прочности того же образца без добавки R_b, то коэффициент эффективности добавки $K_э$ вычисляли делением этого отношения на долю клинкера в цементе (1—x), где x — доля добавки в цементе. Таким образом, пока $(R_b^x/R_b^0):(1—X)$ 1, добавка в цемент может считаться эффективной.

Результаты сравнительных физико-механических испытаний цементно-дацитового и контрольного вяжущих приведены в табл. 5.

Гидравлические свойства тонкодисперсного дацита подтверждают данные термограмм, полученные при исследовании образцов из теста на цементно-дацитовом вяжущем и чистом цементе (рис. 5).

На термограмме видно, что добавка дацита приводит к полному связыванию гидрата окиси кальция (исчезает эффект диссоциации $Ca(OH)_2$ при 485°С). Увеличивается экзотермический эффект при 900°С, что можно объяснить либо образованием CSH(B) с основностью 1,33, либо образованием тоберморита, в котором часть SiO_2 замещена Al_2O_3.

Активность дацитовой породы Северного Урала подтвержде-

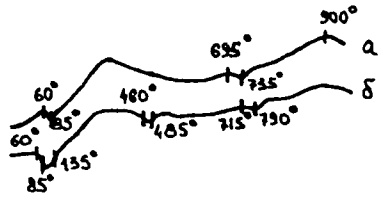


Рис. 5. Термограмма образцов цементно-дацитового вяжущего после термообработки

а — на смешанном вяжущем состава цемент 70% + дацит 30%; *б* — на бездобавочном (чистом) цементе

на промышленными испытаниями на помольной установке цемента Надымского завода крупнопанельного домостроения и рекомендована в качестве активной минеральной добавки при производстве цементно-дацитового вяжущего для организации выпуска конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов на Игримском заводе блочного домостроения.

Таблица 5

Состав смеси	Расплыв конуса, мм	Водоцементное отношение	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при сжатии, МПа
30 % клинкера + + 70 % добавки дацита + + гипс	109	0.34	5.43	28.65
30 % клинкера + + 70 % песка + гипс	107	0.34	1.83	8.03

Библиографический список

1. Абуева З.А., Гаспарян Г.А., Багдасарян Л.Б. Активность пористых песков из вулканических пород, применяемых в бетонах: Материалы VII республиканского совещания по неорганической химии. — Ереван: ЕрГУ, 1982. С. 193—196.

2. Багдасарян Л.Б. О природе активности вулканических добавок. — Изв. АН АрмССР, сер.техн.наук, том XXVI, № 4. — Ереван, 1971. — С. 56—59.

3. Бетоны с дисперсными минеральными добавками /Сб. трудов под ред. С.А. Высоцкого. — М.: НИИЖБ, 1992. — 149 с.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

4. Брек В. Цеолитовые молекулярные сита. — М.: Мир, 1976. — 778 с.
5. Гольдштейн Л.Я., Белохвостова О.А., Гейдарова Л.С., Ермаков Г.Ф. Метод определения активности минеральных добавок к цементам //Цемент. — 1988. — ,186 12. — С. 7—10.
6. Дружин С.И. Гидравлические добавки и пуццолановые портландцементы. — НТК НЕПС, вып. 71. — М.: 1927. — С. 14—56.
7. Захаров Л.А. Активные минеральные добавки к вяжущим веществам. — Геология Армянской ССР. Неметаллические полезные ископаемые. — Ереван: АН АрмССР 1966. — С. 215—223.
8. Здоров А.И. Минеральные добавки в цемент и их эффективное использование //Цемент. — 1991. — № 1—2. — С. 24—27.
9. Коста У., Массоца Ф. Факторы, влияющие на реакцию пуццолановых материалов с известью //IV Международный конгресс по химии цемента, т. III. — М.: 1976. — С. 222—227.
10. Мальквиори Д. Пуццолановый портландцемент //IV Международный конгресс по химии цемента. — М.: 1964. — С. 576—587.
11. Скрамтаев Б.Г. Экономия цемента в бетоне путем замены части цементы молотыми добавками //Цемент. — 1939. — № 9. — С. 24—26.
12. Тандылова К.В. Зависимость сульфатостойкости пуццолановых портландцементов с добавками вулканического происхождения от природы добавок и содержание в них глинозема: Автореф. ... канд.дисс. — М.: 1955. — 25 с.
13. Турричани Р. Вопросы химии пуццоланов //В кн.: Химия цементов; Под ред. Х.Ф. Тейлора. — М.: Стройиздат, 1969. — С. 353—336.
14. Челани А., Моггии А., Рио А. Различный механизм действия пуццолановых материалов и шлаков в гидравлических вяжущих //Международный конгресс по химии цемента. — М.: Стройиздат, 1973. — С. 422—473.
15. Швите Х., Кастань П., Людвиг У., Отто П. Исследование поведения природных и искусственных пуццолан //Международный конгресс по химии цемента. — М.: Стройиздат, 1973. — С. 421—422.

ВОПРОСЫ РЕКОНСТРУКЦИИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ

УДК 624.21.033.6:625.089.4

Р. МОЙРЕР, А.Б. ЕЗДАКОВ (фирма "Ромекс"); Ю.А. НИКИТИН (РКБ-1); Е.А. ГУЗЕЕВ (НИИЖБ)

Восстановление автотранспортной эстакады

Автотранспортная эстакада в Российской клинической больнице N 1 в Москве запроектирована ЦНИИЭП зрелищных зданий и спортивных сооружений в 1969 г. В конструктивном отношении она представляет собой перекрытие из сборных железобетонных настилов, в качестве которых использованы ребристые плиты пролетом 6 м и ребристые плиты-балки пролетом 12 м. Общая протяженность проезжей части эстакады 303 м: 6 пролетов по 12 м, 32 пролета по 6 м и 2 пролета по 18 м. Ширина эстакады колеблется от 6..18 до 26...40 м. Общая площадь — 5,5 тыс.м^2.

Эстакада решена таким образом, что на протяженном участке она примыкает к зданиям со значительно большей жесткостью, чем собственная жесткость элементов пролетных строений и их опор. Таким образом, температурно-влажностные сезонные воздействия на конструкции зданий и эстакады, а также транспортные нагрузки на нее создают условия для горизонтальных подвижек эстакады по сложному режиму.

В процессе эксплуатации в сборных конструкциях пролетных строений и особенно в зонах их опор появились многочисленные трещины, в основном поперечного направления с шагом 6...12 м и с некоторым смещением отдельных плит.

Проектом предусмотрены поперечные деформационные швы традиционной конструкции, но они не в полной мере выполняют свои функции, поскольку шов как бы "подрезает" опоры. Кроме того, в конструкции эстакады отсутствуют спаренные опоры на самостоятельных фундаментах.

В результате больших горизонтальных подвижек (до 1...5 мм) гидроизоляция эстакады за 10 лет эксплуатации пришла в негодность, и через дефекты в ней и сквозь деформационные швы атмосферные осадки и растворы антиобледенителей проникали в бетон несущих конструкций и на оборудование технологических помещений под эстакадой.

Вследствие многократного водонасыщения бетона и его высыхания, замораживания и оттаивания, а также длительной фильтрации воды (растворов, содержащих хлориды) в конструкциях развились процессы коррозии. Свыше 40% сборных несущих плит покрытий эстакады получили коррозионные повреждения, в более 10% конструкций обнаружено снижение несущей способности. Локальные ремонты гидроизоляции по традиционной схеме с применением отечественных материалов не давали должных результатов, и конструкции интенсивно разрушались.

В 1994 г. к решению проблемы восстановления эстакады РКБ-1 по инициативе НИИЖБа подключилась фирма "Ромекс", которая имеет преимущественное право на применение в России высокоэффективных полиуретановых композиций, обладающих высокой эластичностью и износостойкостью.

При ускоренных испытаниях на циклическое замораживание в воде до -50°С и оттаивание, проведенных в НИИЖБе, получены данные о длительном сохранении свойств эластичности и прочности гидроизоляции из полиуретана марок Ромпур 2501, Конипур 255; Ромпур 2605.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Учитывая особые требования к проведению строительных работ в действующей клинической больнице, президент фирмы Р. Мойрер предложил выполнять гидроизоляцию автотранспортной эстакады без снятия асфальтобетона, с укладкой гидроизоляции на отремонтированный и специально подготовленный асфальтобетон. Такое техническое решение, вероятно, впервые применено в мировой практике ведения подобных работ.

Основываясь на известных положениях механики разрушения, приняли весьма сложную конструкцию гидроизоляции сооружения, работающего со значительными сезонными деформациями, вызывающими появление трещин в стыках сборных элементов. При деформации сооружения трещина зарождается в прочном, жестком слое подложки гидроизоляции, выполненной из шпатлевочного раствора. Пересекая этот слой, трещина попадает в эластичный слой гидроизоляции (Конипур 255), где сконцентрированная в вершине трещины энергия высокого уровня гасится в легкодеформируемом материале. Толщина эластичного слоя должна быть достаточной для полного погашения энергии трещин, и в этом случае верхний износостойкий слой покрытия гидроизоляции (из Ромпур 2705) не будет иметь трещин. Изложенная схема работает при ширине раскрытия трещин менее 0,5 мм. При больших раскрытиях трещин толщина эластичного слоя превышает 3 мм, и такие технические решения становятся неэкономичными.

Для выполнения работ фирма "Ромекс" поставила высокопроизводительную технику и полный комплект инструментов. Поверхность асфальтобетона была обработана стальной дробью (установка Бластрак) и приобрела шероховатую структуру, которая обеспечила высокую степень адгезии с полиуретанкварцевой или эпоксикварцевой выравнивающей шпатлевкой. Проведено также тщательное удаление пыли промышленными пылесосами. Трещины в асфальтобетоне и бетоне в зоне выбоин были расчищены и по предварительно огрунтованной поверхности восстановлена сплошность подложки с применением указанных шпатлевок (3...5 мм). На не полностью отвержденную шпатлевку нанесли слой мелкого прокаленного песка для создания межслоевой адгезии. Следующий, наиболее ответственный за гидроизоляцию, слой полиуретанового материала (Конипур 255) был нанесен автоматизированным устройством фирмы "Ромекс". При толщине 2...3 мм отвержденный полиуретан этой марки имеет гарантированную максимальную трещиностойкость по ТУ 1-13-87 НИИЖБа класса V, удлинения при разрыве 400% и прочность на отрыв 14 кН/м.

Следующий износоустойчивый слой из полиуретана (Ромпур 2705) нанесен методом "розлива" с последующим втапливанием крупного и мелкого кварцевого песка, обеспечивающего прочность, твердость и зацепление колес автомашин с покрытием. Последний слой гидроизоляции служит защитой полиуретана от старения при облучении и придает поверхности структуру типа "апельсиновая корка".

С учетом сложного режима нагрузок и воздействий, а также своеобразного характера деформирования элементов эстакады (при общей длине зон подвижек более 1700 п.м.) было принято решение деформационные швы (разрезку гидроизоляционного покрытия) выполнить только в тех местах, где проявится максимальное их раскрытие после четырех сезонов эксплуатации. К такому решению привело и то обстоятельство, что в период выполнения работ постоянно шли дожди и обеспечить должное качество работ (исключив увлажнения) не было возможности.

Спустя год эксплуатации, в июне 1995 г., состояние гидроизоляции на эстакаде в целом оказалось весьма хорошим. Даже "шипованная" резина автомашин скорой помощи не вызвала повреждений покрытия. Сложный режим работы конструкций и большие подвижки элементов железобетонных конструкций покрытий эстакады превысили допустимые только на 10% длины швов и стыков, а в 0,01% произошло нарушение сплошности подложки, вспучивание вместо растяжения, в вершинах трещин энергия деформации не полностью погасилась в эластичном слое, и в верхнем покрытии раскрылись трещины. В отдельных местах (на длине 30...50 мм) произошли разрывы гидроизоляции (всего менее 0,001% общей длины) в результате больших деформаций (выше предельно допустимых 5...7 мм).

Выполняя гарантийные обязательства, специалисты фирмы "Ромекс" в местах трещин произвели расчистку бронирующего слоя покрытия, выполнили грунтовку и эпоксикварцевую шпатлевку, а также нанесли новый слой (3...5 мм) из эластичного полиуретана Ромпур 2605. Затем они сделали втопленный слой кварцевого песка и бронирующий износостойкий слой из полиуретана Ромпур 2705. Таким образом, был опробован более эффективный способ усиления гидроизоляции в зонах больших деформаций.

На участках вспучивания подложки под неповрежденной гидроизоляцией и в зонах чрезмерной деформации раскрытия деформационных швов (более 5 мм), где наблюдались разрывы гидроизоляции, испытывают особые приемы с использованием высокоэластичных полиуретановых и других материалов. Эффективность этого решения будет проверена за следующие четыре сезона, а гарантия качества и надежности гидроизоляции конструкций эстакады будет обеспечена.

Применение полиуретановых материалов и новых технических решений фирмы "Ромекс" для гидроизоляции автотранспортных эстакад с различной жесткостью несущих конструктивных элементов позволяет решать проблему долговечности сооружений при сравнительно низких затратах на строительные работы.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 666.972.123:620.193

О.Н. КРАШЕНИННИКОВ, канд.техн.наук (ИХТРЭМС КНЦ РАН); В.Ф. СТЕПАНОВА, канд.техн.наук (НИИЖБ)

Коррозионная стойкость арматуры в бетоне на нефелиновых заполнителях

Российские недра достаточно богаты нефелинсодержащим сырьем, месторождения которого, преимущественно представленные породами ийолит-уртитового состава, открыты в ряде регионов страны (Кольский полуостров, Кемеровская область, Красноярский край, Бурятия и некоторые другие). Наиболее значительные промышленные запасы этого сырья сосредоточены в Кольском регионе, где разрабатываются крупные месторождения апатито-нефелиновых руд. Еще в 30-е годы академик А.Е. Ферсман, руководивший изучением и освоением хибинских месторождений Кольского полуострова, подчеркивал грандиозность запасов нефелинового сырья и "...совершенно исключительное будущее этого полезного ископаемого, в первую очередь, для Хибин" [1].

АО "Апатит", являющееся крупнейшим в России производителем апатитового, а также нефелинового концентратов, ежегодно направляет в отвал многие миллионы кубометров вскрышных скальных нефелиновых пород, которые практически не находят применения. Одной из объективных причин, препятствующих использованию в строительстве нефелиновых пород, является их недостаточная изученность. Кроме того, содержащие большое количество нефелина (например, в уртитах, его, как правило, не менее 60%), они являются "нестандартным" сырьем. В соответствии с требованиями отечественных стандартов на такие породы для получения щебня (как заполнителя бетонов) необходимо проведение специальных исследований, устанавливающих возможность их использования.

Исследованиями, выполненными в ИХТРЭМС КНЦ РАН совместно с НИИЖБ, СоюздорНИИ и ЦНИИС, оценены возможные направления применения нефелиновых пород в гражданском, промышленном и дорожном строительстве [2—5]. При этом показано, что тяжелые бетоны на нефелиновых заполнителях (нормального твердения и пропаренные) по своим прочностным, деформативным свойствам, морозостойкости и другим нормативным показателям не уступают бетону аналогичных составов на традиционном гранитном заполнителе. Такие бетоны и изделия из них могут быть рекомендованы для применения в воздушно-сухих и воздушно-влажных условиях эксплуатации.

Нами проведены исследования коррозионной стойкости стальной арматуры в тяжелом бетоне на нефелиновых заполнителях. Эти исследования включают электрохимические испытания стали в указанном бетоне, определение pH его жидкой фазы и диффузной проницаемости для углекислого газа.

Испытывали бетон марки 200 на основе уртитового и рисчорритового заполнителей, полученных дроблением уртита и рисчоррита — наиболее характерных разновидностей вскрышных нефелиновых пород, добыча которых осуществляется двумя основными рудниками АО "Апатит": "Восточным" (месторождение "Коашва") и "Центральным" (месторождение "Плато Расвумчорр"). Содержание главных породообразующих минералов в использованных партиях уртита и рисчоррита соответственно, мас.%: нефелин $KNa_3[AlSiO_4]_4$ — 64,0 и 43,5; полевой шпат $K[AlSi_3O_8]$ — 7,6 и 30,1; пироксен (преим. эгирин $NaFe[Si_2O_6]$) — 16,5 и 13,5; сфен $CaTiSiO_5$ — 5,5 и 6,0.

Как видно из табл. 1, используемый для получения бетона щебень соответствует вы-

Таблица 1

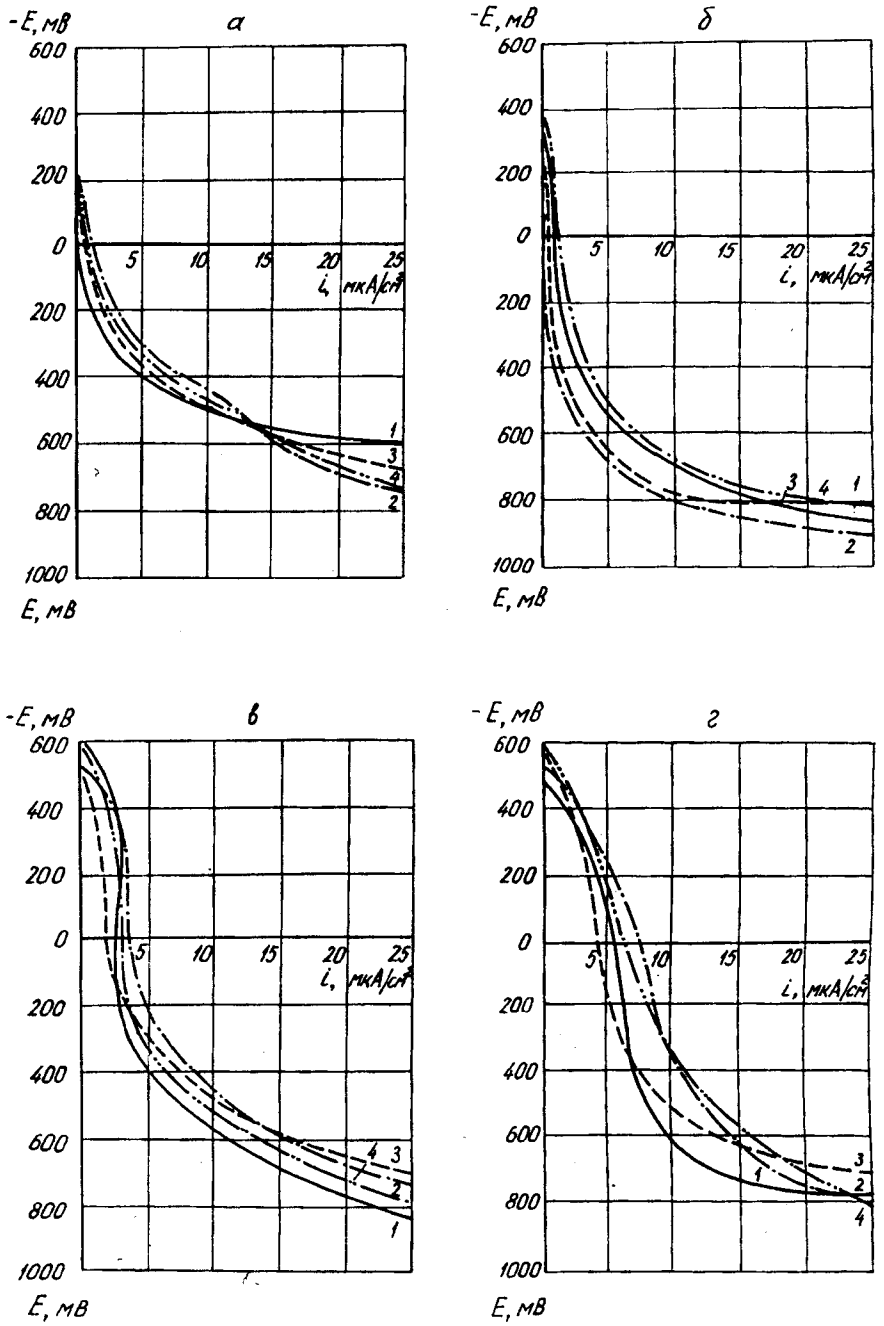
Показатель	Фракции, мм			
	уртита		рисчоррита	
	5–10	10–20	5–10	10–20
Насыпная плотность, кг/м^3	1480	1520	1360	1420
Пустотность в уплотненном состоянии, %	50,1	48,6	50,3	49,9
Водопоглощение, %	2,2	1,3	1,9	1,1
Содержание пластинчатых и игловатых зерен, %	12,2	10,3	13,0	7,5
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	0,1	0,2	0,4	0,3
Содержание зерен слабых пород, %	2,8	0,5	4,0	0,7
Потеря массы после сжатия в цилиндре, %	15,5	14,7	14,6	11,6
Потеря массы после испытания в барабане, %	25,2	24,1	19,8	22,2
Потеря массы после 150 циклов замораживания–оттаивания, %	3,4	2,2	3,5	3,9

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

соким маркам: по дробимости — 1200, по износостойкости — не ниже И-11, по морозостойкости — Мрз 150. В качестве мелкого заполнителя применяли уртитовый и рисчорритовый пески (отсевы дробления) с модулем крупности 2,78 и 3,28 соответственно и для сравнения — кварцевый москворецкий песок с модулем крупности 1,78. Бетон готовили на воскресенском цементе ПЦ 400-Д5 активностью при пропарке 30 МПа. Образцы бетона для испытаний подвергались ТВО по режиму 2+3+6+2 при температуре изотермического прогрева 85°С. Расход материалов на 1 м^3 бетона приведен в табл. 2.

Известно, что пассивирующая способность бетона характеризуется величиной pH жидкой фазы, определяемой по водным вытяжкам из него. Считается, что при показателе pH поровой жидкости более 11,8 обеспечивается сохранность арматуры в бетоне [6]. Как показали результаты исследований, значения pH жидкой фазы бетона на нефелиновых заполнителях находились в пределах 12,4—12,9 (см.табл. 2), что свидетельствует о высокой пассивирующей способности такого бетона.

Изолирующее действие бетона, необходимое для длительного сохранения щелочности у поверхности арматуры, обеспечивается достаточной толщиной и плотностью защитного слоя бетона и может быть оценено коэффициентом диффузной проницаемости для углекислого газа [7]. Результаты испытаний показали, что исходя из эффективного коэффициента диффузии (от $1{,}5 \cdot 10^{-4}$ до $3{,}5 \cdot 10^{-4}$ см^2/с), бетон



Анодные поляризационные кривые стали в бетоне на нефелиновых заполнителях
а — в исходном состоянии; *б*, *в* — после 3 и 6 мес увлажнения—высушивания; *г* — после года хранения в атмосферных условиях. Составы: *1* — на уртитовом щебне и кварцевом песке; *2* — на уртитовом щебне и уртитовом песке; *3* — на рисчорритовом щебне и кварцевом песке; *4* — на рисчорритовом щебне и рисчорритовом песке

Таблица 2

Номер состава	Заполнитель	Расход материалов на 1 м^3 бетона, кг				$R_{сж}$, МПа	pH жидкой фазы бетона
		Ц	Щ	П	В		
1	Щебень уртитовый, песок кварцевый	311	1184	737	188	22,9	12,9
2	Щебень уртитовый, песок уртитовый	319	1135	823	193	21,0	12,4
3	Щебень рисчорритовый, песок кварцевый	302	1214	751	183	23,8	12,7
4	Щебень рисчорритовый, песок рисчорритовый	307	1147	830	186	21,3	12,6

на рисчорритовом и уртитовом щебне и мелком заполнителе из кварцевого песка (составы 3 и 1 табл. 2) может быть отнесен к бетону нормальной плотности и обеспечивает необходимую изолирующую способность по отношению к арматуре. Для соблюдения требуемых показателей коэффициента диффузии бетона, где в качестве мелкого заполнителя используются отсевы дробления уртита и рисчоррита,

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

имеющие высокий модуль крупности (около 3), необходимо осуществлять корректировку зернового состава заполнителя для достижения плотной структуры бетона.

При электрохимических испытаниях состояние арматуры в исследуемых образцах бетона оценивали по характеру анодных поляризационных кривых стали в бетоне, которые снимали в исходном состоянии (после изготовления), после 3 и 6 мес переменного увлажнения и высушивания, а также после одного года хранения в атмосферных условиях Москвы. Характер анодных поляризационных кривых (см.рисунок) показывает, что в бетоне всех составов сталь находится в пассивном состоянии, поскольку при потенциале (Е) + 300 мВ по насыщенному электроду плотность тока (*i*) не превышает 10 мкА/см^2. Таким образом, применяемые в качестве заполнителей вскрышные нефелиновые породы не оказывают отрицательного влияния на пассивирующие свойства бетона.

Визуальным осмотром стальных стержней, извлеченных из образцов после электрохимических испытаний, признаков коррозии не обнаружено, арматура чистая. Коррозионные поражения стальной арматуры отсутствуют и в образцах, хранившихся длительное время в атмосферных условиях; при этом наиболее устойчивое пассивное состояние соответствует составам бетона на крупных заполнителях из нефелиновых пород и мелком заполнителе из кварцевого песка.

Выводы

Установлена возможность использования нефелиновых пород (уртит, рисчоррит) для изготовления тяжелого бетона, изделий и конструкций из него, эксплуатирующихся в воздушно-сухих и воздушно-влажных условиях.

По результатам электрохимических испытаний, определения диффузной проницаемости для углекислого газа и pH жидкой фазы установлено, что в бетоне на нефелиновых заполнителях обеспечивается пассивация стальной арматуры.

Библиографический список

1. Хибинские апатиты и нефелины. 4-й нефелиновый сборник /Под ред. А.Е. Ферсмана. — Л.: Госхимтехиздат, 1932. — 309 с.

2. Крашенинников О.Н., Белогурова Т.П., Лалаянц Н.Г. Нефелинсодержащие заполнители и деформационно-прочностные свойства тяжелых бетонов на их основе //Горнопромышленные отходы как сырье для производства строительных материалов. — Апатиты, КНЦ РАН, 1992. — С. 27—33.

3. Вскрышные нефелинсодержащие породы и их применение /О.Н. Крашенинников, Т.П. Белогурова, А.И. Полякова, Г.С. Фурсов //Автомобильные дороги. — 1990. — N 5. — С. 16—17.

4. О реакционной способности вскрышных пород рудников ПО "Апатит" /Т.П. Белогурова, О.Н. Крашенинников, Г.С. Рояк, Т.Л. Трактирникова //Физико-химические основы переработки и применения минерального сырья. — Апатиты, КНЦ АН СССР, 1990. — С. 32—35.

5. Крашенинников О.Н., Белогурова Т.П., Цветкова Т.В. Влияние минерального состава уртитового заполнителя и условий твердения бетона на формирование контактной зоны //Комплексное использование минерального сырья в строительных и технических материалах. — Апатиты, КНЦ АН СССР, 1989. — С. 18—22.

6. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты /В.М. Москвин, Ф.М. Иванов, С.Н. Алексеев, Е.А. Гузеев. — М.: Стройиздат, 1980. — 536 с.

7. Руководство по определению диффузной проницаемости бетона для углекислого газа. — М.: НИИЖБ, 1974. — 19 с.

Вниманию предпринимателей

Мини-заводы и универсальные установки для изготовления стеновых, фундаментных и теплоизоляционных блоков из неавтоклавного пенобетона, серобетона и полимербетона.

Мини-заводы по выпуску воднодисперсных красок для внутренних и наружных работ.

Плиты фасадные половые облицовочные под натуральный камень, цветные суперцементы М800-1000.

Доступное сырье. Цены в 10-12 раза ниже мировых.

Авторский надзор ведущих специалистов стройиндустрии.

МГП "ТЕХНА" НИИЖБ Минстроя РФ

Тел. 174-74-08, 174-74-09, 174-74-16 факс с 10 до 18.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 691.327:539.376

И.Е.ПРОКОПОВИЧ, д-р техн. наук, проф. (Одесский ИСИ);
Е.Н.ЩЕРБАКОВ, д-р техн. наук, проф. (АО ЦНИИС)

О концепции приведенного времени в уравнениях семейства кривых ползучести бетона

Математические зависимости теорий ползучести бетона, применяемые в инженерных расчетах бетонных и железобетонных конструкций на длительные воздействия, основываются, как правило, на аналитическом представлении исходного семейства кривых простой ползучести, каждая из которых относится к последовательным, различным между собой, моментам времени загружения бетона (t_o) постоянными во времени напряжениями.

Поскольку ползучесть бетона тесно связана с процессом релаксации, инженерные решения должны учитывать эффекты не только простой ползучести, но и деформаций последействия, возникающих при снятии нагрузки.

В наиболее полной форме учет процессов ползучести и последействия нашел отражение в наследственной теории старения (теория Г.Н.Маслова и Н.Х.Арутюняна), которая получила развитие в ряде работ [1-7 и др] и широко используется. Эта разновидность теории, в отличие от других, учитывает как старение бетона, проявляющееся при его загружении в разном возрасте, так и частичную обратимость длительных деформаций (последействие) при полной разгрузке.

Семейство кривых простой ползучести стареющего бетона в линейных вариантах теории, т.е. в области умеренных уровней напряжений $\eta = \sigma/R_{pr} < R^{\circ}_{T}$ (R_{pr} - призменная прочность бетона при кратковременном сжатии в возрасте t_o, R°_{T} - параметрический уровень микроразрушений в бетоне того же возраста, по О.Я.Бергу) традиционно представляют [1-7] в виде мультипликативной комбинации двух, предположительно независимых функций времени

$$C(t, t_o) = \theta(t_o) * f(t - t_o), \quad (1)$$

где $C(t,t_o)$- удельные деформации простой ползучести бетона к текущему моменту времени $t \geq t_o$ при загружении единичным напряжением в возрасте t_o; $\theta(t_o)$ - функция, учитывающая влияние старения бетона на предельные (при $t \to \infty$) значения удельных деформаций ползучести; $f(t-t_o)$- функция, описывающая развитие этих деформаций во времени. Числовые параметры, входящие в функции $\theta(t_o)$ и $f(t-t_o)$, определяются по опытным данным.

В целом модель (1) качественно правильно оценивает процессы ползучести и последействия в бетоне. При надлежащем выборе математической формы функций $\theta(t_o)$ и $f(t-t_o)$ и их числовых параметров эта модель приводит к интегральным уравнениям ползучести с вырожденным ядром, что облегчает доведение соответствующих решений до расчетных формул.

Вместе с тем математическая модель $C(t,t_o)$ в форме (1) не позволяет отразить важную особенность деформаций простой ползучести стареющего бетона. Она постулирует, по существу, независимость от возраста загружения начальной (при $t=t_o$) относительной скорости нарастания деформаций (по отношению к их предельной величине). Фактически же, как следует из большинства опытных данных [1,2,4,7], этот показатель закономерно уменьшается по мере увеличения t_o. Возможные пути преодоления указанного

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

несоответствия рассмотрены ниже.

В рамках наследственной теории старения существует ряд предположений в отношении математического представления обеих функций в модели (1). Однако независимо ни от чего исходное уравнение ползучести должно отвечать определенным условиям, вытекающим из результатов экспериментов, физических представлений и соответствующих граничных условий, а именно:

1. функция $f(t-t_o)$ должна отражать крутовосходящий характер нарастания деформаций в сроки наблюдения t, близко отстоящие от t_o, (так называемая быстро натекающая ползучесть [1], наиболее интенсивно проявляющаяся в течение примерно 1 сут). Поскольку накопление во времени простой ползучести носит монотонно затухающий характер, а сроки наблюдения t, значительно отдаленные от t_o, быстронатекающую часть ползучести допустимо представлять для упрощения в виде начальных вертикальных отрезков на кривых ползучести (предложение С.В.Александровского [1]);

2. начальные скорости деформаций простой ползучести бетона, загружаемого в раннем возрасте t_o, должны следовать указанной выше закономерности изменения, в силу чего соответствующие кривые ползучести становятся не аффинно подобными, а их крутизна существенно уменьшается по мере увеличения t_o;

3. функция старения $\Theta(t_o)$ является монотонно убывающей во всем диапазоне возрастов загружения до достижения некоторой предельной величины при $t_o \to \infty$. При этом изменение скоростей старения и ползучести во времени должно подчиняться известным соотношениям, рассмотренным в работах [1,4,7 и др]; в этом смысле обе функции в (1) взаимозависимы друг от друга;

4. кривые последействия должны во всех случаях иметь отрицательную по знаку производную и монотонно убывать с момента разгрузки, стремясь к некоторой предельной величине при $t_o \to \infty$. Выполнение данного условия требует, чтобы числовые параметры в $\Theta(t_o)$ и $f(t-t_o)$ были также вполне определенным образом сбалансированы между собой, как это показано в [7].

Следует признать, что одновременное выполнение перечисленных требований в рамках одного уравнения ползучести представляет в общем непростую задачу. К тому же во избежание излишних математических усложнений в практических приложениях теории ползучести соблюдение условий 1-4 должно обеспечиваться по возможности минимальным числом параметров в функциях $\Theta(t_o)$ и $f(t-t_o)$.

Числовые значения каждого из них нуждаются в надежном статистическом обосновании. В противном случае любой самый совершенный математический аппарат, реализующий избранное исходное уравнение ползучести, не сможет гарантировать получения достоверных результатов расчета при решении инженерных задач применительно к конкретным условиям.

Рассмотрим известное и часто применяемое (особенно для старых и стареющих бетонов) аналитическое представление семейства кривых простой ползучести бетона, предложенное на основе (1) в работах [4,6 и др]. Исходное уравнение имеет вид

$$C(t,\ t_o)=C(\infty,\ 28)(c + d\exp(-\beta t_o)) \times$$

$$\times \left[1-K\exp[-\gamma(t-t_o)]\right];\quad K\leq 1\ , \qquad (2)$$

где первые два сомножителя представляют функцию $\Theta(t_o)$ в (1), третий - функцию $f(t-t_o)$; параметр $K < 1$ учитывает быстронатекающую ползучесть в виде вертикального отрезка на соответствующих кривых; в общем случае $\gamma \leq \beta < 1$.

Уравнение (2) содержит в общей сложности 6 числовых параметров, один из которых (c) является производным и поэтому в нормировании не нуждается. Если принимать $\gamma=\beta$, то число нормируемых параметров в (2) уменьшается до 4.

Благодаря этому, а также упомянутому свойству ядра линейной ползучести уравнение (2) позволяет получить решение широкого круга инженерных задач, в том числе в аналитической форме. При K=1 и определенном соотношении параметров γ и β в (2) эти решения могут быть распространены и на случай $E_b(t) \neq const$, что важно в задачах некоторых классов.

Уравнение (2) положено в основу Рекомендаций НИИЖБ, ВЗПИ, ОИСИ и ЦНИИС [9]. В целом оно удовлетворительно отражает экспериментальные результаты и перечисленные выше требования за исключением условия 2.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Последнее обстоятельство дало основание С.В.Александровскому [1] отказаться от традиционной формы модели (1) при описании семейства кривых простой ползучести. Предложенное им уравнение, также широко известное в теории, имеет вид

$$C(t,\ t_o) = \Delta(t_o)\lambda(t-t_o) + \left[\psi(t_o)-\psi(t)\ \frac{\exp(\gamma t_o) - A}{\exp(\gamma t) - A}\right], \qquad (3)$$

где первое слагаемое представляет быстронатекающую компоненту деформаций ползучести, вторые два (в квадратных скобках) - их долговременную часть; $\Delta(t_o)$ и $\psi(t_o)$ - предельные значения указанных составляющих суммарной деформации; $0 \le A \le 1$.

Заметим, что уравнение (3) не содержит в явном виде функции нарастания суммарных деформаций во времени $f(t-t_o)$, как в (1) или (2), но позволяет, тем не менее, достаточно хорошо аппроксимировать разнообразные опытные данные [1]. Частично это достигается за счет увеличения числа параметров в (3) по сравнению с (2), поскольку функции $\Delta(t_o)$ и $\psi(t_o)$, согласно [1], аппроксимируют независимо друг от друга двух- или трехчленными экспонентами со свободными членами. При надлежащем подборе числовых значений этих параметров уравнение (3) удовлетворяет всем перечисленным ранее требованиям (включая условие 2).

Исследования, проведенные в ЦНИИСе [7], позволили найти альтернативный путь для устранения отмеченного недостатка уравнения (2), оставаясь при этом в рамках традиционной записи (1). Способ основывается на предложенной концепции так называемого "приведенного времени", в соответствии с которой уравнение (2) может быть записано в виде

$$C(t,t_o) = C(\infty, 28)\ \left[c+d\exp(-\beta\tilde{t}_o)\right] \times \left[1-K\exp[-\gamma(\tilde{t}-\tilde{t}_o)]\right], \qquad (4)$$

где все функции по смыслу идентичны (2), хотя оценки параметров в (2) и (4) в общем случае численно отличны друг от друга; знак "~" означает некоторое заданное преобразование времени.

Статистический анализ возможных вариантов трансформации временной шкалы показал, что по ряду признаков следует отдать предпочтение нелинейному преобразованию вида

$$\tilde{t} = t\left(1 + \frac{S}{\delta + t}\right); \qquad \tilde{t}_o = t_o\left(1 + \frac{S}{\delta + t_o}\right), \qquad (5)$$

одинаковому для времени t и t_o.

Обработка большой выборки различных опытных реализаций (более 600) позволила установить, что числовые оценки параметров S и δ в (5) не обнаруживают значимой связи с большинством факторов и потому могут рассматриваться в качестве некоторых констант. Последние никак не влияют на число параметров в уравнении (4) и его разрешающую способность. В этом смысле уравнения (2) и (4) идентичны. Отметим, что $\tilde{t}$ и $\tilde{t}_o$ в (5) имеют размерность времени, и их значения в точности совпадают с реальной временной шкалой в граничных случаях $(t,t_o) \to 0$ и $(t,t_o) \to \infty$.

Таким образом, единственное отличие уравнения (4) от аналогичного ему (2) состоит в использовании некоторой приведенной временной шкалы взамен фактической. Однако, как оказалось, именно это обстоятельство придает уравнению (4) новые качества. В отличие от (2) предлагаемое уравнение (4) обеспечивает автоматически строгое выполнение всех четырех упомянутых выше требований. Оценки всех числовых параметров в нем статистически обоснованы и нормированы с учетом конкретных условий.

Важно, что представление в форме (4) позволяет простейшим путем и без каких-либо изменений реализовать на практике решение широкого класса инженерных задач, ранее полученные в ОИСИ [4 и др.] на основе уравнения (2). Это касается и случая $E_b(t) \neq$ const [6]. Указанные возможности уравнения (4) успешно использованы в рекомендациях ЦНИИС [10] для повышения достоверности расчетных оценок за счет уточнения исходных предпосылок расчетов и необходимой для них нормативной базы [8].

Вернемся к уравнению (3). Отличия в

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

математической записи (3) и (4) очевидны. Возникает вопрос, каким образом соотносятся между собой эти совершенно разные по своей структуре аналитические представления семейства кривых.

Ответ на этот вопрос получен в исследованиях ЦНИИСа [7]. Математически строго доказано, что выражение для долговременной части ползучести в уравнении (3) (за вычетом быстронатекающих деформаций) может быть сравнительно просто сведено к математической записи вида (1), если осуществить определенное преобразование временной шкалы, форма которого получена в виде

$$\bar{t} = \frac{1}{\gamma} \ln \left[\frac{\psi(0)\,(\exp(\gamma t) - A)}{\psi(t)\,(1 - A)} \right];$$

$$\bar{t}_o = \frac{1}{\gamma} \ln \left[\frac{\psi(0)\,(\exp(\gamma t_0) - A)}{\psi(t_0)\,(1 - A)} \right]. \qquad (6)$$

Представив первое слагаемое в (3) в виде вертикального отрезка при $\lambda(t,t_o)=1$, а также учтя выражения (6), получим

$$C(t, t_o) = \Delta(\bar{t}_o) + \psi(\bar{t}_o)\left[1 - \exp\left(-\gamma(\bar{t} - \bar{t}_o)\right)\right], \qquad (7)$$

где $\Delta(\bar{t}_o)$ и $\psi(\bar{t}_o)$ - предельные значения быстронатекающей и долговременной части деформаций, аппроксимированные в шкале приведенного времени $\bar{t}_o$; знак "-" соответствует преобразованию этой шкалы в форме (6) с $\psi(0)$, равным значению функции при $(t,t_o) \to 0$.

Запись (7) исходного уравнения (3) в шкале приведенного времени (6) идентична уравнению (4), но в другой шкале времени (5). В этом легко убедиться, сделав несложные преобразования в (4) и выделив из него слагаемое в виде вертикального отрезка на кривой ползучести $\Delta(t_o)= (1 - K)\,\Theta(t_o)$. Различия между (4) и (7) сведутся тогда главным образом к математической форме функции приведения времени (5) или (6). Второстепенные детали могут касаться только вопросов раздельной аппроксимации в (7) функции старения $\Delta(t_o)$ и $\psi(t_o)$ количество удерживаемых членов суммы экспонент, критерий подобия соответствующих зависимостей).

Сравнение на рис.1 двух совершенно разных по внешнему виду функций приведения времени (5) и (6) обнаруживает вместе с тем не только совпадение общего характера обеих функций, но и возможность их фактически полного количественного совмещения.

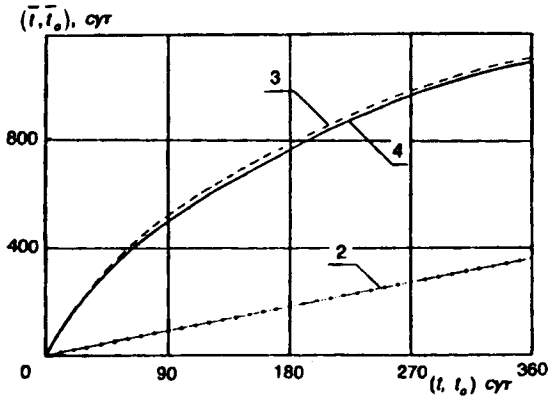


Рис.1. Функции приведения времени согласно уравнениям (2), (3), и (4)

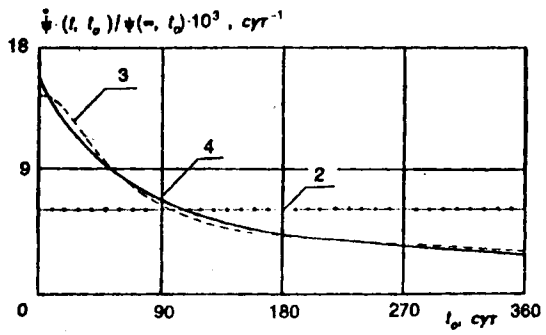


Рис.2. Изменение начальной (оносительной) скорости нарастания долговременной ползучести согласно уравнениям (2), (3) и (4)

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Рис.2 иллюстрирует эффективность концепции приведенного времени для выполнения условия 2. Он подтверждает закономерное уменьшение относительной начальной скорости долговременной части ползучести, рассчитанной по уравнениям (3) или (4). Уравнение (2), построенное в шкале реального времени, представлено, как и следовало ожидать, прямой, параллельной оси абсцисс.

Нельзя не упомянуть еще об одном уравнении семейства кривых ползучести, разработанном ЕКБ [11] в развитие международных норм проектирования ЕКБ-ФИП [12]. Оно, как и уравнение (2), содержит реальное время и при $(t-t_o) \geq 1$ сут приводится к виду

$$C(t,\ t_o) = \Delta(0)\left[1-\left(\frac{t_o}{b_1+t_o}\right)^{\alpha_1}\right] + \psi_d(0)\left[\frac{t-t_o}{b_2+(t-t_o)}\right]^{\alpha_2} + \psi_f(o)\left[\left(\frac{t}{b_3+t}\right)^{\alpha_3} - \left(\frac{t_0}{b_3-t_o}\right)^{\alpha_3}\right], \quad (8)$$

где $\Delta(0)$, $\psi_d(0)$ и $\Delta_f(0)$ -значения быстронатекающей ползучести в виде вертикального отрезка (первое слагаемое) и предельные (при $t\to\infty$) значения двух составляющих долговременной деформации бетона (обратимой и необратимой) в возрасте загружения $t_o \to 0$.

Уравнение (8) представлено, в отличие от предыдущих, суммой степенных функций гиперболического вида. Оно включает 10 параметров (6 из них нормируют по определенной методике, 4 рассматривают в качестве числовых констант). Проведенный в ЦНИИСе анализ, показал, что это уравнение удовлетворяет в основном поставленным требованиям, но не вполне отвечает условию 2. Представляет интерес сопоставление его с отечественными аналогами уравнения простой ползучести (2), (3) и (4).

На рис.3 показаны семейства кривых ползучести, ординаты которых вычислены по уравнениям (2), (3) и (8). На каждом из них нанесено аналогичное семейство кривых по уравнению (4). Корректность такого сравнения обеспечена тем, что все нормированные параметры в каждом из уравнений определены для одинаковых (эталонных) условий, характеризуемых по

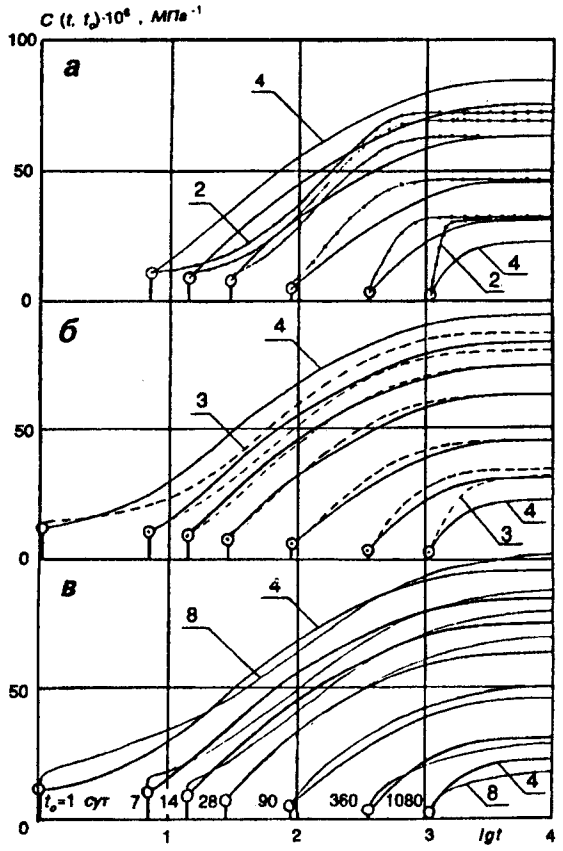


Рис.3. Расчетные кривые семейств простой ползучести по уравнениям (2), (3), (4) и (8) для эталонных условий

предложению ОИСИ [4] фиксированными уровнями определяющих факторов. Числовые оценки параметров уравнения (3) также получены в ОИСИ для тех же условий по результатам статистической обработки 275 опытных реализаций (в данном случае -12 параметров). На рис. 3,б и 3,в отчетливо видно, что, несмотря на ярко выраженные различия уравнений (3) и (8) друг от друга и от (4) по математической структуре, числу и методики нормирования числовых параметров, наблюдается хорошее соответствие характера расчетных кривых, включая их трансформацию с возрастом загружения. При этом преимущество

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

предлагаемого уравнения (4) по форме записи, числу параметров и другим признакам полностью сохраняется.

Сравнение расчетных кривых на рис.3,а подтверждает упомянутые ранее ограничения в отношении исходного уравнения (2). В данном случае удовлетворительная сходимость этого уравнения с (4) и, соответственно, с (3) и (8) наблюдается в диапазоне изменения t_o от 28 сут до 1 года (см. рис.2). Как следует из рис. 3,а, эти ограничения легко устранимы при записи (2) в шкале приведенного времени, аналогичной (4).

Напомним, что все представленные выше данные относятся к заданным (эталонным) условиям. Вопрос о согласованности семейств кривых ползучести в условиях, существенно отличных от эталонных, нуждается в дополнительном рассмотрении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александровский С.В. Расчет бетонных и железобетонных конструкций на изменение температуры и влажности.- М.: Стройиздат, 1973.

2. Арутюнян Н.Х., Колмановский В.Б. Теория ползучести неоднородных тел.-М.: Наука, 1983.

3. Бондаренко В.М., Бондаренко С.В. Инженерные методы нелинейной теории железобетона.-М.: Стройиздат, 1982.

4. Прокопович И.Е., Зедгенидзе В.А. Прикладная теория ползучести.-М.: Стройиздат, 1968.

5. Ржаницин А.Р. Теория ползучести.- М.: Стройиздат, 1968.

6. Прокопович И.Е., Мехадден Р. Об учете влияния модуля упругости на релаксацию напряжений в бетонных элементах.- в сб. Строительные конструкции, Киев:1991, вып.44.

7. Щербаков Е.Н. Математическая модель ползучести для расчета железобетонных конструкций.- в сб. научных трудов ЦНИИС, 1987.

8. Щербаков Е.Н. Важное направление совершенствования нормативной базы проектирования железобетонных конструкций.- В сб. научных трудов ЦНИИС, М.:1989.

9. Рекомендации по учету ползучести и усадке в расчетах железобетонных конструкций.-М.: Стройиздат, 1987.

10. Методические рекомендации по расчету напряженного состояния железобетонных конструкций транспортных сооружений с учетом ползучести и усадки бетона.- М.: ЦНИИС, 1987.

11. CEB Manual of structural effects of time-dependent behavior of concrete. No. 142/142bis. Paris-Lausanne, 1984.

12 CEB-FIP. Model Code for concrete structures.- Paris, 1978.

Вниманию специалистов!

Межрегиональная научно-техническая ассоциация "Железобетон" проводит 21—22 мая 1996 г. III конференцию по проблемам:

1. Арматура — свойства и применение.
2. Итоги Международных конференций и симпозиумов по бетону и железобетону в 1995 г.

Намечается заслушать более 40 докладов ведущих специалистов в указанных областях.

Регистрационный взнос за участие в конференции — 10 тыс.рублей, для организаций 100 тыс.рублей (5 участников).

Деньги можно перевести в Содбизнесбанк на р/с № 700717, МФО 44583662, код участника Т5 (для Москвы и Московской области); для СНГ и других городов России код 201792, корреспондентский счет 662161500.

Конференция состоится в НИИЖБе по адресу: Москва, 2-я Институтская ул., 6, проезд метро "Рязанский проспект", далее авт. 29, 143, 160, 169, трол. 63 до остановки "Институт бетона". Справки по тел. (095) 174-76-96.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 624.072.2/.3:624.023.942

Ф.А. ИССЕРС, д-р техн.наук, проф. (НИИЖБ); Л.Л ЛЕМЫШ, канд.техн.наук (ЦНИИПромзданий); Д.М. ЛАКОВСКИЙ, инж., В.М. ЭРЕНБУРГ, канд.техн.наук (Ин-т общественных зданий)

Регулирование усилий в статически неопределимых изгибаемых конструкциях

Одним из направлений повышения технического уровня статически неопределимых элементов является регулирование в них усилий за счет использования нелинейности диаграмм деформирования арматуры с физическим пределом текучести (в приопорных пластических шарнирах) при обеспечении нормальной эксплуатации конструкций.

В соответствии с теорией предельного состояния достижение в изгибаемой конструкции предела текучести растянутой арматуры наряду с разрушением сжатого бетона характеризует образование пластического шарнира и наступление предельного состояния элемента. Для того чтобы предельное состояние при эксплуатации конструкций не наступало, в нормах установлены коэффициенты запаса, ограничивающие напряжения в материалах.

В результате запасы по деформациям материалов со значительными предельными удлинениями в десятки раз больше, чем по напряжениям. Обоснованное снижение запасов по деформациям, главным образом мягкой арматуры, и допущение ее пластического течения при эксплуатации конструкций создает предпосылки для нормирования промежуточных, так называемых эксплуатационных пластических шарниров (ЭПШ). Формирование их в приопорных зонах конструкций дает возможность управлять на стадии проектирования перераспределением опорных и пролетных моментов в изгибаемых элементах, т.е. осуществлять регулирование усилий [1, 2].

ЭПШ является неполным пластическим шарниром (см.рисунок, поз. *а*), продольная растянутая арматура в сечениях которого на стадии эксплуатации деформируется пластически, остальная арматура — упруго, а сжатый бетон — упругопластически. ЭПШ располагается на одном из участков приопорной зоны статически неопределимой изгибаемой конструкции.

Регулирование перераспределения усилий с опор в пролет конструкции, как правило, может осуществляться на основе варьирования площади сечения продольной растянутой арматуры в ЭПШ и выбором места его формирования в приопорной части изгибаемого элемента. Использование ЭПШ, как показали экспериментальные исследования [3], позволяет ограничить значения опорных моментов в конструкциях их заданными величинами.

Перераспределение усилий в конструкциях с ЭПШ зависит от момента его формирования, т.е. от фактического предела текучести продольной растянутой арматуры в нем. Учет разброса физико-механических свойств этой арматуры позволяет установить верхнюю и нижнюю границы его изменения и соответственно изменения уровня перераспределения усилий. Установление верхней границы предела текучести необходимо для надежного расчета колонн и стыковых элементов. Наихудший вариант распределения усилий при этом определяет дополнительные запасы прочности конструкций с ЭПШ, что позволяет обеспечить высокий уровень их безопасности.

Однако достижение равной безопасности изгибаемых элементов, рассчитанных по действующим нормам и по предлагаемой методике, не ограничивается повышением общих коэффициентов запаса. Использование в них ЭПШ вызывает необходимость выполнения ряда дополнительных требований безопасности и к его компонентам в ЭПШ.

Эти требования сформулированы на основе теоретических разработок и комплекса экспериментальных исследований на натурных статически неопределимых железобетонных ригелях с приопорными ЭПШ, обеспечивающими перераспределение усилий при расчетной (в расчете по прочности) немногократно повторной статической нагрузке около 60%.

Нормальная эксплуатация конструкций с ЭПШ может быть обеспечена при выполнении, в первую очередь, следующих групп требований: 1 — обеспечение заданного при проектировании распределения изгибающих усилий; 2 — исключение опасности снижения несущей способности сечений в результате влияния ряда факторов, приведенных ниже; 3 — обеспечение нормальной эксплуатации и эффективности конструкций при увеличении, по сравнению с указаниями норм, максимальной ширины раскрытия трещин в ЭПШ для обеспечения широкого диапазона перераспределения усилий.

Первая группа требований связана с опасностью перегрузки приопорных сечений конструкций из-за упрочнения продольной растянутой арматуры в зоне ЭПШ, изменения положения ЭПШ и увеличения его длины, отклонения фактического предела текучести арматуры от указанного в нормах и его изменения из-за релаксации в продольной арматуре усилий при повторных нагружениях и др.

Вторая группа требований связана с опасностью продергивания продольной растянутой арматуры (см.рисунок, поз. *б*, *в*) на дальней от опоры

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

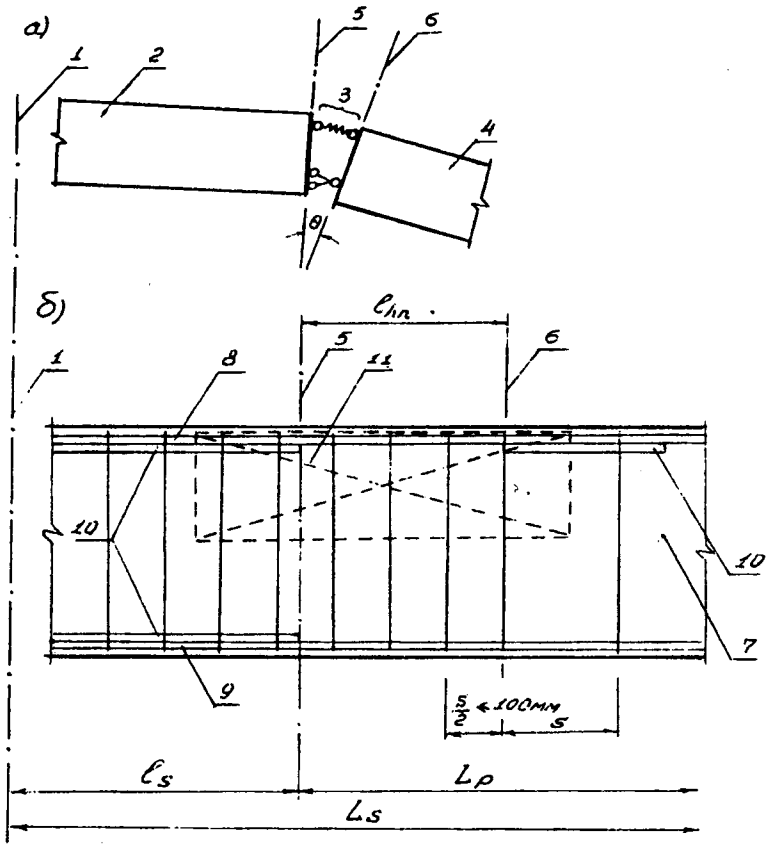


Схема (*а*) и конструкция (*б*) приопорного участка изгибаемого элемента с ЭПШ

1 — внутренняя грань опоры; *2* — приопорная часть конструкции; *3* — ЭПШ; *4* — пролетная часть конструкции; *5* — ближняя к опоре граница ЭПШ; *6* — дальняя от опоры граница ЭПШ; *7* — изгибаемая конструкция; *8* — растянутая продольная арматура; *9* — сжатая продольная арматура; *10* — анкерующие и усиливающие арматуру *8* и *9* элементы; *11* — стальная сетка

L_s — расстояние в свету между опорами конструкций; L_p — расстояние между ЭПШ; l_s — длина приопорной части конструкции; l_{hn} — длина ЭПШ; s — шаг поперечной арматуры, определенный в соответствии с требованиями норм

границе ЭПШ, потери устойчивости пластически деформировавшегося участка арматуры при перемене знака усилий, снижения прочности растянутой продольной арматуры при повторных нагружениях и коррозии, значительных деформаций сжатого бетона в ЭПШ и др.

Третья группа требований связана с обеспечением широкого диапазона регулирования усилий, с соблюдением эстетических требований при повышении предельной ширины раскрытия трещин в ЭПШ, с защитой от воздействий среды расположенной в этих ЭПШ арматуры, с возможным ограничением ширины раскрытия трещин в конструкции пола.

Ниже приведены методы и средства выполнения сформулированных выше требований.

По первой группе требований:

исключение возможности упрочнения растянутой продольной арматуры в ЭПШ достигается ограничением ее относительных деформаций за счет назначения расчетным путем длины ЭПШ, суммарные деформации на площадке текучести продольной растянутой арматуры в котором достаточны для реализации пластического поворота дальнего от опоры сечения ЭПШ (см.рисунок, поз. *6*) под воздействием нагрузки, приложенной после формирования шарнира. С этой же целью должен быть выполнен ряд условий, обеспечивающих более полное использование деформативности сжатого бетона (обеспечение $\xi \approx 0{,}35\ \xi_R$ или применение в ЭПШ полимербетона повышенной деформативности). Благоприятно также исключение сцепления указанной арматуры с бетоном при нанесении на нее защитного покрытия;

ЭПШ формируется в тех сечениях приопорной части конструкции, в которых отношение момента к жесткости является наибольшим. Поэтому его положение фиксируется увеличением жесткости на участке l_s между опорой конструкции и ближним к ней сечением ЭПШ за счет усиления продольной растянутой и сжатой арматуры и увеличением там же и в зоне ЭПШ интенсивности поперечной арматуры;

сечения ЭПШ имеют пониженную жесткость, поэтому следует учитывать, что его длина влияет на соотношение жесткостей и соответственно на распределение усилий. В связи с этим длина ЭПШ ограничивается и принимается не более 0,15 пролета конструкции в свету;

для обеспечения широкого диапазона регулирования изгибающих усилий продольную растянутую арматуру в ЭПШ целесообразно применять класса А-III (о 14...40). Естественный разброс физико-механических свойств этой арматуры (от которых зависит уровень перераспределения усилий) учитывается назначением верхнего и нижнего значений предела текучести, принятого в качестве ее расчетного сопротивления. Для первой группы предельных состояний верхнее и нижнее значения расчетного сопротивления растяжению этой арматуры в ЭПШ принимаются равными соответственно среднестатистическому значению предела текучести (учитывая запасы, принимаемые при назначении нагрузок) — 450 МПа [4] и значению, установленному в нормах, — 365 МПа, а для второй группы предельных состояний соответственно 450 и 390 МПа. При этом наибольшие относительные деформации в эксплуатационной стадии, соответствующие концу площадки текучести, принимаются равными 1% [4]. Максимально допускаемые деформации сжатого бетона принимаются равными 0,0035 [5];

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

для сохранения первоначального значения предела текучести арматуры в ЭПШ, которое может изменяться из-за снижения несущей способности сечений при повторной нагрузке, коррозии и от других факторов, необходимо ограничивать напряжения в конструкции величинами 0,80...0,97 от расчетных [6]. Уровень усилий обратного знака при разгрузке следует ограничивать величиной, при которой амплитуда изменения напряжений арматуры не будет превышать пределов текучести; надо также защищать арматуру в ЭПШ от коррозии [3].

По второй группе требований:

во избежание продергивания продольной растянутой арматуры необходимо предусматривать ее анкеровку на дальней от опоры границе ЭПШ (см. рисунок, поз. *а*, 10). При этом в ЭПШ не должны включаться участки верхней продольной арматуры, работающие по расчету на сжатие;

обеспечение устойчивости продольной растянутой арматуры при разгрузке достигается ограничением шага поперечной арматуры до 100 мм;

снижение несущей способности продольной растянутой арматуры при повторной нагрузке и коррозии надо исключать теми же способами, что применяются для исключения снижения величины предела текучести из-за повторности нагрузки и коррозии;

при расчете сечений ЭПШ по прочности необходимо соблюдать принятое для традиционных статически неопределимых конструкций условие $\xi \leqslant 0{,}35\,\xi_R$. Соблюдение данного неравенства целесообразно обеспечивать изменением площади сечения продольной сжатой арматуры в ЭПШ.

По третьей группе требований:

для обеспечения широкого диапазона перераспределения усилий предельное значение ширины раскрытия трещин в ЭПШ допускается увеличивать по сравнению с указаниями норм (для остальных участков конструкций оно остается прежним). При расчете по второй группе предельных состояний трещины в ЭПШ не должны превышать 0,75 мм, при этом в зоне ЭПШ устанавливается сетка с ячейками до 5x5 мм из проволоки о 1...2 мм (см.рисунок, поз. 11) и предусматривается защита арматуры от коррозии. Кроме того, следует вдвое уменьшить шаг поперечной арматуры на участке между опорой и ЭПШ включительно;

видимые в интерьере трещины шириной раскрытия более 0,4 мм (в ЭПШ) следует экранировать (например, подвесным потолком) или заполнять трещиностойкими покрытиями;

защита растянутой арматуры в ЭПШ от коррозии осуществляется методами, предложенными на основе исследований, проведенных в лаборатории коррозии НИИЖБа [7], с использованием в качестве защитного покрытия хлорсульфинированного полиэтилена или цинкового покрытия;

в зданиях необходимо предусматривать конструктивно-технологические мероприятия по исключению сцепления конструкций пола с ЭПШ.

В ходе экспериментальной проверки выявлено, что при уровне нагружения, близком к расчетному, перераспределение усилий с опор в пролет и угол поворота увеличились в ригелях к шестому циклу примерно на 10%, что корреспондируется с данными ранее выполненных исследований [6].

Расчетные значения длины ЭПШ и ширины раскрытия в них трещин при кратковременном нагружении могут определяться на основе методов, приведенных в [3].

Выполненный анализ эффективности образования ЭПШ в ригелях рамного каркаса общественных зданий (типа 1.020) показал, что приведенные затраты на него сокращаются почти на 20%, область применения ригелей расширяется по нагрузкам на перекрытие в среднем в 1,5 раза и по пролетам в 2 раза. При этом не требуется изменения размеров сечений существующих конструкций.

В частности, на основе полученных результатов в Институте общественных зданий Минстроя России в развитие серии 1.020.1-4 разработаны конструктивно-технологические решения ригелей высотой 600 мм для пролетов 6, 9, 12, 15 и 18 м под нагрузки соответственно 260, 180, 110, 70 и 50 кН/м.

В дальнейшем предусматривается проведение исследований, связанных с расширением области применения ЭПШ на другие группы конструкций и иные условия эксплуатации.

Выводы

1. Выполненный комплекс исследований позволил развить теорию предельных состояний применительно к статически неопределимым системам на основе использования резервов деформативности арматуры с физическим пределом текучести.

2. Результаты натурных испытаний опытных конструкций подтвердили правильность принятых теоретических предпосылок и надежность предложенных конструктивно-технологических решений приопорных эксплуатационных пластических шарниров, в растянутой арматуре которых при эксплуатационных нагрузках напряжения достигают физический предел текучести.

3. Установлено, что применение конструкций с ЭПШ позволяет эффективно управлять уровнем перераспределения усилий в конструктивных системах практически без ограничений диапазона их регулирования и без использования дорогостоящих технических средств, а также обеспечивает повышение их конкурентоспособности.

Библиографический список

1. Бердичевский Г.И., Подольский И.Я., Лаковский Д.М. Экспериментальные исследования преднапряженных ригелей со смешанным армированием //Предварительно напряженные железобетонные конструкции зданий и сооружений. — М.: НИИЖБ, 1985. — С. 68—77.

2. Эренбург В.М. Проектирование ригелей железобетонного рамного каркаса с учетом образования пластических

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

шарниров на стадии эксплуатации //Новые направления формирования общественных и учебных зданий. — М.: ЦНИИЭП учебных зданий, 1989. — С. 166—172.

3. Эренбург В.М. Эксплуатационные пластические шарниры в железобетонных ригелях рамных каркасов общественных зданий: Дис. ... канд.техн.наук. — М., 1994. — 260 с.

4. Рекомендации по испытанию и оценке прочности, жесткости и трещиностойкости опытных образцов железобетонных конструкций. — М.: НИИЖБ, 1987.

5. Кодекс-образец ЕКБ-ФИП для норм по железобетонным конструкциям (пер. с франц.). — М.: НИИЖБ, 1984. — 276 с.

6. Расторгуев Б.С., Цепелев С.В. Перераспределение усилий в железобетонных конструкциях при малоцикловых воздействиях //Бетон и железобетон. — 1989. — N 10. — С. 16—18.

7. НИИЖБ. Научно-технический отчет. Разработать рекомендации по антикоррозионной защите зоны эксплуатационного шарнира (ЭПШ). Авторы: М.Г. Булгакова, В.Ф. Степанова. — М.: НИИЖБ, 1993. — 17 с.

ИНФОРМАЦИЯ

2-я конференция межрегиональной Ассоциации "Железобетон"

24—25 мая 1995 г. в НИИЖБе состоялась 2-я конференция межрегиональной Ассоциации "Железобетон". Президиум (Михайлов К.В., Маркаров Н.А.) представил собравшимся отчет о деятельности Ассоциации за период после 1-й конференции и за прошедшие месяцы текущего года. Подробно о структуре и задачах Ассоциации сообщалось ранее в журнале "Бетон и железобетон" (№ 10 и № 12 за 1993 г.); об итогах 1-й конференции также имеется публикация в указанном журнале (№ 5 за 1994 г.), а в № 2 за 1995 г. опубликована программа 2-й конференции. В журнале "Бетон и железобетон" намечено создать постоянную рубрику, где будет помещаться информация о деятельности Ассоциации.

Президиум на своих заседаниях рассматривал вопросы текущей информационной и издательской деятельности, подготовки и проведения конференций, перспективного планирования на ближайшие годы, утверждал сметы, заслушивал информацию о Конгрессе ФИП в Вашингтоне, о приеме новых членов, обсуждал итоги 1-й конференции и т.д.

Ассоциация наметила проводить широкую информационную деятельность и в будущем, считая ее одной из главных задач (материалы будут издаваться на коммерческой основе по заявкам).

Подготовлен 2-й номер информационного сборника, который коллективные члены получают без дополнительной платы, и его можно заказать в индивидуальном порядке. Подготовлен пакет аннотаций докладов на этой конференции.

К моменту проведения 2-й конференции в составе Ассоциации зарегистрировано 27 коллективных и около 100 индивидуальных членов.

Большую помощь при подготовке и проведении конференции оказали спонсоры: ГНЦ РФ "Строительство" и НИИЖБ, Фонд помощи строительному делу и прогрессивным начинаниям, Московский государственный строительный университет.

Основу Ассоциации составят региональные отделения, т.е. каждый член будет входить в их состав. Уже сформированы несколько таких отделений (Дальневосточный, Сибирский, Пермский, при Московском государственном строительном университете). Так, в Сибирском отделении (руководитель Габрусенко В.В.) создано общество железобетонщиков, проведено несколько съездов железобетонщиков Сибири и Урала, издаются доклады и научные труды. Проведено совещание-семинар в Московском государственном строительном университете (руководитель — проректор, член президиума Ассоциации, проф. Забегаев А.В.) по теме: "Железобетон — состояние и перспективы развития", прочитано 30 докладов.

Интерес к деятельности Ассоциации увеличивается, все больше становится желающих стать ее коллективными и индивидуальными членами, получать нужные информационные материалы, просто информацию о том, что происходит в разных странах и международных организациях (ФИП, ЕКБ, РИЛЕМ), намечена организация постоянно действующих комиссий по соответствующим направлениям.

План работы Ассоциации на 1995 г. включает заседания президиума, подготовку и проведение 3-й конференции, подготовку докладов 2-й конференции для публикации в журнале "Бетон и железобетон", установление связей с другими научными организациями, привлечение новых членов (коллективных, индивидуальных) Ассоциации.

В программу 3-й конференции намечается включать сообщения как о наших достижениях, так и об итогах работы крупнейших международных форумов (конгрессы и симпозиумы ФИП, ЕКБ, РИЛЕМ и т.д.).

Участники 2-й конференции из Москвы, Екатеринбурга, Новосибирска, Новгорода, Казани,

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Петрозаводска, Брянска, Перми, Ухты и других городов заслушали 18 докладов ведущих ученых и специалистов России (профессоры Малинина Л.А., Батраков В.Г., Крылов Б.А., Клевцов В.А., Хайдуков Г.К., Орентлихер Л.П., Руденко И.Ф., Жуков В.В., Гузеев Е.А., д.т.н. Подвальный А.М., Сизов В.П., к.т.н. Бабаев Ш.Т., Каприелов С.С., Будагянц Л.И., Ярмаковский В.Н., Ухова Т.А., Королева Г.П., Максимов Ю.В.) по важнейшим проблемам современного бетоноведения, о различных видах бетона для массовых и уникальных конструкций будущего, эксплуатируемых в разнообразных температурно-влажностных и агрессивных условиях, а также о новых видах цемента и добавок, которые используются сегодня или будут применяться в следующем столетии.

Кроме того, были заслушаны доклады по итогам работы XII Конгресса ФИП (г. Вашингтон) и о деятельности комитетов данной Международной федерации по преднапряженному железобетону (Мамедов Т.И., Сасонко Л.В.).

Обсудив существующее положение дел с применением бетонов в строительстве, а также проанализировав перспективы дальнейшего развития этого материала, конференция провозгласила следующее:

1. Бетон является основным строительным материалом современности и останется таковым в обозримом будущем, однако требует дальнейшего развития и совершенствования с учетом условий эксплуатации возводимых из него конструкций. Объемы его применения будут возрастать, области использования расширяться. Наряду с развитием сборного железобетона увеличиваются объемы строительства зданий и сооружений из монолитного железобетона. Сборный и монолитный железобетон необходимо и дальше развивать с разумным определением целесообразной сферы их применения.

2. В целях обеспечения высокого качества и долговечности железобетонных конструкций, эксплуатируемых в различных условиях, необходимо значительно расширить исследования по созданию новых видов бетонов на основе применения бетонов, изготовленных из новых материалов — высокопрочных и высокоактивных цементов, новых видов заполнителей, в том числе получаемых из отходов промышленности; химических добавок — суперпластификаторов, микрокремнезема, стабилизаторов; минеральных добавок — компенсирующих усадку, уплотняющих бетоны. Необходимы комплексные исследования структуры бетонов, ее совершенствования, управления и регулирования процессом схватывания, формирования, ускорения твердения; в области модифицирования бетонов требуется создание продуктов полифункционального действия, направленного регулирования свойств бетонной смеси и бетонов введением в их состав модификаторов в виде совмещенного водорастворимого или водоразбавленного продукта полифункционального назначения на основе органических соединений и электролитов различной природы и механизма действия.

3. В связи с дальнейшим освоением районов Севера, богатых нефтью, газом и минеральным сырьем, необходимо возобновить практически приостановленные исследования по строительству сооружений из железобетона при низких отрицательных температурах среды и в вечной мерзлоте. Соответствующие министерства, строительные организации и различные компании должны предусмотреть средства для проведения таких исследований.

4. Ввиду резкого свертывания в последние годы государственного финансирования науки строительные лаборатории перестали получать новое современное оборудование и аппаратуру, что привело к приостановлению проведения фундаментальных исследований в области бетона и железобетона. Такое положение чревато серьезнейшими последствиями для развития отечественного строительства. Считаем необходимым просить руководство Государственного научного Центра "Строительство" поставить вопрос перед Миннаукой и Минстроем России о регулярном выделении средств на приобретение оборудования для исследовательских целей в указанной области, зарубежных научных журналов и на участие отечественных специалистов в международных организациях по бетону и железобетону (ФИП, РИЛЕМ, ЕКБ и др.).

5. Производство сборного железобетона и применение монолитных конструкций невозможно без серьезной нормативной базы. За последние годы практически прекратились разработка и издание нормативной и инструктивной литературы (кроме переиздания некоторых ГОСТов). По некоторым вопросам производства бетонных работ приходится пользоваться нормативными документами 20...30-летней давности, да и они стали библиографической редкостью. Просить ГНЦ "Строительство" совместно с Минстроем России разработать программу подготовки и выпуска большого пакета инструктивных и нормативных документов по бетону и железобетону с соответствующим финансированием этой работы.

6. В целях повышения качества выпускаемой продукции из бетона и железобетона (а также материалов, из которых они готовятся) необходимо срочно решать проблему сертификации качества, без которой не должны выпускаться и применяться бетонные и железобетонные изделия и конструкции. Необходимо через строительные журналы и газеты провести работу по разъяснению потребителям бетона и изделий из него о необходимости применять изделия и материалы только при наличии сертификата качества.

7. В связи с тем что научно-техническая информация о бетоне и железобетонных конструкциях, получаемая в результате участия наших специалистов в международных организациях (ФИП, ЕКБ и др.), практически перестала поступать из-за неуплат с нашей стороны, просить Руководство ГНЦ РФ "Строительство" обратиться в Минстрой РФ,

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Миннауки РФ и РААСН с просьбой о выделении валютных средств для погашения задолженности и выплаты взносов за 1994—1995 гг.

8. Просить редакцию журнала "Бетон и железобетон" опубликовать наиболее важные доклады 2-й конференции, посвятив этому тематические номера.

9. Утвердить план работы Ассоциации "Железобетон" на 1995 г.; одобрить ее деятельность за 1994—1995 гг., отметив, что она позволяет ученым и специалистам из проектных и производственных организаций объединиться для решения важнейших проблем в области бетона и железобетона. Желательно организовать также региональные конференции по наиболее важным проблемам строительства из бетона и железобетона, актуальным для того или иного региона России. Отметить плодотворную деятельность в этом направлении общества железобетонщиков Сибири и Урала, усилиями которого проведено уже пять межрегиональных съездов и конференций.

К.В. МИХАЙЛОВ,
президент Ассоциации
"Железобетон", д-р техн.наук,
проф.;
Н.А. МАРКАРОВ, ученый секретарь Ассоциации "Железобетон",
д-р техн.наук, проф.

Достижения науки — в практику строительства

Продолжая традиции развития обмена опытом в области фундаментальной и прикладной строительной науки, под эгидой Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН) в этом году состоялись международные конференции в гг. Белгороде и Саранске.

С 26 по 29 сентября на базе Белгородской Государственной технологической академии строительных материалов (председатель оргкомитета ректор академии, чл.-корр. РААСН профессор В.А. Ивахнюк) прошла Международная конференция "Ресурсо- и энергосберегающие технологии строительных материалов, изделий и конструкций", научные чтения были посвящены 25 летию Академии. Оргкомитетом запланированы и заслушаны заказные доклады и сообщения по 11 секциям с изданием по итогам чтений научных сборников по поступившим в адрес конференции более 600 тезисам докладов по тематике международного форума. Состав секций был определен по следующим направлениям:

I СЕКЦИЯ — Энерго- и ресурсосбережение в производстве цемента и других вяжущих материалов (В.К. Классен);

II СЕКЦИЯ — Научно-технический прогресс в области стекла и стеклокристаллических материалов (Н.И. Минько);

III СЕКЦИЯ — Новейшие достижения в производстве керамических изделий и огнеупоров (Ю.Е. Пивинский);

IV СЕКЦИЯ — Повышение эффективности машин и комплексов в промышленности строительных материалов (В.С. Богданов);

V СЕКЦИЯ — Машины и оборудование промэкологии и экологический мониторинг (В.А. Минко, Л.Н. Балятинская);

VI СЕКЦИЯ — Снижение материалоемкости и эффективные конструктивно-технологические решения, проектирование и расчет зданий и сооружений (В.М. Бондаренко, В.А. Ивахнюк, О.М. Донченко);

VII СЕКЦИЯ — Проблемы архитектурно-строительного материаловедения и ресурсосберегающие технологии производства изделий и конструкций (Ю.М. Баженов, В.С. Лесовик);

VIII СЕКЦИЯ — Автоматизация и управление в промышленности строительных материалов и стройиндустрии (В.Г. Рубанов, И.С. Константинов);

IX СЕКЦИЯ — Новые технические и технологические решения в производстве оборудования для промышленности строительных материалов (Н.А. Пелипенко);

X СЕКЦИЯ — Совершенствование хозяйственного механизма в строительной индустрии в условиях рыночной экономики (А.А. Рудычев);

XI СЕКЦИЯ — Социально-экономические и культурологические факторы и гарантии ресурсосбережения (Л.Г. Галкин, Л.Я. Дятченко).

Среди содержательных докладов, сделанных специалистами-практиками, руководителями крупных промышленных объединений и акционерных обществ, особой содержательностью были отмечены доклады вице-президента РААСН, академика В.М. Бондаренко, ректора БГТАСМ член-корр. РААСН В.А. Ивахнюка, академика РААСН Ю.М. Баженова. Итоги большой научной работы были представлены в докладах академиков РААСН Н.И. Карпенко (Москва), П.Г. Комохова (Санкт-Петербург), членов-корр. РААСН Т.Б. Арбузовой (Самара), Р.З. Рахимова (Казань), Е.М. Чернышова (Воронеж) и др.

В работе конференции приняли участие и выступили многие ученые, практики, представители деловых кругов и инвесторов стран СНГ и Европы.

С 13 по 16 ноября в Мордовском государственном университете им. Н.П. Огарева

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

(председатель оргкомитета — проректор университета, чл.-корр. РААСН, проф. В.П. Селяев) состоялась Международная конференция "Долговечность строительных материалов и конструкций", на которой обсуждены вопросы обеспечения, прогнозирования повышения долговечности строительных материалов и конструкций, метод восстановления их эксплуатационной пригодности и усиления при реконструкции зданий, сооружений и памятников архитектуры. В программу конференции были включены пленарные и секционные доклады по следующим направлениям:

СЕКЦИЯ А. Сопротивление композиционных материалов действию агрессивных сред и полей;

СЕКЦИЯ В. Долговечность строительных конструкций;

СЕКЦИЯ С. Методы прогнозирования долговечности строительных материалов и конструкций;

СЕКЦИЯ Д. Опыт восстановления эксплуатационной пригодности и усиления строительных конструкций при реконструкции зданий, сооружений и памятников архитектуры.

Программа конференции включала в себя пленарные доклады, работу по секциям, стендовые доклады и компьютерные демонстрации.

Участники конференции продемонстрировали свои программные продукции на ПЭВМ типа IBM PC.

Белгородская государственная технологическая академия строительных материалов (308012, Белгород, ул. Костюкова, 46) подготовила к выпуску сборники тезисов докладов.

Аналогичные сборники по теме конференции готовит Мордовский государственный университет (430000, Саранск, ул. Большевистская, 68).

В.И. Римшин,
ученый секретарь отделения строительных наук РААСН,
канд.техн.наук

ПОЗДРАВЛЯЕМ ЮБИЛЯРА

12 октября 1995 г. в НИИЖБе состоялось чествование замечательного юбиляра, одного из крупнейших в своей области ученых страны, доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники России, лауреата премии Совета Министров СССР Л.А. МАЛИНИНОЙ.

В течение многих лет Лариса Алексеевна занимается решением важнейших проблем развития технологии бетонов, включая использование различных методов тепловой обработки железобетонных конструкций массового применения на заводах сборного железобетона и стройплощадках, всемерной экономии цемента и энергии, использования в бетонах техногенных отходов производства. Она активно участвует в создании новых видов вяжущих и способов их получения, добивается расширения номенклатуры выпускаемых цементов и бетонов и повышения их качества.

Многие научные разработки ученого находятся на уровне мировых стандартов, ею получено более 50 авторских свидетельств и ряд патентов. Много сил она отдает обучению молодых кадров. Под ее руководством подготовлено 27 специалистов высшей квалификации.

Но не только бетон занимает мысли ученого. Ее большое увлечение — это сад и цветы. Все свое свободное время она отдает даче, разведению великолепных цветов, созданию красоты на земле.

НИИЖБ испытывает гордость, имея в своих рядах ученого с мировым именем, специалиста высочайшего класса, обаятельного, разносторонне одаренного и доброжелательного человека, и желает дорогой Ларисе Алексеевне сохранить на долгие годы ее творческий потенциал и оптимизм в преодолении трудностей нашего непростого времени.

С любовью и нежностью, коллектив НИИЖБ

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

К 60-летию деятельности Научно-исследовательского института транспортного строительства (АО ЦНИИС)

В нынешнем году транспортные строители отметили 60-летие основания головного научно-исследовательского института в области транспортного строительства — АО ЦНИИС, вся история которого неразрывно связана с этой отраслью.

20 октября состоялось юбилейное заседание Ученого совета, на котором ведущие ученые и специалисты подвели некоторые итоги большого и зачастую нелегкого пути многотысячного коллектива.

Велики роль и вклад института как одного из ведущих научных центров в повышение технического уровня отрасли, в подготовку высококвалифицированных научных кадров, в решение многочисленных и разнообразных проблем проектирования и строительства транспортных сооружений, в том числе из бетона и железобетона.

Новые, порой уникальные технические решения, разработанные учеными института, основаны на новейших достижениях фундаментальной и прикладной науки и сделали ЦНИИС признанным научным авторитетом в нашей стране и за рубежом.

В активе ученых и специалистов института их большой вклад в строительство железных дорог в экстремальных природно-климатических условиях Сибири, п-ва Ямал, других регионов, в сооружение мостовых переходов через крупнейшие реки страны со сложными гидрологическими и ледовыми режимами, в строительство тоннелей в исключительно сложных инженерно-геологических и сейсмических условиях, в том числе на трассе БАМа, метрополитенов в крупнейших городах России и СНГ, в возведение портовых сооружений на разных морях и морских железнодорожных переправ. Этот перечень можно было бы продолжить.

Широко известен неоценимый вклад ученых ЦНИИСа в разработку и внедрение передовых технологий производства железобетона и сооружений из него, а также в развитие фундаментальных проблем теории бетона и железобетона, эффективных методов расчета железобетонных конструкций.

Коллектив института сердечно поздравили со славным юбилеем президент Корпорации "Трансстрой" В.А. Брежнев; Министры Российской Федерации: транспорта — В.Б. Ефимов, науки и технической политики — Б.Г. Салтыков, строительства — Е.В. Басин, путей сообщения — Г.М. Фадеев; мэр Москвы Ю.М. Лужков, а также ведущие ученые и специалисты из многих регионов страны.

Редколлегия журнала "Бетон и железобетон" шлет со своей стороны самые сердечные поздравления славному коллективу ЦНИИСа в связи со знаменательным 60-летием и выражает наилучшие пожелания здоровья, счастья и новых творческих успехов всем ученым и сотрудникам института.

Редакционная коллегия: Ю.М. Баженов, В.Г. Батраков, В.М. Бондаренко, В.В. Гранев, В.Г. Довжик, А.И. Звездов, Ф.А. Иссерс, Б.И. Кормилицын, К.В. Михайлов, В.А. Рахманов, И.Ф. Руденко, Р.Л. Серых (главный редактор), В.П. Сизов, В.М. Скубко, В.Р. Фаликман, Ю.Г. Хаютин, А.А. Шлыков (зам.главного редактора), Е.Н. Щербаков

Корректор *Н.Я. Шатерникова*

Подписано в печать 15.11.95. Формат 60x88 1/8. Печать офсетная. Бумага книжно-журнальная.
Усл.печ.л. 3,92. Усл.кр.-отт. 4,92. Уч.-изд.л. 5,2. Тираж 1 600 экз. Заказ №1741

Адрес редакции:
Москва, Георгиевский пер., д. 1, строение 3, 3-й этаж
Почтовый адрес редакции (экспедиция): 101442, Москва, Долгоруковская ул., 23а
тел. 292-62-05

Отпечатано в типографии № 9
Комитета РФ по печати
109033, Москва, Волочаевская, д. 40

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

АО "Горнозаводскцемент"

предлагает заинтересованным организациям

ЦЕМЕНТЫ

Области применения	Виды цемента
Монолитные бетоны: дороги, мостостроение, гидроспецстрой, промышленное строительство, гражданское строительство **Сборный железобетон:** гражданское строительство, промышленное строительство, спецноменклатура	**Портландцемент с минеральными добавками быстротвердеющий марок:** ПЦ400-Д5-Б ГОСТ 10178-85 ПЦ500-Д5-Б ПЦ400-Д20-Б ПЦ500-Д20-Б **Портландцемент бездобавочный быстротвердеющий марок:** ПЦ400-ДО-Б ГОСТ 10178-85 ПЦ500-ДО-Б **Напрягающий цемент марки НЦ-10** ТУ 212613-90 **Безусадочный цемент марок:** ПЦ400-БУ ТУ 212613-90 ПЦ500-БУ **Тампонажный марки** ПЦТ-Д20-50 ГОСТ 1581-91 **Портландцемент с минеральными добавками и бездобавочный марок:** ПЦ400-ДО ПЦ400-Д20 ПЦ500-ДО ПЦ600-Д20

Все цементы АО "Горнозаводскцемент" гарантированной марки, нормальная густота 24—25%, обладают высокой ранней прочностью в условиях нормального твердения, а также при пропаривании.

На цементе марки 400 получают бетоны классов по прочности В15—В30 (средняя прочность 196—393 кгс/см^2 при коэффициенте вариации 13,5%).

На цементе марки 500 изготовляют бетоны классов по прочности В15—В40 (средняя прочность 196—524 кгс/см^2 при коэффициенте вариации 13,5%).

Применение цементов марки 500 совместно с суперпластификатором позволяет получить бетон класса В45 (средняя прочность 589 кгс/см^2).

Цементы АО "Горнозаводскцемент" с суперпластификаторами обеспечивают проектные классы бетона со снижением расхода вяжущего до 15—20%.

Почтовые реквизиты:
618820 г. Горнозаводск
Пермской области
Телефон 2-11-33
Телетайп 634192 "Бетон"
Факс 2-20-28

Платежные реквизиты:
Расчетный счет 000467982
в Горнозаводском отделении
Чусовского филиала акционерного
коммерческого банка
"Пермкомбанк"
Кор. счет 700161950
в РКЦ г. Лысьва МФО 185185

Отгрузочные реквизиты:
Станция Пашия
Свердловской жел. дор.
Код станции 767007
Получатель
АО "Горнозаводскцемент"
Код получателя 4014

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

обл.

МАЛОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "ВНИР"

предлагает

приборы и оборудование для строительных лабораторий

Оборудование и приборы для определения механических свойств материалов: пресса гидравлические настольные, приборы для определения твердости, динамометры растяжения на 5, 10 и 20 тонн, индикаторы для линейных измерений.

Нагревательные приборы: электропечи типа СНОЛ-1,6.2,5; СНО-5,5,5/5, электрошкафы сушильные типа СНОЛ-3,5; бани комбинированные лабораторные БКЛ, пропарочные камеры.

Приборы и устройства для испытаний вяжущих, заполнителей, бетонов, растворов: формы для бетонных образцов, приборы для определения активности цемента и густоты растворов, вискозиметры Суттарда, сита КСИ и КСВ, воронки ЛОВ для стандартного метода определения насыпного веса песка, конусы КА для определения пластичности бетонных смесей, мерная металлическая посуда (1, 2, 5, 10 л), вибростолы, мешалки для приготовления цементного теста в лабораторных условиях.

Приборы для неразрушающего контроля качества: склерометры, молотки Кашкарова, рычаги динамометрические для стандартного метода контроля прочности мелкозернистого бетона и раствора, приборы ИЗС-10Н для измерения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры, виброметры, приборы ЭИН-МГ4 для определения предварительного напряжения в арматуре, электронные измерители влажности древесины, дозиметры, искатели трубопроводов ИТ-5 для обнаружения подземных коммуникаций, ультразвуковые течеискатели для определения мест негерметичности объектов под избыточным давлением газа, комплекты приборов для определения объемного содержания газов в дымовых и газовых смесях.

Весы, гири, разновесы

Измерители температуры и времени: термометры спиртовые, ртутные, электронные с выносными датчиками, секундомеры.

Химическая и лабораторная посуда: приборы для определения плотности цемента и заполнителей, эксикаторы, мензурки от 50 до 500 мл, мерные цилиндры от 100 до 2000 мл, мерные колбы от 25 до 500 мл, пробирки от 5 до 25 мл, ареометры, клеемеры, стеклянные воронки диаметром 95 мм, бюретки на 50 мл.

Инструменты, приспособления: линейки металлические длиной 500 мм, лупы измерительные 10-кратные ЛИ-3-10*, наборы щупов измерительных, преобразователи напряжения ПР-1000 для электропитания высокочастотного инструмента.

Сборники законодательных и нормативных актов по стандартизации в строительстве в 7 частях.

Заявки с указанием контактных телефонов направлять по адресу:
117602, Москва, а/я 282, МП "ВНИР" или по телефону/факсу: 138-53-14.

ISSN 0005—9889 Бетон и железобетон. — 1995. № 6. 1—32

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru