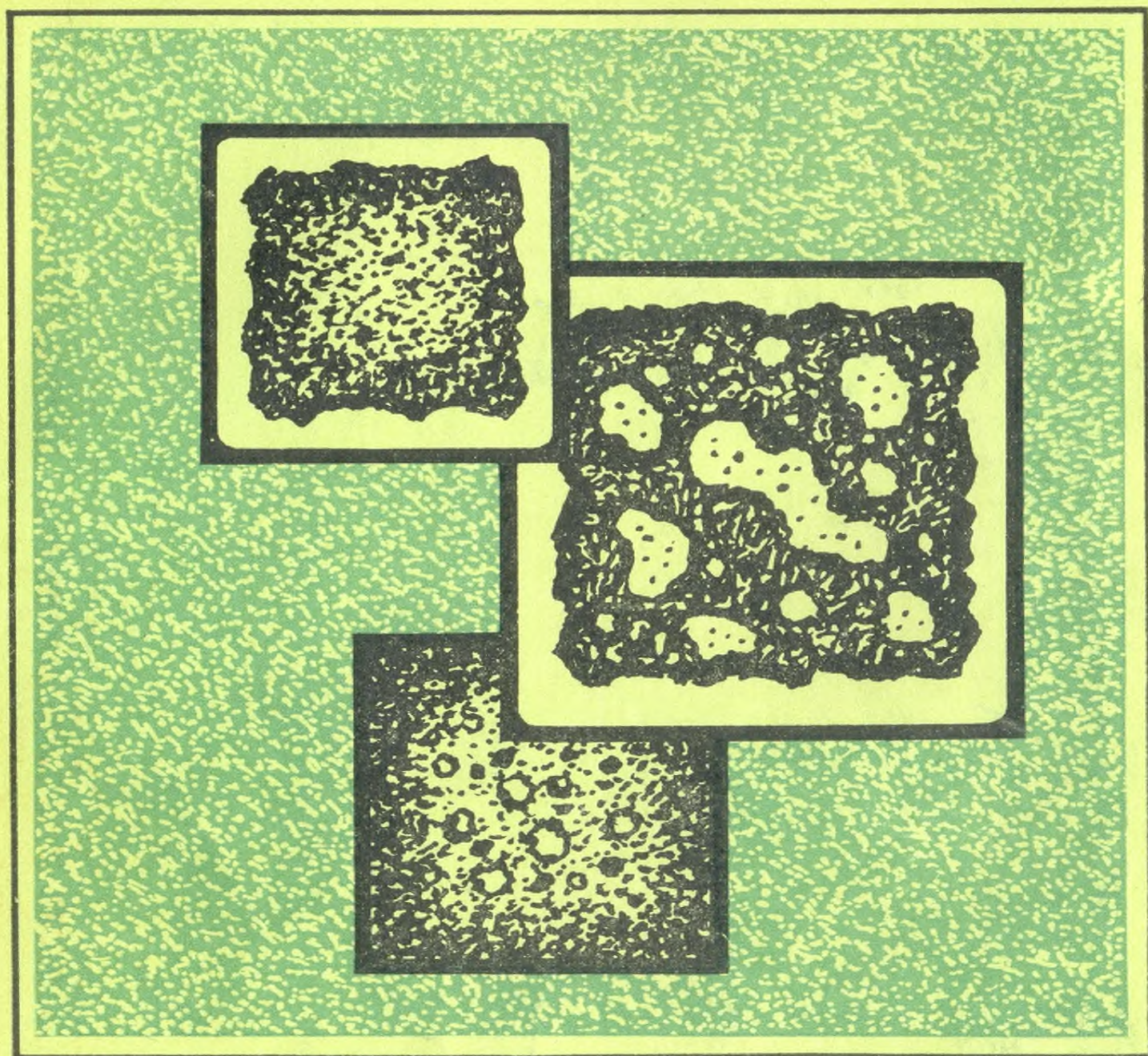




ИНЖЕНЕРУ-ПРОЕКТИРОВЩИКУ

О. Я. ЦЫПКИНА

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ И АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ



О. Я. Цыпкина

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ
И АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ

УДК 691 : 699.82

Гидроизоляция и антикоррозионная защита железобетонных конструкций и сооружений. Цыпкина О. Я. Киев, «Будівельник», 1977, с. 80.

В книге описан новый способ гидроизоляции и антикоррозионной защиты железобетонных конструкций и сооружений с применением кремнийорганических и органических полимеров, основанный на образовании гидрофобного слоя с последующим нанесением полимерных составов, освещены технология гидрофобно-антикоррозионной защиты и опыт ее внедрения при строительстве промышленных предприятий и других объектов.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников строительных, проектных и научно-исследовательских организаций.

Ил. 45. Табл. 32. Список лит.: с. 80

Рецензент *И. М. Носалевич*

Редакция литературы по специальным и монтажным работам в строительстве

Заведующая редакцией *З. Н. Конеева*

Библиотека строителя

Серия «Инженеру-проектировщику»

Ольга Яковлевна Цыпкина

Гидроизоляция и антикоррозионная защита железобетонных конструкций и сооружений

Редактор *Т. Ю. Копачевская*

Обложка художника *В. И. Гридковца*

Художественный редактор *Л. В. Хохлова*

Технический редактор *О. Г. Шутьженко*

Корректор *М. М. Полищук*

ИБ № 218

БФ 09895. Сдано в набор 18 VII. 1977 г. Подписано к печати 9. XI. 1977 г. Формат бумаги 60×90¹/₁₆. Бумага типографская № 1. 5 физ. печ. л., 5 усл.-печ. л., 5,23 уч.изд. л. Тираж 15 000. Заказ 7—1608. Цена 30 коп.

Издательство «Будівельник», Киев, Владимирская, 24.

Киевская фабрика печатной рекламы РПО «Полиграфкнига»
Госкомиздата УССР, Киев, Выборгская, 84.

Ц $\frac{30210-183}{M203(04)-77}$ 34—77

© Издательство «Будівельник», 1977

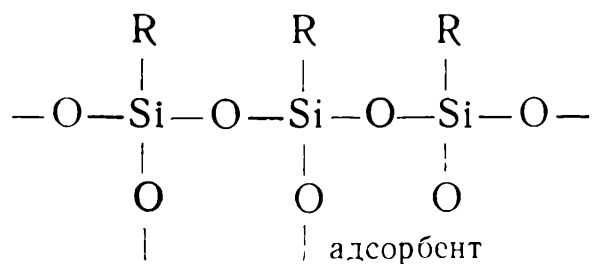
Глава I. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГИДРОФОБИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Гидрофобизация строительных изделий кремнийорганическими гидрофобизаторами представляет собой процесс ориентированной хемсорбции. На поверхности лиофильных адсорбентов, к которым можно отнести большинство строительных материалов, в том числе разнообразные ячеистые, легкие и тяжелые бетоны, наряду с физической протекает химическая адсорбция с фиксацией поверхностно-активного вещества.

Согласно современным воззрениям в области теории адсорбции и явлений смачивания на поверхности адсорбента, даже при обычных температурах, происходят существенные изменения, которые чисто химически затрагивают поверхностные слои атомов, ионов или молекул, из которых состоит этот адсорбент.

Процесс гидрофобизации твердого тела протекает эффективно только в тех случаях, когда адсорбционный слой ориентированных молекул обращен углеводородными радикалами в окружающую среду благодаря прочной химической связи адсорбируемого вещества с поверхностью адсорбента.

Механизм гидрофобизирующего действия кремнийорганических мономеров и полимеров состоит в том, что при взаимодействии находящихся в их составе реакционноспособных атомов или групп (гидроксильные группы, окислы и гидроокислы металлов), входящих в состав минеральных строительных материалов, образуются полимерные соединения, придающие материалу гидрофобные свойства. При этом полимеры ориентированы таким образом, что силоксановые связи обращены к поверхности адсорбента и связаны с ней химически; углеводородные радикалы, входящие в состав кремнийорганических соединений (CH_3 , C_2H_5 , C_6H_5 и др.), направлены наружу:



Образованные полиорганосилоксаны благодаря наличию кремнийкислородной цепи характеризуются высокой теплостой-

костью, воздухо- и паропроницаемостью, стабильностью свойств в широком диапазоне температур (как положительных, так и отрицательных), атмосферостойкостью [1].

Исследования автора показали, что при взаимодействии компонентов строительных материалов с кремнийорганическими соединениями при определенных параметрах образуется полимолекулярный гидрофобный слой, что свидетельствует о полимолекулярной хемсорбции.

Эффективность процесса гидрофобизации зависит от структурных особенностей и свойств адсорбента, адсорбируемых веществ и растворителей.

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ АДсорбЕНТОВ И ГИДРОФОБИЗАТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГИДРОФОБИЗАЦИИ

На процессе адсорбции в значительной мере сказывается структура пор адсорбента (табл. 1, рис. 1). Так, газошлакобето-

Таблица 1

Материал	Объемная масса, кг/м ³	Водопоглощение, проц.	Преобладающий размер пор, мм	Площадь макропор, проц.		
				общая	закрытых	открытых
Пеносиликат	700	55,8	0,4—0,9	33	21	12
	900	35,0	0,4—0,6	31	23	8
Пенобетон	750	38,8	0,7—1,0	34	17	17
	950	36,1	0,6—0,9	29	21	8
Газошлакобетон	1400	18,3	0,4—0,6	30	30	—
Газошлакосиликат	700	49,8	0,4—0,5	43	15	28
Газоспонголитобетон	1100	34,3	0,3—0,6	31	11	20

ны, пеносиликаты с добавкой цементного вяжущего, пенобетоны, характеризующиеся закрытыми порами и упорядоченной структурой, хорошо поддаются гидрофобизации. Газошлакосиликаты, газоспонголитобетоны с меньшим количеством замкнутых пор, большим количеством сообщающихся пор, с трещинами характеризуются высоким водопоглощением, малой эффективностью гидрофобизации (рис. 2).

На эффективность гидрофобизации также существенно влияет адсорбционная способность. С увеличением адсорбционной способности растут гидрофобный эффект [2], толщина гидрофобного слоя.

Таким образом, эффективность процесса гидрофобизации возрастает с увеличением числа замкнутых пор на адсорбенте и адсорбционной способностью.

Процесс адсорбции органических веществ тесно связан со структурой адсорбируемых молекул. Процесс хемсорбции протекает тем лучше, чем больше молекулярная масса адсорбируемых молекул, чем больше содержится в них активных полярных групп, ненасыщенных связей, линейно расположенных углеводородных радикалов. Особая роль в процессе хемсорбции придается водородной связи.

Рассмотрим особенности различных кремнийорганических гидрофобизаторов для бетонов — алкилсиликонатов натрия и полналкилгидросилоксановой жидкости.

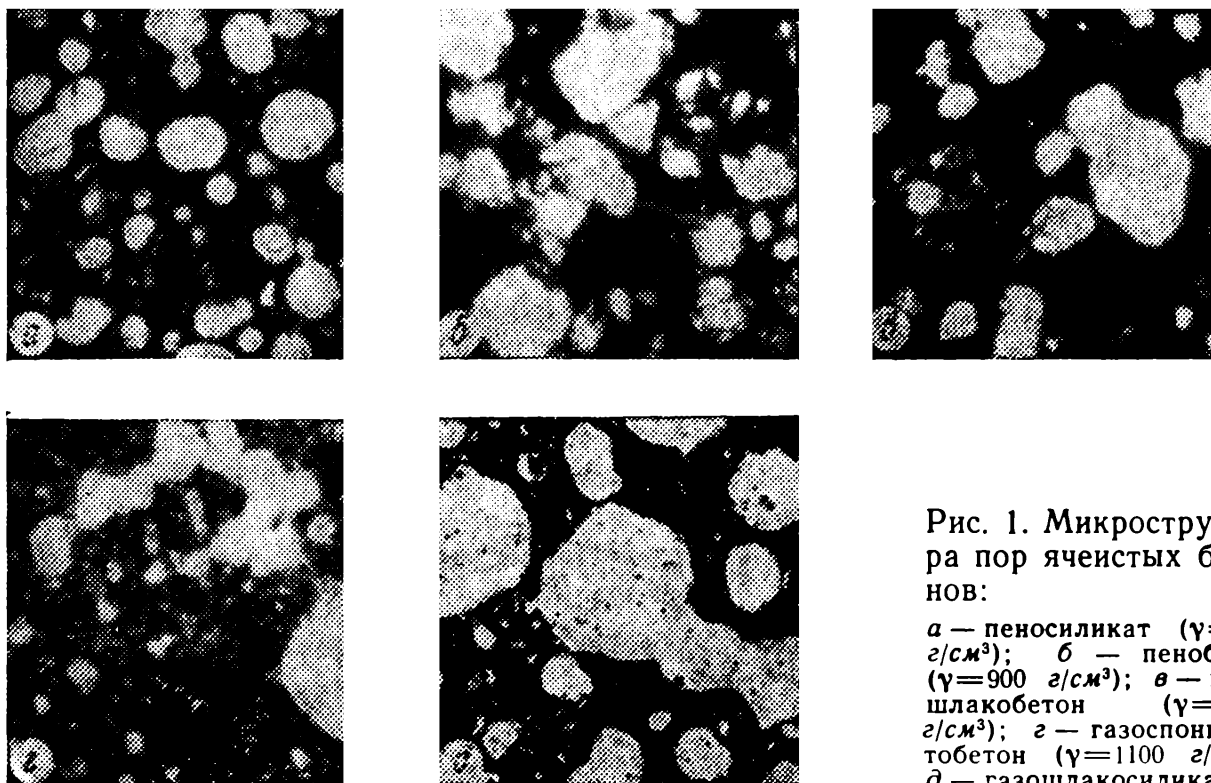


Рис. 1. Микроструктура пор ячеистых бетонов:

а — пеносиликат ($\gamma=800$ г/см³); *б* — пенобетон ($\gamma=900$ г/см³); *в* — газослакобетон ($\gamma=1400$ г/см³); *г* — газоспонголитобетон ($\gamma=1100$ г/см³); *д* — газослакосиликат.

К алкилсиликонатам натрия с общей формулой $\text{HO}[\text{RSi}(\text{ONa})\text{O}]_n\text{H}$ относятся ветилсиликонат натрия (МСН), этилсиликонат натрия (ЭСН), фенилсиликонат натрия (ФСН) и другие соединения [1]. В разбавленных водно-спиртовых растворах алкилсиликонаты натрия существуют в виде моно- и димерных молекул ($n=1\div 2$). В концентрированных растворах и $n=4\div 12$. Свойства растворов алкилсиликонатов натрия стабильны в течение длительного времени.

К преимуществам алкилсиликонатов натрия относятся их способность растворяться в воде, невысокая стоимость и низкая температура замерзания. Главным недостатком их является высокая щелочность ($\text{pH}=13\text{—}14$), что значительно снижает эффективность гидрофобизации при образовании водоотталкивающего полимера на бетоне и других строительных материалах в результате резкого замедления процесса полимеризации силиконатов натрия. Для снижения щелочности растворов алкил-

силиконатов натрия к ним добавляют уксусную кислоту или соли аммония [1]. Однако эти добавки способствуют появлению выделов на гидрофобизированной поверхности.

В последнее время для повышения гидрофобизирующего эффекта в растворы алкилсиликонатов натрия вводят металлический алюминий [3].

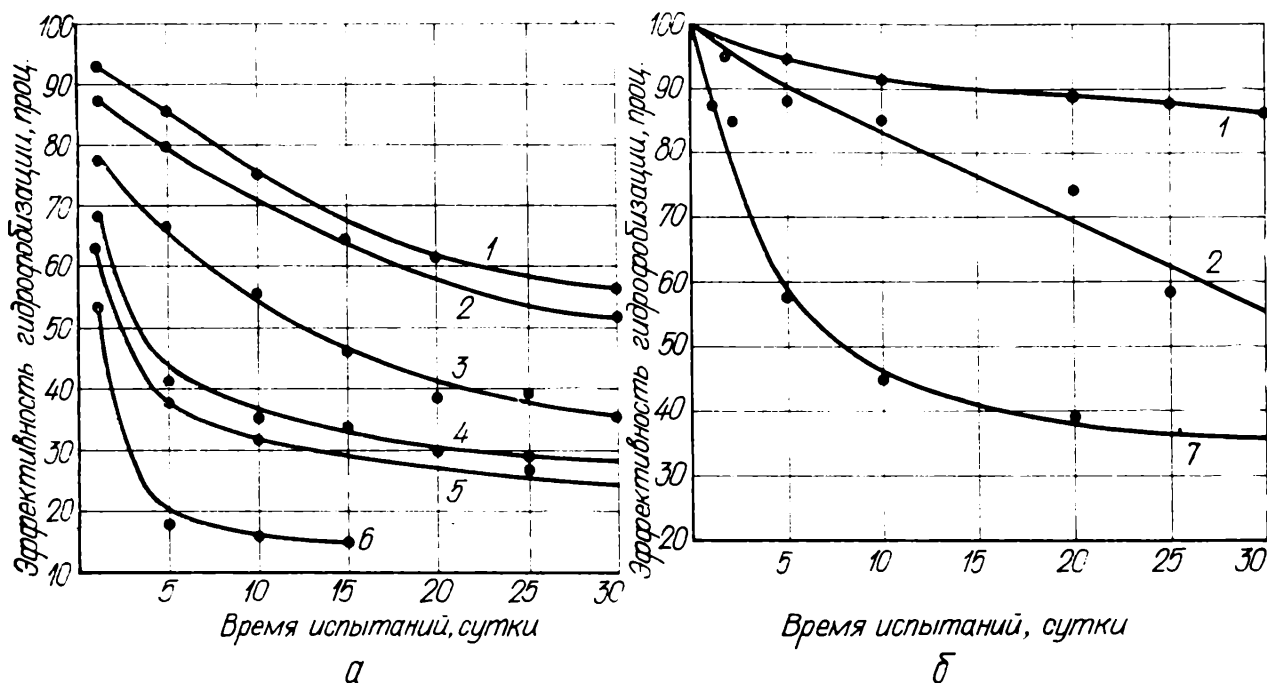


Рис. 2. Эффективность гидрофобизации бетонов раствором метилсиликоната натрия (а) и водной эмульсией полиэтилгидросилоксановой жидкости (б): 1 — бетон марки 200; 2 — пеносиликат ($\gamma=800 \text{ кг/см}^3$) с добавкой цементного вяжущего; 3 — пенобетон; 4 — газшлакобетон; 5 — газоспонголитобетон; 6 — пеносиликат ($\gamma=700 \text{ кг/см}^3$); 7 — газшлакосиликат.

Отечественная промышленность выпускает водно-спиртовые растворы метилсиликоната натрия (ГКЖ-11) и этилсиликоната натрия (ГКЖ-10), содержащие до 30% основного вещества. Щелочность этих растворов 13—15%, плотность 1,19, температура замерзания — 18—20°C. Кроме того, производятся фенил, винил и аллилсиликонаты натрия (ГКЖ-11Ф, ГКЖ-12, ГКЖ-18). В последнее время разработана технология получения этил- и метилсиликонатов натрия в виде порошкообразных продуктов, хорошо растворимых в воде [1]. Их основные преимущества — практически неограниченный срок хранения и растворимость в воде, что позволяет получать растворы любой концентрации.

Гидрофобизирующее действие полиалкилгидросилоксановых жидкостей с общей формулой $(\text{RSiOH})_n$ обусловлено наличием в них активных атомов водорода, связанных с атомом кремния, $\equiv\text{Si-H}$.

Химическое взаимодействие строительных материалов с полиалкилгидросилоксанами при обычной температуре протекает с участием щелочных агентов, чем и объясняется универсаль-

ность и эффективность этого гидрофобизатора для железобетонных конструкций. В щелочной среде происходит сшивание полисилоксановых цепей между собой. Механизм взаимодействия указанных гидрофобизаторов с адсорбентом описан в ряде работ [1, 3].

Высокими гидрофобизирующими свойствами по отношению к железобетонным конструкциям обладают полиорганосилоксаны, содержащие фенильную, этильную и этокси группы.

Наибольший гидрофобизирующий эффект для бетонных конструкций дают эмульсия метилтринафтеносилоксилана в керосине, водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости (ГКЖ-94), полифенилэтосилоксанополиоксиметилена (ФФ) в толуоле [1]. Широко применяется полиэтилгидросилоксановая жидкость (ГКЖ-94) в виде раствора в уайт-спирите или в виде водных эмульсий.

Полиэтилгидросилоксановая жидкость практически является универсальным гидрофобизатором. Она содержит 1,3—1,42% активного водорода, бесцветна, коррозионно не активна, не выделяет вредных паров и газов, легко растворяется в ароматических углеводородах (бензин, бензол, толуол, уайт-спирит), с водой образует водные эмульсии. Выпускается отечественной промышленностью в виде 100% продукта и водных эмульсий с различными эмульгаторами (ГКЖ-280, ГК-277, ГК-561, ГК-570).

Полиэтилгидросилоксановые жидкости обладают более высоким гидрофобизирующим эффектом для большинства строительных материалов, в том числе тяжелых, ячеистых и легких бетонов, чем алкилсиликонаты натрия. Это можно объяснить зависимостями между структурой молекул и их адсорбцией. Полиэтилгидросилоксановая жидкость, имеющая повышенную молекулярную массу, активные реакционно-способные функциональные группы Н, связанные с кремнием $\equiv \text{Si} - \text{H}$ и C_2H_5^- , характеризуется большим адсорбционным сродством, чем метил- и этилсиликонат натрия. Высокая реакционная способность этого соединения благодаря наличию активного водорода способствует прочному закреплению гидрофобных пленок на материале.

Гидрофобные покрытия на основе полиэтилгидросилоксановой жидкости отличаются высокими атмосферо- и морозостойкостью, кислотоустойчивостью.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССА ГИДРОФОБИЗАЦИИ

Теоретически обоснованный выбор типа гидрофобизатора, его оптимальной концентрации применительно к данному адсорбенту, периода их контакта может обеспечить высокую эффективность процесса гидрофобизации, осуществляемого все в большем масштабе в строительстве с целью повышения долговечности сооружений.

Количественная оценка процесса гидрофобизации с целью выбора основных технологических параметров гидрофобизации конструкций основана на изучении процессов смачивания для системы гидрофобизатор — строительный материал.

Степень смачивания твердого тела жидкостью зависит от соотношения адгезии жидкости к твердому телу и когезии самой жидкости и характеризуется углом смачивания (или краевым

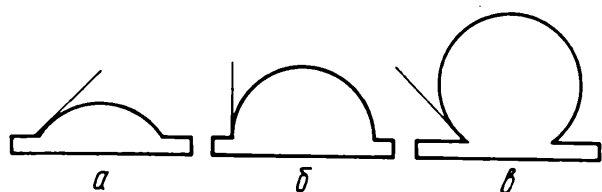


Рис. 3. Различные случаи смачивания:

$a - \theta_k = 53^\circ$; $б - \theta_k = 90^\circ$; $в - \theta_k = 141^\circ$.

углом смачивания θ_k , образуемым каплей с поверхностью твердого тела (рис. 3). Если адгезия между твердым телом и жидкостью равна когезии или превышает ее, краевой угол смачивания равен нулю. В этом случае капля растекается по поверхности адсорбента и смачивает его (рис. 3, a). Если адгезия между твердым телом и жидкостью в два раза меньше когезии, краевой

угол смачивания равен 90° . При полном отсутствии адгезии между твердым телом и жидкостью краевой угол должен быть равен 180° (абсолютная несмачиваемость). Так как некоторая адгезия всегда существует, то практически краевой угол не достигает 180° (рис. 3, $в$). Если адгезия между жидкостью и твердым телом меньше когезии самой жидкости, жидкость не смачивает твердое тело. Отсюда происходят понятия о гидрофобных (несмачиваемых) и гидрофильных (смачиваемых) телах (рис. 4).

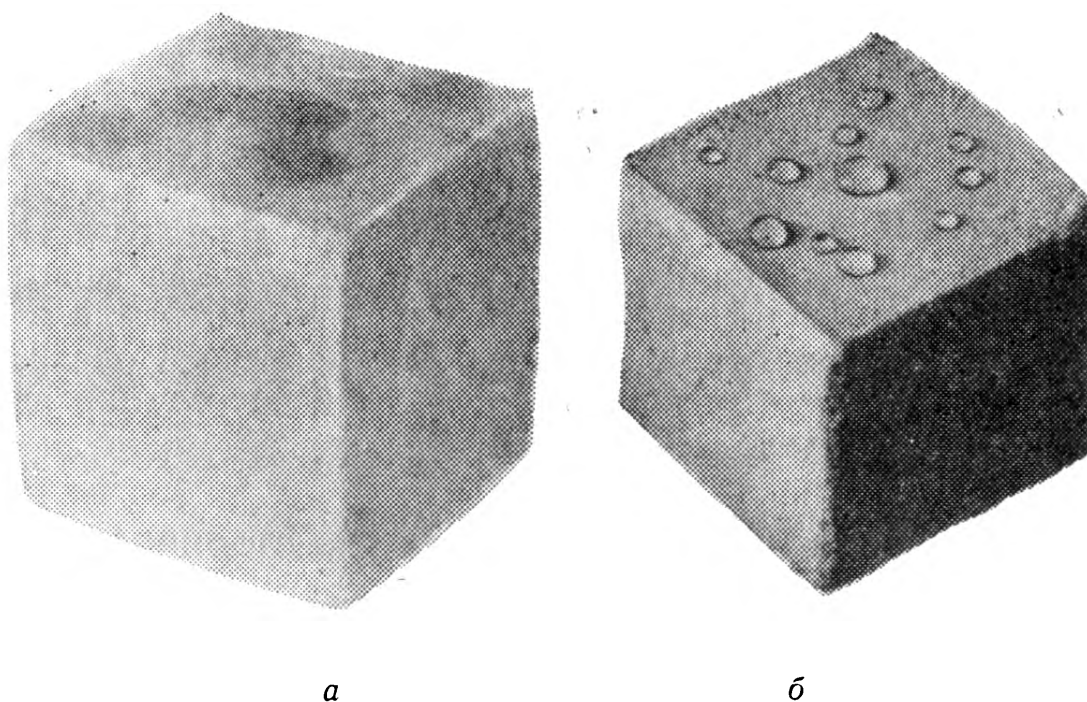


Рис. 4. Капли воды на образцах негидрофобизированного (a) и гидрофобизированного ($б$) пеносиликата.

Твердые тела, с которыми вода образует краевой угол θ_k меньше 90° , называют гидрофильными (вогнутый мениск), а краевой угол θ_k , равный 90° , гидрофобными (плоский мениск).

Для пористых материалов углы смачивания являются не истинными, а кажущимися в связи с явлением гистерезиса смачивания [4].

Гидрофобизирующие вещества в виде маловязких растворов и эмульсий легко проникают в глубь материала, в особенности в

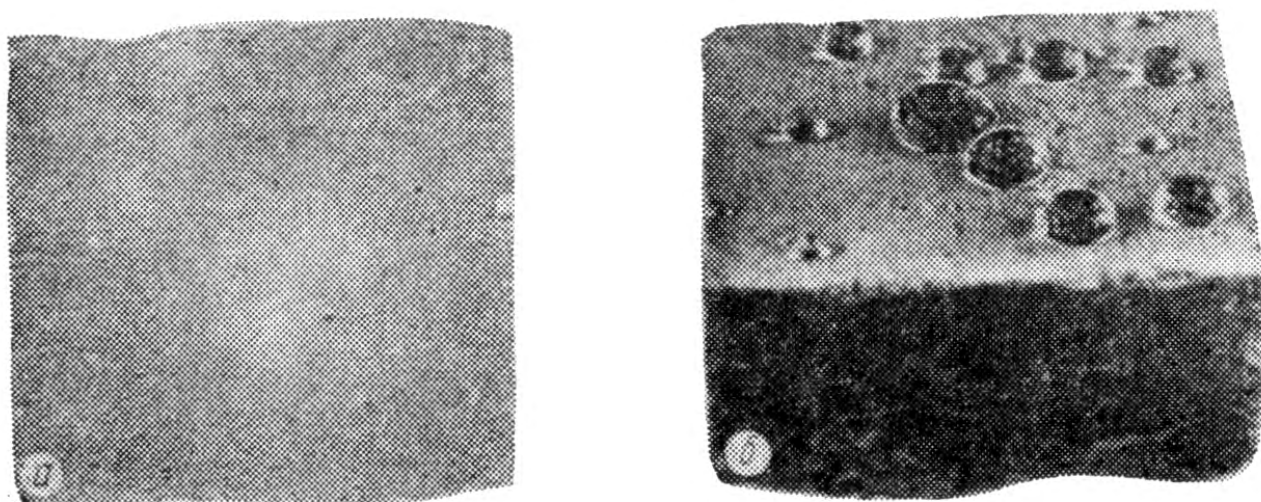


Рис. 5. Гидрофобный слой (а) и гидрофобная пленка (б) на сечении образца пеносиликата, гидрофобизированного водной эмульсией полиэтилгидросилоксановой жидкости.

ячеистые бетоны, и в результате химического взаимодействия с адсорбентом образуют гидрофобный слой. Этот слой можно обнаружить на сечении образца, загидрофобизированного методом окунания, путем просвечивания под ультрафиолетовой лампой. В гидрофобизирующий раствор предварительно вводят щелочной раствор флуоресценина. Так, гидрофобный слой при гидрофобизации пеносиликатов полиэтилгидросилоксановой жидкостью можно обнаружить через 2 ч (рис. 5, а). При дальнейшем хранении на воздухе вследствие, по-видимому, процессов окисления образуется гидрофобная пленка по всей поверхности сечения образца (рис. 5, б).

На образование гидрофобного слоя на адсорбентах существенно влияет концентрация гидрофобизатора и период контакта. Так, при гидрофобизации пеносиликатов метилсиликонатом натрия максимальный полимолекулярный гидрофобный слой в основном образуется в течение двух суток при концентрации гидрофобизатора 4% и периоде контакта 5 мин (рис. 6). Полное насыщение гидрофобного слоя происходит за семь суток. При использовании полиэтилгидросилоксановой жидкости гидрофоб-

ный слой образуется в основном за сутки при концентрации гидрофобизатора 15% и периоде контакта 5 мин (рис. 7, а). Полное насыщение слоя происходит за 5 суток *. Аналогичные зависимости получены для других ячеистых и легких бетонов. В тяжелых бетонах гидрофобный слой образуется медленнее, чем в ячеистых и легких (рис. 7, б).

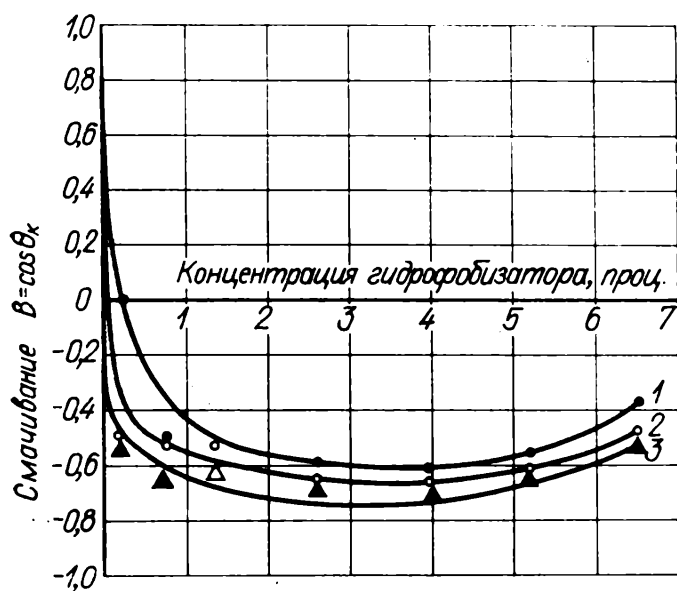


Рис. 6. Влияние периода контакта и концентрации гидрофобизатора (метилсиликонат натрия) на насыщение и изменение гидрофобного слоя в пено-силикате во времени:

1 — 30 сек; 2 — 3 мин; 3 — 5—7 мин.

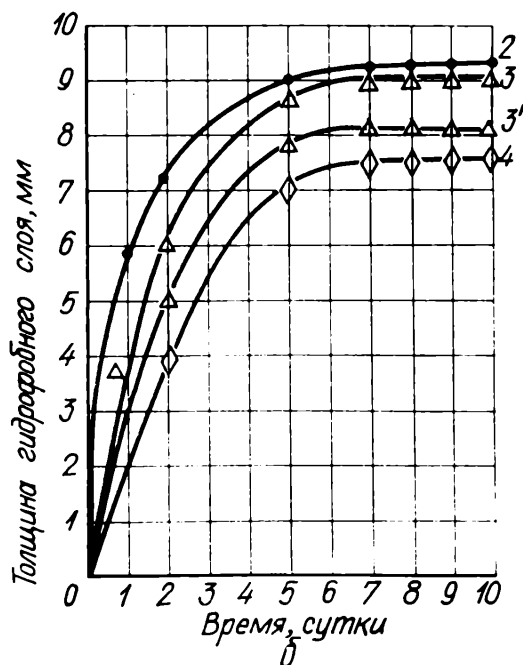
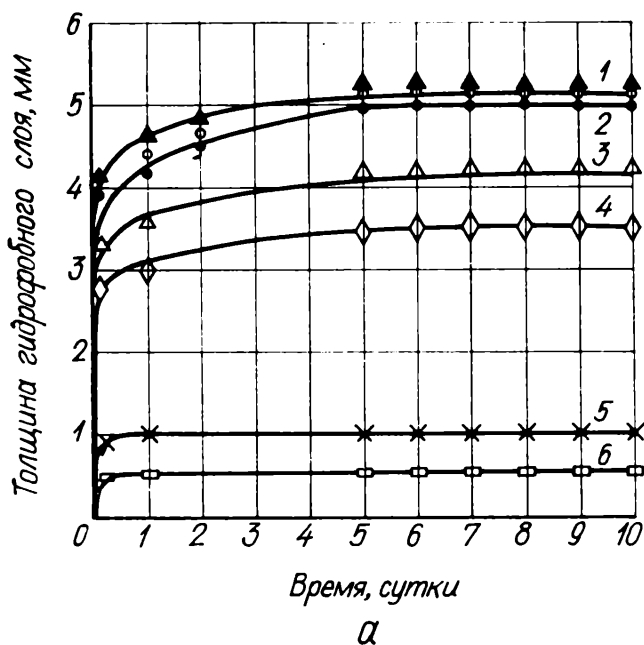


Рис. 7. Влияние концентрации гидрофобизатора (водная эмульсия полиэтил-гидросилоксановой жидкости) на изменение толщины гидрофобного слоя во времени:

а — в пеносиликате; б — в цементно-песчаном растворе и бетоне; 1—6 — концентрация гидрофобизатора соответственно 20—30; 15; 10 (3' — в тяжелом бетоне); 5; 3 и 1%.

* Последние исследования автора показали, что при повышенных температурах и применении катализатора насыщение гидрофобного слоя может происходить за 15—30 мин.

Исследованиями автора установлено, что при механизированных способах гидрофобизации крупноразмерных строительных конструкций и сооружений (напыление) оптимальные параметры составляют: давление 2 кгс/см^2 , период контакта 30 сек (рис. 7, 8).

Количественную зависимость смачивания B от концентрации гидрофобизатора c при равновесном состоянии можно выразить с помощью изотерм смачивания [5]. Изотермы смачивания для

Рис. 8. Влияние периода контакта при напылении гидрофобизатора (водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости) на изменение толщины гидрофобного слоя во времени на пеносиликате:

1 — 5 мин; 2 — 30 сек; 3 — 6 сек; 4 — 3 сек.

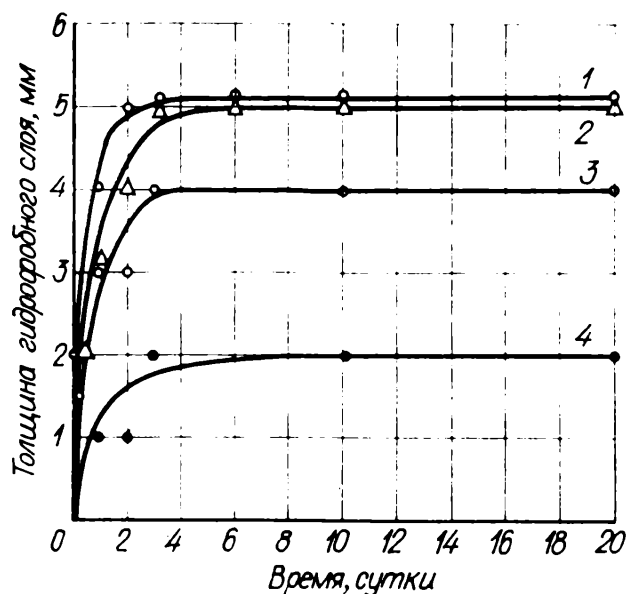


Рис. 9. Экспериментальные (1) и теоретические (2) изотермы смачивания на границе адсорбент — гидрофобизатор (метилсиликонат натрия):

а — пеносиликат; б — тяжелый бетон.

системы адсорбент — метилсиликонат натрия (рис. 9) подтверждают, что как для ячеистых, так и для тяжелых бетонов оптимальная концентрация метилсиликоната натрия составляет 4% (по чистому веществу). При большей концентрации смачивание несколько увеличивается, что связано с явлением «перемасливания». Для системы адсорбент — полиэтилгидросилоксановая

жидкость оптимальная концентрация гидрофобизатора как в виде водной эмульсии, так и в виде раствора в уайт-спирите составляет 15% (рис. 10).

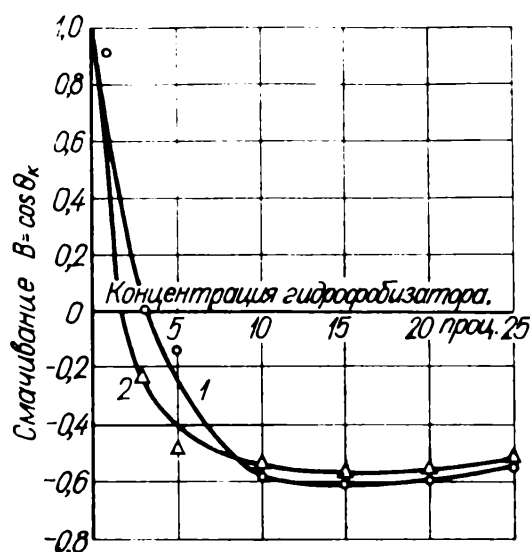


Рис. 10. Экспериментальные изотермы смачивания на полимолекулярном слое тяжелого бетона при гидрофобизации:

1 — водной эмульсией полиэтилгидросилоксановой жидкости; 2 — раствором полиэтилгидросилоксановой жидкости в уайт-спирите.

Количественная оценка гидрофобизирующей активности различных гидрофобизаторов при помощи изотерм смачивания показала более высокую активность полиэтилгидросилоксановой жидкости по сравнению с алкилсиликонатом натрия. Так, гидрофобизирующая активность полиэтилгидросилоксановой жидкости составляет 792,8 а метилсиликоната натрия — 232,6 [5].

ПРОЦЕССЫ ГИДРОФИЛИЗАЦИИ НА МОНО- И ПОЛИМОЛЕКУЛЯРНОМ ГИДРОФОБНЫХ СЛОЯХ

Главным показателем долговечности гидрофобных покрытий является интенсивность их гидрофилизации. Сущность процесса гидрофилизации состоит в следующем. Молекулы, адсорбируясь на гидрофобных поверхностях из водной среды, ориентируются на гидрофобном слое таким образом, что полярные группы обращены во внешнюю среду, а углеводородные радикалы — к гидрофобному слою без химического связывания, т. е. происходит «обратная» ориентация молекул поверхностно-активных веществ на адсорбенте, приводящая к увеличению смачивания [4].

Процессы гидрофилизации наблюдаются при избыточном количестве поверхностно-активного вещества на гидрофобных поверхностях твердого тела (выше оптимальной концентрации гидрофобизатора), при протекании химических реакций на гидрофобной поверхности, при длительном воздействии воды на гидрофобную поверхность адсорбента, а также в результате многократного увлажнения и высыхания строительных конструкций, находящихся в эксплуатации.

Характерным примером гидрофилизации является образование углекислого натрия в результате процесса карбонизации на поверхности строительных конструкций при взаимодействии

строительных материалов или гидрофобизатора (например, метилсиликоната натрия) с углекислотой окружающей среды.

Изотермы смачивания (прямые и обратные) для процесса гидрофилизации на мономолекулярном слое для системы пено-силикат — метилсиликонат натрия при многократных циклах увлажнения и высыхания приведены на рис. 11, а. При концентрациях гидрофобизатора до 2,5% и 10 сутках испытаний обратная изотерма смачивания переходит в область смачивания. При увеличении концентрации гидрофобизатора до 4% процесс гидро-

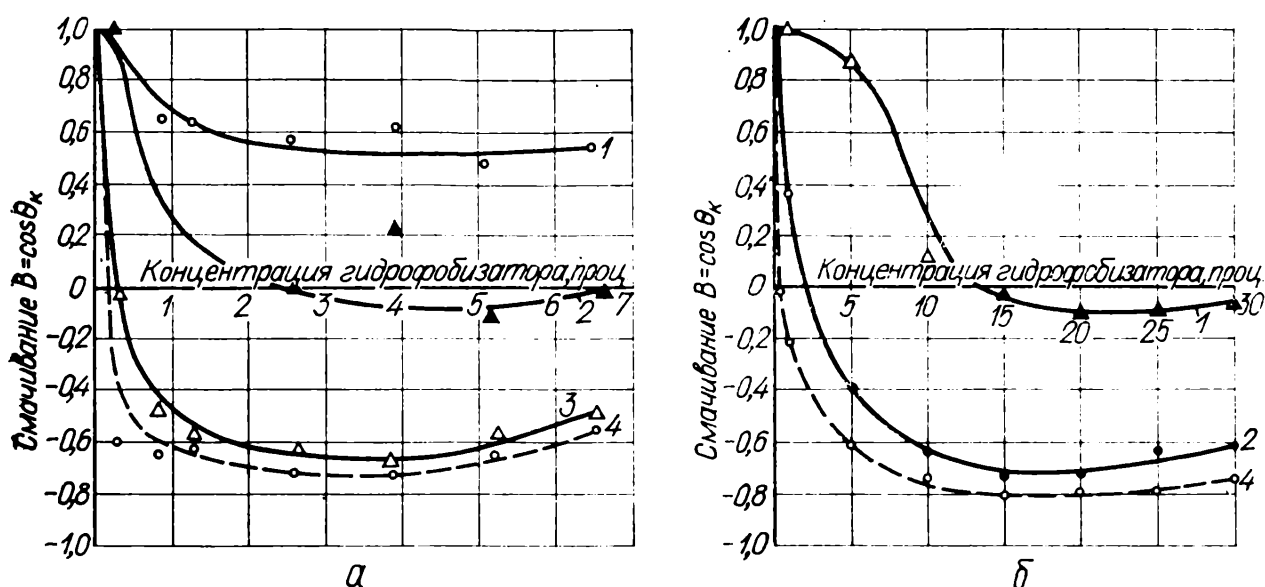


Рис. 11. Изотермы смачивания для процессов гидрофилизации (1—3) и гидрофобизации (4) на мономолекулярном гидрофобном слое при многократных циклах увлажнения и высыхания на границе пеносиликата:

а — с метилсиликонатом натрия; б — с раствором полиэтилгидросилоксановой жидкости в уайт-спирите; 1—3 период испытаний соответственно 50, 10 суток, 1 сутки.

филизации протекает менее интенсивно. При 50 сутках испытаний изотерма полностью переходит в область смачивания. Изотерма смачивания для процесса гидрофилизации значительно отстает от изотермы смачивания для процесса гидрофобизации, что указывает на интенсивность первого при использовании в качестве гидрофобизатора метилсиликоната натрия.

При применении полиэтилгидросилоксановой жидкости процесс гидрофилизации протекает менее интенсивно, чем при использовании метилсиликоната натрия. Изотерма смачивания для процесса гидрофилизации в данном случае отстает от изотермы гидрофобизации в меньшей степени. При концентрации гидрофобизатора до 12% изотерма находится в области смачивания. При большей концентрации она переходит в область несмачивания (рис. 11, б).

Ближкие результаты получены для тяжелых бетонов и цементно-песчаных растворов.

Изотермы смачивания для процессов гидрофобизации и гидрофилизации на полимолекулярном слое для системы пено-

силикат — метилсиликонат натрия (рис. 12, а) свидетельствует о том, что процесс гидрофилизации протекает интенсивно до концентрации 3,5% при 50 сутках испытаний. При большей концентрации изотерма переходит в область несмачивания. То же наблюдается для тяжелого бетона.

Процесс гидрофилизации на полимолекулярном слое на границе пеносиликат — полиэтилгидросилоксановая жидкость за

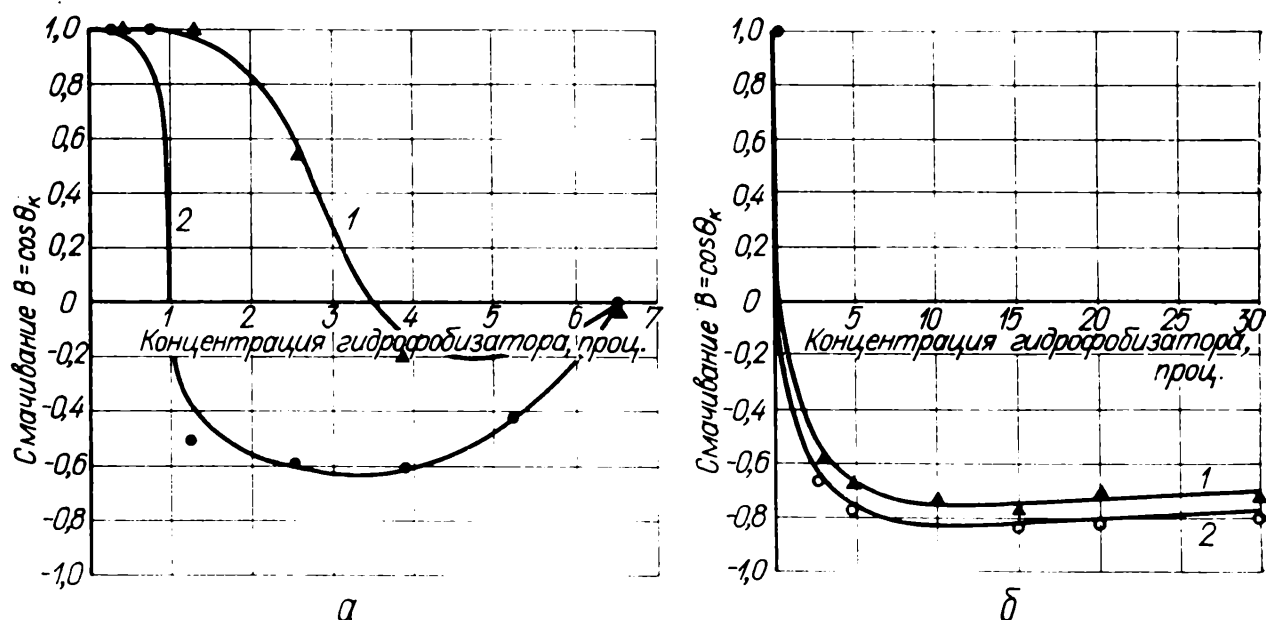


Рис. 12. Изотермы смачивания для процессов гидрофилизации (1) и гидрофобизации (2) на полимолекулярном гидрофобном слое при многократных циклах увлажнения и высыхания на границе пеносиликата:

а — с метилсиликонатом натрия; б — с водной эмульсией полиэтилгидросилоксановой жидкости.

120 суток переменного увлажнения и высыхания протекает крайне медленно (рис. 12, б). Изотерма смачивания для процесса гидрофобизации приближается к изотерме смачивания для процесса гидрофилизации. Значения смачивания остаются высокими. Аналогичные результаты получены для тяжелых бетонов и цементно-песчаных растворов.

Комплексные исследования позволили сделать общий вывод, согласно которому процесс гидрофилизации на мономолекулярном слое протекает интенсивнее, чем на полимолекулярном (табл. 2). Исследования подтвердили, что для создания эффективных и долговечных гидрофобных покрытий на железобетонных конструкциях необходимо создавать полимолекулярный гидрофобный слой, наиболее устойчивый при оптимальных концентрациях гидрофобизаторов, и что при выборе наиболее эффективного гидрофобизатора для гидрофобизации железобетонных конструкций следует отдавать предпочтение полиэтилгидросилоксановой жидкости и другим соединениям этого класса.

Таблица 2

Тип гидрофобизатора	Вид испытаний	Время испытаний *	Смачивание $W = \cos \theta_k$		Потеря гидрофобных свойств, проц.
			до испытаний	после испытаний	
Водная эмульсия поли-этилгидросилоксановой жидкости: а) на полимолекулярном слое б) на мономолекулярном слое	Многократные циклы увлажнения и высыхания	360	—0,80	—0,20	75
		135	—0,77	0,17	100
Метилсиликонат натрия: а) на полимолекулярном слое б) на мономолекулярном слое		60	—0,74	0,17	100
		30	—0,73	0,65	100
Водная эмульсия поли-этилгидросилоксановой жидкости: а) на полимолекулярном слое б) на мономолекулярном слое		5500	—0,80	—0,60	30
		5500	—0,77	0,47	100
Метилсиликонат натрия: а) на полимолекулярном слое б) на мономолекулярном слое	Камера искусственного климата	2000	—0,74	1,0	100
		2000	—0,73	1,0	100
Полиэтилгидросилоксановая жидкость: а) на полимолекулярном слое б) на мономолекулярном слое	Атмосферные условия	2600	—0,80	—0,67	21
		2600	—0,79	0,40	100

* При многократных циклах увлажнения и высыхания — в сутках, в остальных случаях — в ч.

Глава II. СОВМЕЩЕННЫЕ ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ И ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ

ПРЕИМУЩЕСТВА СОВМЕЩЕННЫХ ГИДРОФОБНО- АНТИКОРРОЗИОННЫХ И ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Сущность способа гидрофобно-антикоррозионной и гидроизоляционной защиты строительных конструкций и сооружений заключается в образовании насыщенного полимолекулярного

гидрофобного слоя в бетоне в результате химической фиксации поверхностно-активного вещества на адсорбенте с последующей его защитой полимерными пленками [6].

Такой способ принципиально отличается от существующих способов, основанных на создании водонепроницаемых покрытий по гидрофильному бетону. При применении совмещенных защитных покрытий вода и растворенные в ней агрессивные вещества встречают сопротивление полимерной пленки и расположенного под ней гидрофобного слоя бетона, что обеспечивает высокую непроницаемость и сопротивление гидростатическому напору. При традиционных способах защиты вода и растворенные в ней агрессивные вещества легко проникают в расположенный под покрытием гидрофильный бетон вследствие диффузионной проницаемости лакокрасочных покрытий, наличия швов, незащищенного материала в облицованных и офактуренных панелях и других конструкциях.

Гидрофобные покрытия, как известно, придают материалу лишь свойства несмачиваемости, не закрывая поры бетона, и поэтому не могут быть применены для гидроизоляции сооружений, подверженных гидростатическому напору. Как указывалось выше, гидрофобные покрытия подвергаются при эксплуатации сооружений интенсивным процессам гидрофилизации, в особенности на мономолекулярном слое. Полимерная пленка, образованная на гидрофобной поверхности, локализует указанный процесс гидрофилизации и тем самым защищает гидрофобный слой, что приводит к резкому повышению долговечности защитных покрытий, а значит, и долговечности конструкций и сооружений.

О локализации процесса гидрофилизации при помощи совмещенных покрытий на основе кремнийорганических и органических полимеров свидетельствуют результаты испытаний в условиях, близких к эксплуатационным (многократные циклы увлажнения и высыхания, камера искусственного климата, атмосферные условия). Так, при многократных циклах увлажнения и высыхания образцов ячеистого бетона с совмещенными покрытиями на основе полиэтилгидросилоксановой жидкости и красок ПХВ и ПВА и эмалей гидрофобный слой в течение 1150 суток испытаний сохраняет высокую степень насыщения, потеря гидрофобных свойств составляет не более 10—15% (табл. 3, рис. 13). Худшие результаты получены для покрытий на основе метилсиликоната натрия и краски ПХВ.

Для керамзитобетонных с совмещенными гидрофобно-антикоррозионными покрытиями потеря гидрофобных свойств в течение 900 суток испытаний при многократных циклах увлажнения и высыхания составляет 10—14% (табл. 4, рис. 14).

Для тяжелых бетонов (табл. 5, рис. 15) с совмещенными гидрофобно-антикоррозионными покрытиями на основе полиэтилгидросилоксановой жидкости и полимерной пленки до 1300 суток испытаний при многократных циклах увлажнения и

Таблица 3

Вид покрытия	Период испытаний, сутки	Смачивание $B = \cos \Theta$		Потеря гидро- фобных свойств, проц.
		до испы- таний	после ис- пытаний	
Полиэтилгидросилоксановая жидкость, краска ПВХ	1150	—0,80	—0,68	15
Полиэтилгидросилоксановая жидкость, краска ПВА	1120	—0,80	—0,72	10
Полиэтилгидросилоксановая жидкость:				
а) на полимолекулярном слое	360	—0,80	—0,20	75
б) на мономолекулярном слое	135	—0,77	0,17	100
Метилсиликонат натрия, краска ПХВ	1300	—0,74	0,47	100
Метилсиликонат натрия:				
а) на полимолекулярном слое	60	—0,74	0,21	100
б) на мономолекулярном слое	30	—0,73	0,65	100

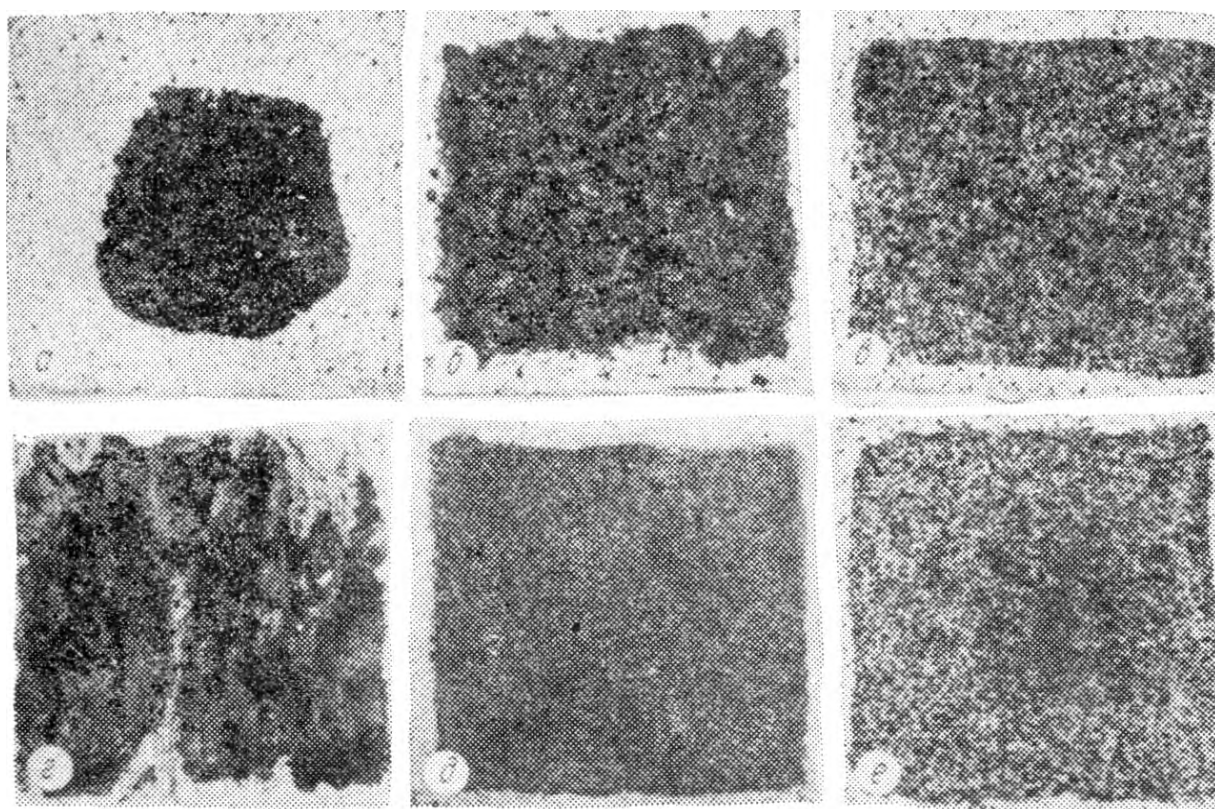


Рис. 13. Гидрофобный слой на ячеистых бетонах после многократных циклов увлажнения и высыхания при испытаниях в течение 1500 суток:

а, д — пеносиликат; б — газошлакобетон; в, е — газошлакосиликат; г — газоспонголитобетон.

высыхания потеря гидрофобных свойств не превышает 20, в то время как для несовмещенного покрытия (на мономолекулярном слое) — 100%.

Таблица 4

Вид покрытия	Период испытаний, сутки	Смачивание $B = \cos \Theta_k$		Потеря гидрофобных свойств, проц.
		до испытаний	после испытаний	
Полиэтилгидросилоксановая жидкость, краска ПХВ	900	—0,36	—0,31	14
Полиэтилгидросилоксановая жидкость, краска ПВА	900	—0,36	—0,32	10
Полиэтилгидросилоксановая жидкость:				
а) на полимолекулярном слое	350	—0,36	—0,21	45
б) на мономолекулярном слое		—0,27	—0,27	100

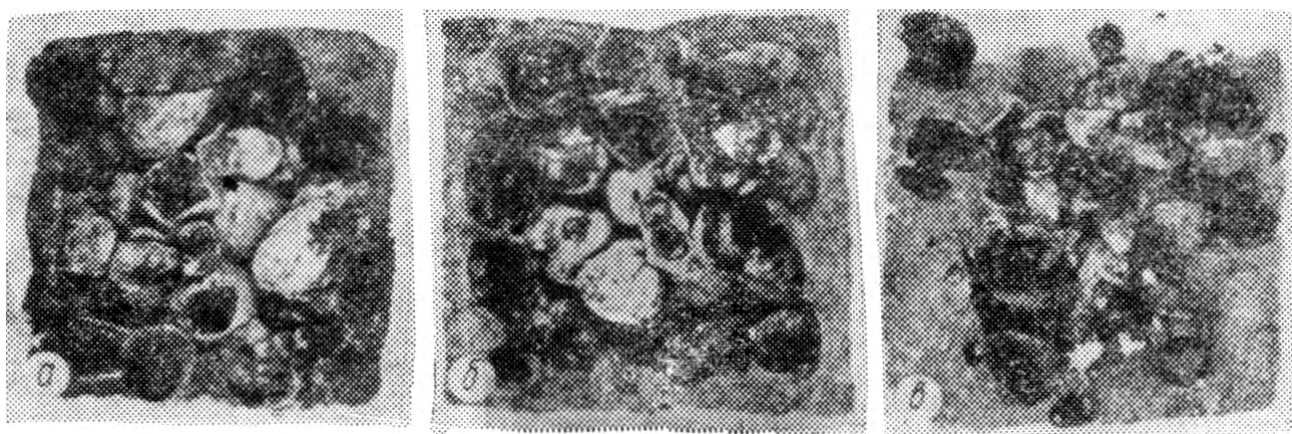


Рис. 14. Гидрофобный слой на керамзитобетонах после многократных циклов увлажнения и высыхания при защитном покрытии:

а — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости ($\tau=350$ суток); б — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости и краска ПХВ ($\tau=900$ суток); в — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости и краска ПВА ($\tau=900$ суток).

Таблица 5

Вид покрытия	Период испытаний, сутки	Смачивание $B = \cos \Theta_k$		Потеря гидрофобных свойств, проц.
		до испытаний	после испытаний	
Полиэтилгидросилоксановая жидкость, краска ПХВ	1300	—0,39	—0,39	0
Полиэтилгидросилоксановая жидкость, покрытие на основе эпоксидной смолы	1000	—0,39	—0,32	20
Полиэтилгидросилоксановая жидкость:				
а) на полимолекулярном слое	1410	—0,39	—0,10	72
б) на мономолекулярном слое	1410	—0,39	0,38	100

Испытания бетонов, в частности пеносиликатов с различными гидрофобно-антикоррозионными и гидрофобными покрытиями в камере искусственного климата * (табл. 6, рис. 16) и в атмосферных условиях (табл. 7, рис. 17), еще раз подтвердили преимущества совмещенных гидрофобно-антикоррозионных покрытий.

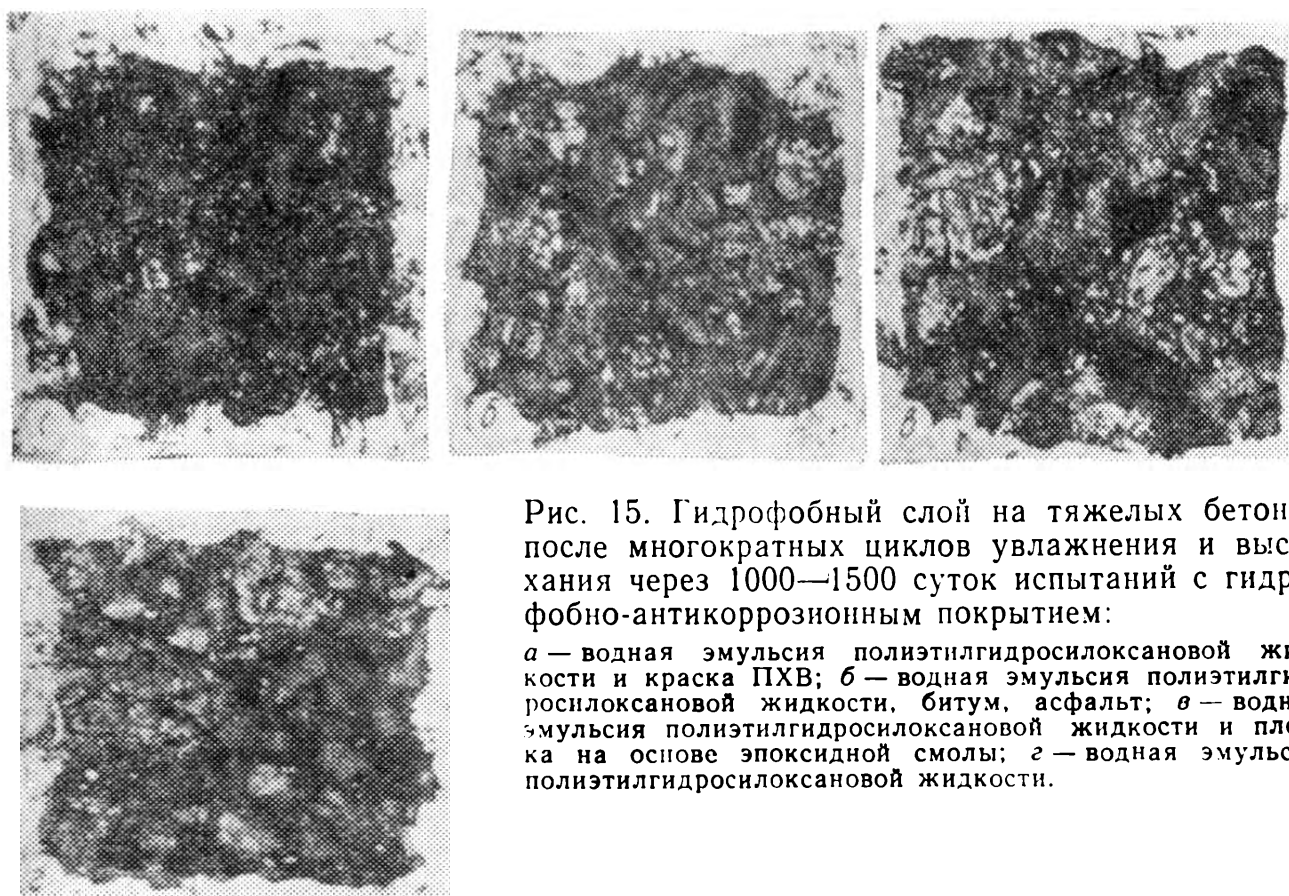


Рис. 15. Гидрофобный слой на тяжелых бетонах после многократных циклов увлажнения и высыхания через 1000—1500 суток испытаний с гидрофобно-антикоррозионным покрытием:

а — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости и краска ПХВ; б — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости, битум, асфальт; в — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости и пленка на основе эпоксидной смолы; г — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости.

Таблица 6

Вид покрытия	Период испытаний, ч	Смачивание $B = \cos \theta_k$		Потеря гидрофобных свойств, проц.
		до испытаний	после испытаний	
Полиэтилгидросилоксановая жидкость, краска ПХВ	4000	—0,80	—0,74	9,3
	7500	—0,80	—0,64	20
Полиэтилгидросилоксановая жидкость, краска ПВА	4500	—0,80	—0,69	14
	7500	—0,80	—0,64	20
Метилсиликонат натрия, краска ПХВ	3500	—0,74	0,34	100
Полиэтилгидросилоксановая жидкость:				
а) полимолекулярный слой	5500	—0,77	—0,60	22
б) мономолекулярный слой	5500	—0,77	0,47	100
Метилсиликонат натрия (мономолекулярный слой)	2000	—0,73	1,0	100

* Испытания проводились при следующем режиме: температура $+45^\circ \text{C}$, дождевание в течение 10 мин с интервалами 50 мин, относительная влажность — 50—90%, облучение ультрафиолетовыми и инфракрасными лучами.

Преимуществом совмещенных гидрофобно-антикоррозионных покрытий является также то, что они способствуют повышенной морозостойкости бетонов. Так, морозостойкость пеносиликата без покрытия составляет 25, с покрытием силикатными и цементными красками — 8—19, с гидрофобно-антикоррозионным покрытием — 100—120 циклов замораживания и оттаивания.

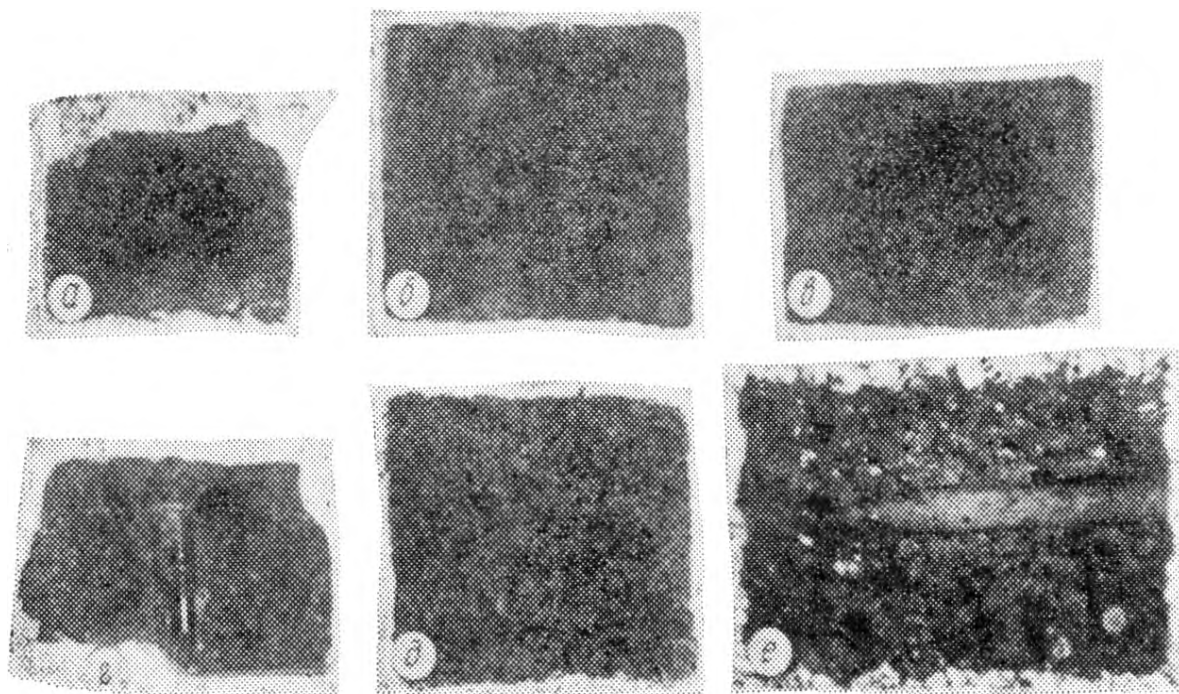


Рис. 16. Гидрофобный слой на ячеистых и тяжелых бетонах после испытаний в камере искусственного климата:

а — офактуренный газосиликат с покрытием водной эмульсией полиэтилгидросилоксановой жидкости (5500 ч); *б* — пеносиликат с совмещением водоэмульсионным покрытием (7500 ч); *в* — пеносиликат с покрытием полиэтилгидросилоксановой жидкостью и эмалью КО-174 (2500 ч); *г, д* — пеносиликат с покрытием полиэтилгидросилоксановой жидкостью и эмалью ПХВ (соответственно 4000 и 7500 ч); *е* — тяжелый бетон с покрытием водной эмульсией полиэтилгидросилоксановой жидкости и эмалью ПХВ (4000 ч).

Таблица 7

Вид покрытия	Период испытаний, сутки	Смачивание $B = \cos \Theta_k$		Потеря гидрофобных свойств, проц.
		до испытаний	после испытаний	
Полиэтилгидросилоксановая жидкость, краска ПХВ	3000	—0,80	—0,71	10
Метилсиликонат натрия, краска ПХВ	3000	—0,72	0,12	73,2
Полиэтилгидросилоксановая жидкость (на мономолекулярном слое)	2600	—0,79	0,40	100

При образовании различных полимерных пленок на гидрофобном слое материала резко возрастает его водонепроницаемость (табл. 8).

Полимерные пленки в зависимости от назначения могут быть паронепроницаемыми и паропроницаемыми. Для наружных поверхностей железобетонных конструкций, в частности из ячеистых материалов, гидрофобно-антикоррозионные покрытия должны «дышать». Этим свойством обладают гидрофобно-антикоррозионные защитные покрытия на основе кремнийорганических гидрофобизаторов и эмалей ПХВ, КО-174, гидрофобных водоэмульсионных красок ПВА.

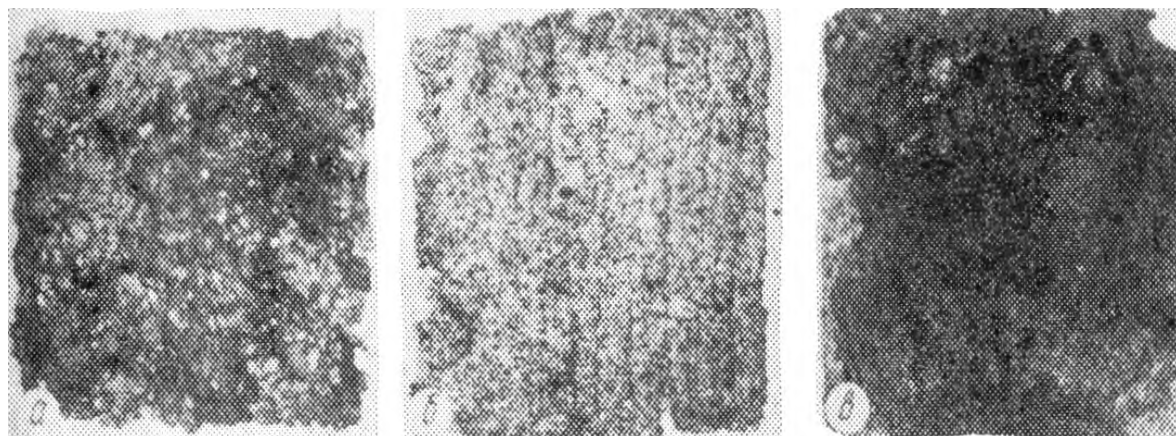


Рис. 17. Гидрофобный слой на ячеистых бетонах после испытаний в атмосферных условиях в течение 2600—3000 суток:

а, б — пеносиликат с покрытием соответственно раствором полиэтилгидросилоксановой жидкости в уайт-спирите, краской ПХВ и раствором метилсиликоната натрия, краской ПХВ; в — газоспонголитобетон с покрытием раствором метилсиликоната натрия и краской ПХВ.

Таблица 8

Вид покрытия	Водонепроницаемость, атм	
	пеносиликата	бетона марки 200
Без покрытия	0,1	1
Гидрофобизатор (водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости)	1	1,5
Совмещенные покрытия	2—3	25—30

Для зданий с мокрым режимом эксплуатации и одновременным гидросмывом необходимо применение парогидроизоляционных покрытий. При наличии агрессивных сред эти покрытия должны также обладать антикоррозионными свойствами. В настоящее время в качестве традиционного способа парогидроизоляции применяют трехслойную оклеечную гидроизоляцию на горячей битумной мастике с защитной цементной стенкой, армированной металлической сеткой, или кирпичную кладку с последующим оштукатуриванием, окраской или облицовкой глазурованной плиткой. Такая гидроизоляция является крайне трудоем-

кой, выполняется вручную и имеет высокую стоимость и низкую долговечность.

Парогидроизоляционные покрытия на основе красок и эмалей, а также на основе цементно-перхлорвиниловых паст, мастик, эпоксидных грунтовок и шпатлевок, хлорсульфированного полиэтилена также имеют невысокую долговечность, требуют большого расхода материалов, что приводит к удорожанию этих покрытий.

Совмещенные покрытия на основе гидрофобного слоя с последующим нанесением полимерных составов, предложенные автором, соответствуют требованиям, предъявляемым к парогидроизоляционным покрытиям, при воздействии влаги в паровой и жидкой фазах и различных агрессивных средах. К ним относятся составы на основе эпоксидных, полиуретановых, эпоксидно-сланцевых смол, характеризующихся широко развитой пространственной структурой, неполярными и слабополярными свойствами, плотной упаковкой молекул. К полимерам с менее плотной упаковкой молекул принадлежат смолы с полярной структурой — ПВА, ПХВ, эмали ХСЭ. Преимуществом этих смол и эмалей является их высокая эластичность. Поэтому их используют в качестве добавок к эпоксидным и эпоксидно-сланцевым смолам, а также для создания защитных покрытий. Полиуретановые смолы, эмали ПХВ, компаунды на основе смолы ЭД-5 и эмалей ХСЭ пленки на основе вододисперсионных составов, предложенных автором, имеют высокие показатели гибкости (1 мм) и прочности на удар (50 кгс/см²) в диапазоне температур от —40 до +80° С, а пленки на основе смолы ЭД-6 с добавкой 20% битума — от —40 до +180° С.

Исследования автора показали, что существует оптимальная толщина пленки, выше которой паропроницаемость не увеличивается. Толщина пленок на основе названных материалов, нанесенных на гидрофобный слой бетона, составляет 0,15—0,20 мм. При этом значительно сокращаются расход полимерных материалов, стоимость и трудозатраты вследствие уменьшения числа покрытий. Сорбционная способность таких пленок невелика и со временем стабилизируется. Если паропроницаемость предложенных автором покрытий по цементно-песчаному раствору колеблется от $1,3 \cdot 10^{-5}$ до $1,7 \cdot 10^{-6}$ г/мч·мм рт. ст., то паропроницаемость цементно-песчаного раствора без покрытия достигает $8,10 \cdot 10^{-3}$ г/мч·мм рт. ст., т. е. на два — три порядка выше.

Совмещенные гидрофобно-антикоррозионные покрытия защищают не только бетонные поверхности железобетонных конструкций, но и предохраняют арматуру от коррозии благодаря описанным защитным свойствам и уменьшению степени выщелачивания бетона, а значит, и сохранению значения рН, т. е. пассивирующего действия бетона.

Совмещенные защитные покрытия благодаря созданию гидрофобного слоя внутри бетона маловязкими полимерными состава-

ми, проникающими в его поры, работают совместно с материалом конструкций в отличие от традиционных лакокрасочных и других покрытий по гидрофильному бетону, которые из-за различных коэффициентов линейного расширения не работают совместно с бетоном и отслаиваются под влиянием атмосферных и других факторов.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СОВМЕЩЕННЫХ ГИДРОФОБНО-АНТИКОРРОЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА БЕТОНОВ

В качестве критерия эффективности и долговечности лакокрасочных и других видов защитных покрытий принимают период времени, за который покрытия нарушаются при испытаниях в натуральных условиях либо в камере искусственного климата. Однако, как показал опыт эксплуатации сооружений, различные окрасочные покрытия (силикатные, цементные, краски ПВА и другие) теряют водозащитные свойства задолго до их нарушения или отслаивания вследствие проникновения влаги в гидрофильный бетон через покрытие. Совмещенные гидрофобно-антикоррозионные покрытия при отслаивании верхнего полимерного покрытия сохраняют водозащитные свойства благодаря наличию гидрофобного слоя. Поэтому указанный качественный показатель не может служить критерием долговечности.

Процесс разрушения полимеров характеризуется разрывом как химических, так и межмолекулярных связей [8]. Под влиянием различных эксплуатационных факторов — многократных циклов увлажнения и высыхания, замораживания и оттаивания, действия ультрафиолетовых лучей, переменных температур — протекают процессы гидрофилизации, старения полимерных пленок.

Все это приводит к суммарному эффекту — повышению водопоглощения бетонов с защитными покрытиями, по которому и судят об изменении эффективности гидрофобизации во времени, т. е. о долговечности покрытия.

Полная потеря гидрофобного эффекта наступает после достижения предельного водопоглощения, характерного для данного адсорбента. Гидрофобный эффект в этом случае будет равен нулю.

В качестве критерия долговечности автором принят период времени, за который гидрофобно-антикоррозионные покрытия теряют гидрофобные свойства, т. е. долговечность покрытия выражается как функция водопоглощения или эффективности гидрофобизации от времени.

Гидрофобный эффект покрытия рассчитывают по поглощению воды или растворов с агрессивными веществами по отношению к контрольным образцам без покрытий по формуле

$$\Xi = \frac{B_0 - B}{B} \cdot 100\%,$$

где B , B_0 — водопоглощение (или поглощение раствора) образцов соответственно без покрытий и с покрытиями, проц.

К высокоэффективным относятся те защитные покрытия, которые сохраняют эффективность гидрофобизации более 70%, к среднеэффективным — покрытия, которые сохраняют эффективность гидрофобизации 50—70% в течение длительного периода,

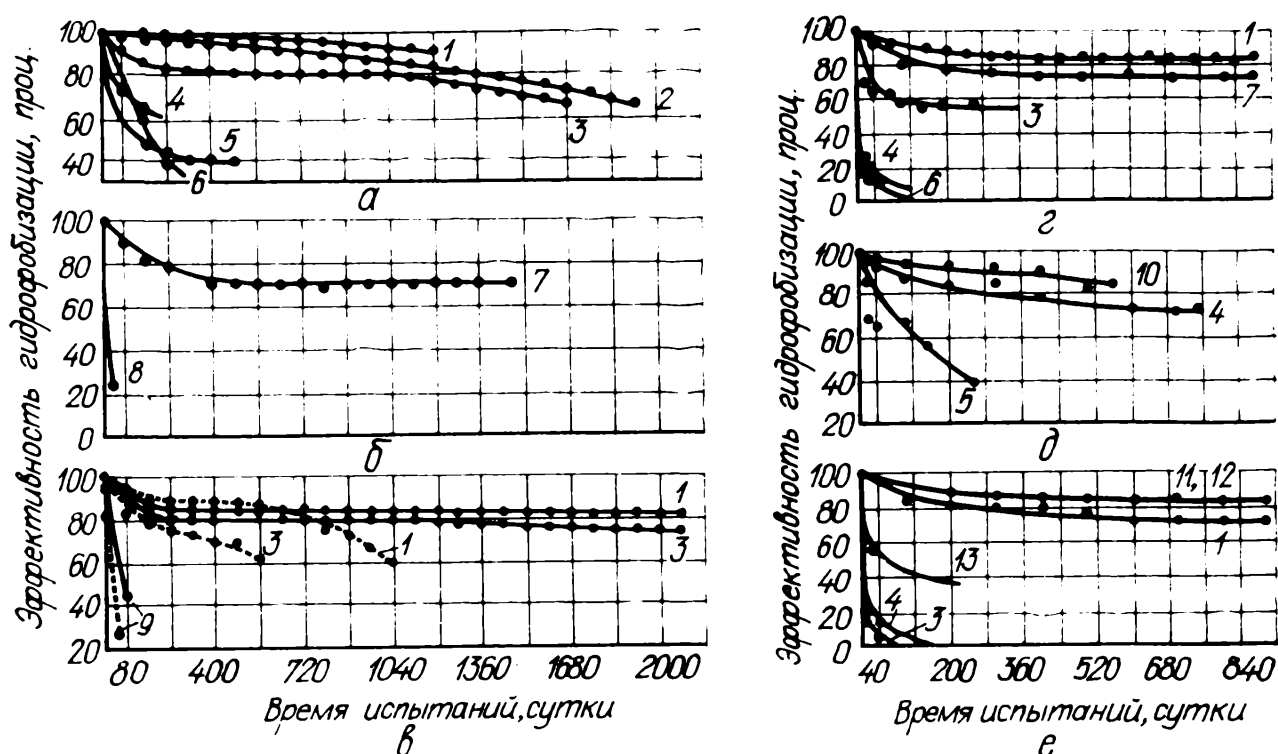


Рис. 18. Влияние гидрофобно-антикоррозионных покрытий на эффективность гидрофобизации ячеистых и легких бетонов при многократных циклах увлажнения и высыхания:

а, б — пеносиликат; в — газшлакобетон (сплошная линия) и газоспонголитобетон (пунктирная линия); г — газшлакосиликат; д — офактуренный пеносиликат; е — керамзитобетон; 1 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости и краска ПХВ; 2 — раствор полиэтилгидросилоксановой жидкости в уайт-спирите и краска ПХВ; 3 — метилсиликонат натрия и краска ПХВ; 4 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости; 5 — метилсиликонат натрия; 6 — краска ПХВ; 7 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости с добавкой эмульсии ПВА и краска ПВА с гидрофобной добавкой; 8 — краска ПВА без гидрофобной добавки; 9 — раствор полиэтилгидросилоксановой жидкости в уайт-спирите; 10 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости и эмульсия ПВА; 11 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости и краска ПВА; 12 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости и эмаль КО-168; 13 — эмаль КО-168.

к малоэффективным — покрытия с эффективностью ниже 50% в течение нескольких суток.

Ячеистые и легкие бетоны. Эффективность и долговечность защитных покрытий была определена в условиях, близких к эксплуатационным, путем многократных циклов увлажнения и высыхания, ускоренных испытаний в камере искусственного климата (везерометре), длительных испытаний в атмосферных условиях.

Эффективность гидрофобизации ячеистых и легких бетонов при многократных циклах увлажнения и высыхания показана на рис. 18. Из приведенных данных видно, что совмещенные покры-

тия на основе водной эмульсии полиэтилгидросилоксановой жидкости и краски ПХВ сохраняют эффективность гидрофобизации 90% в течение 1200 суток испытаний. Для гидрофобно-антикоррозионного покрытия на основе метилсиликоната натрия и краски ПХВ эффективность гидрофобизации после 1680 суток испытаний — 65%. В то же время несовмещенные покрытия на основе кремнийорганических гидрофобизаторов или краски ПХВ теряют свои водозащитные свойства — через 240 суток испытаний эффективность гидрофобизации не превышает 40%; силикатные, цементные, ПВА и другие краски за несколько суток испытаний практически теряют свои водозащитные свойства (рис. 18, а).

Высокую эффективность гидрофобизации (70% за 1480 суток испытаний) имеют совмещенные гидрофобно-антикоррозионные покрытия на основе гидрофобизатора и гидрофобной краски ПВА (рис. 18, б), разработанные автором.

Совмещенные гидрофобно-антикоррозионные покрытия на основе полиэтилгидросилоксановой жидкости и метилсиликоната натрия и краски ПХВ имеют высокую эффективность гидрофобизации (75—83% при 2100 сутках испытаний) на газшлакобетонах (рис. 18, в). В то же время для пеносиликатов с покрытием на основе алкилсиликонатов натрия и краски ПХВ эффективность гидрофобизации значительно ниже. Эффективность гидрофобизации во времени при совмещенных покрытиях на газоспонголитобетонах невысока, однако гораздо выше, чем при несовмещенных покрытиях.

Для газшлакосиликатов высокой эффективностью во времени (более 80% за 880 суток испытаний) обладают совмещенные гидрофобно-антикоррозионные покрытия на основе полиэтилгидросилоксановой жидкости и краски ПХВ (рис. 18, г). Совмещенные покрытия на основе метилсиликоната натрия и краски ПХВ оказались менее эффективными — за 300 суток испытаний эффективность гидрофобизации падает с 95 до 55%. Лучшие результаты получены для водоземulsionных совмещенных покрытий.

Эффективность гидрофобизации при оптимальных вариантах совмещенных покрытий пеносиликатов, облицованных гранитной крошкой, составляет более 80% за 560 суток испытаний (рис. 18, д).

Для керамзитобетонa (рис. 18, е) высокой эффективностью гидрофобизации во времени отличаются совмещенные покрытия на основе полиэтилгидросилоксановой жидкости, эмали КО-168, а также краски ПВА и эмали ПХВ (75—85% за 900 суток испытаний).

Высокую эффективность гидрофобизации ячеистых и легких бетонов с совмещенными покрытиями на основе водоземulsionных гидрофобизаторов и гидрофобной краски ПВА и ПХВ подтвердили испытания в камере искусственного климата (рис. 19) и в атмосферных условиях (рис. 20). Менее эффективными оказа-

лись совмещенные покрытия на основе метилсиликоната натрия и краски ПХВ.

Теплопроводность материала, предназначенного для стеновых панелей, является одной из важных физических констант. Поэтому важно знать, как изменяется теплопроводность ячеистых бетонов с гидрофобно-антикоррозионными покрытиями в атмосферных условиях.

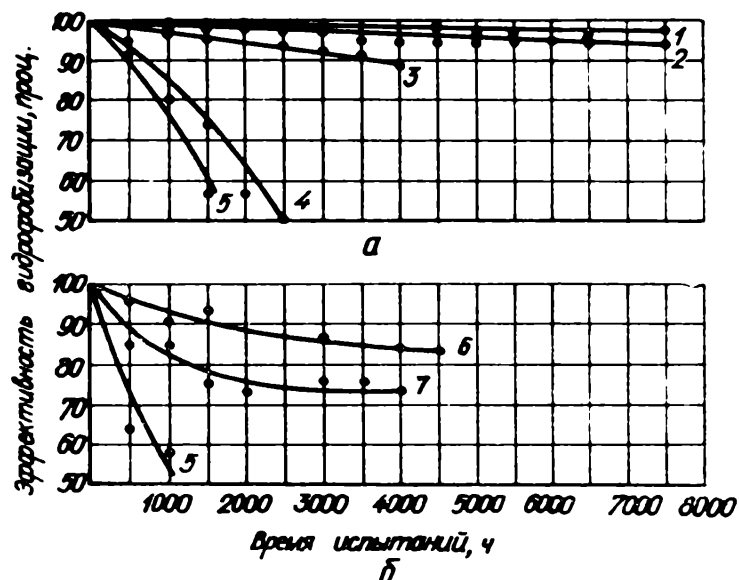


Рис. 19. Влияние гидрофобно-антикоррозионных покрытий на эффективность гидрофобизации ячеистых материалов при испытаниях в камере искусственного климата:

a — пеносиликаты; *б* — офактуренные пеносиликаты; 1 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости с добавкой эмульсии ПВА и краска ПВА; 2, 3 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости и соответственно краска ПВА и ПХВ; 4 — метилсиликонат натрия и краска ПХВ; 5 — метилсиликонат натрия; 6 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости; 7 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости и эмульсия ПВА.

Как показывают данные табл. 9, совмещенные гидрофобно-антикоррозионные покрытия надежно защищают ячеистые и легкие бетоны от увлажнения, а значит, и увеличения теплопроводности. В то же время теплопроводность материалов без покрытий в периоды дождей и высокой относительной влажности резко возрастает.

Таким образом, для создания нормальных тепловлажностных условий при эксплуатации зданий, сохранения первоначальной теплопроводности необходима защита ячеистых и легких бетонов совмещенными полимерными покрытиями.

О том, что совмещенные полимерные защитные покрытия являются надежным средством повышения морозостойкости ячеистых и легких бетонов, свидетельствуют данные, приведенные в табл. 10 и на рис. 21. Морозостойкость бетонов с гидрофобно-антикоррозионной защитой составляет 80—120 вместо 25—60 циклов замораживания и оттаивания для бетонов без покрытий.

Положительно влияют совмещенные гидрофобно-антикоррозионные покрытия и на прочность ячеистых и легких бетонов. Так, образцы пеносиликатов с совмещенными покрытиями в течение 360 суток испытаний практически сохраняют свою прочность; контрольные образцы в период дождей и большой относительной влажности заметно теряют ее (табл. 11).

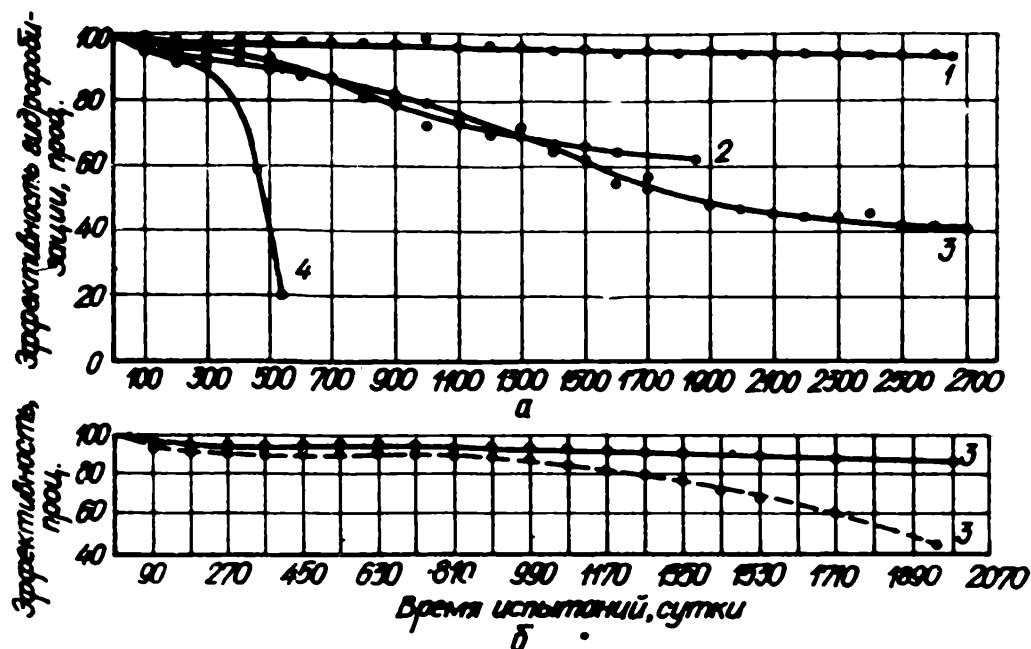


Рис. 20. Влияние различных гидрофобно-антикоррозионных покрытий на эффективность гидрофобизации при испытаниях в атмосферных условиях:

а — пеносиликат; б — газошлакобетон (сплошная линия) и газоспонголитобетон (пунктирная линия); 1 — раствор полиэтилгидросилоксановой жидкости в уайт-спирите, краска ПХВ; 2, 3 — метилсиликонат натрия с затирочным и без затирочного слоя, краска ПХВ; 4 — двукратное покрытие краской ПХВ.

Как говорилось выше, для создания нормального тепловлажностного режима при эксплуатации зданий из ячеистых бетонов необходимо, чтобы защитные покрытия обеспечивали способность панелей «дышать».

Паропроницаемые совмещенные гидрофобно-антикоррозионные покрытия обеспечивают предохранение конструкций от попадания влаги извне и свободное ее испарение из панели, что можно проверить по десорбции влаги из образцов и газопроницаемости. Так, десорбция влаги у образцов газосиликатов с гидрофобно-антикоррозионными покрытиями и без покрытий не намного отличается (рис. 22); трехкратное покрытие краской ПХВ ухудшает десорбцию влаги из образцов.

Газопроницаемость * образцов, например пеносиликатов с совмещенными покрытиями на основе раствора полиэтилгидро-

* Определена с помощью прибора типа 041 Усманского механического завода.

Бетон	Теплопроводность, ккал/м·час·град,			
	до испы- таний	180	360	540
Пеносиликат:				
без покрытия	0,282	0,440	0,352	0,591
полиэтилгидросилоксановая жидкость и краска ПХВ	0,282	0,282	0,278	0,282
Газошлакобетон:				
без покрытия	0,229	0,322	0,286	0,280
полиэтилгидросилоксановая жидкость и краска ПХВ	0,245	0,234	0,223	0,223
Газоспонголитобетон:				
без покрытия	0,265	0,500	0,425	0,472
полиэтилгидросилоксановая жидкость и краска ПХВ	0,279	0,284	0,300	0,310

Таблица 10

Бетон	Количество циклов замораживания и оттаивания образцов	
	без покрытия	с совмещенными по- крытиями на основе различных гидрофо- бизаторов и красок ПХВ и ПВА
Пеносиликат	25	80—120
Пеносиликат офактуренный	30	—
Газошлакосиликат	30	80
Газошлакобетон	50	100—115
Газоспонголитобетон	7	80—90
Пенобетон	20	90
Керамзитобетон	60	105

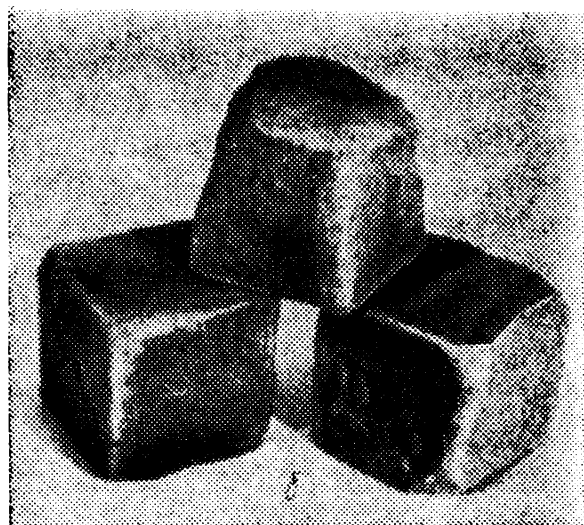
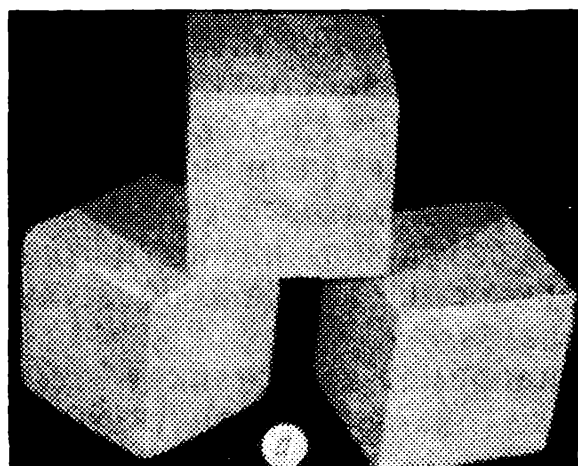


Рис. 21. Образцы пеносиликатов после испытаний на морозостойкость:
 а — с совмещенным гидрофобно-антикоррозионным покрытием (100 циклов замораживания и оттаивания); б — без покрытий (30 циклов замораживания и оттаивания).

Таблица 9

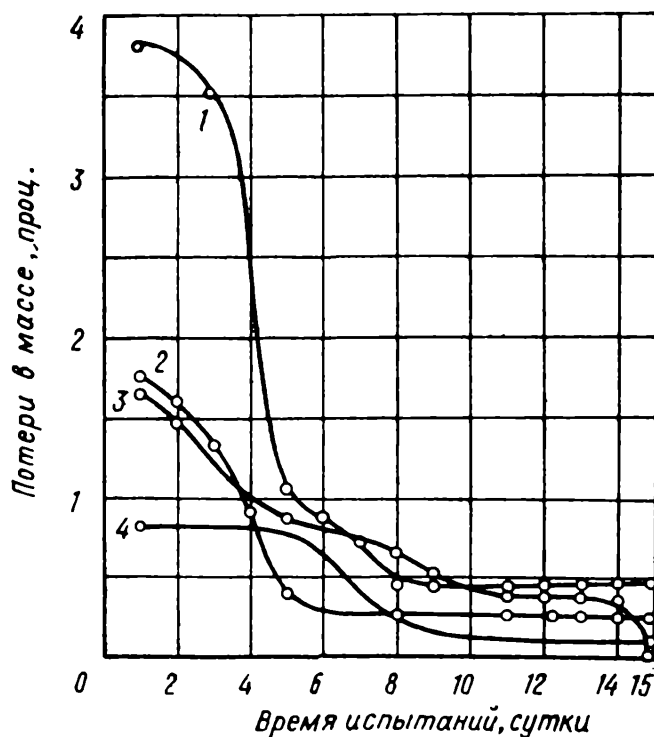
течение времени, сутки							
720	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980
0,322	0,323	0,350	0,550	0,331	0,310	0,700	0,310
0,282	0,282	0,272	0,282	0,282	0,282	0,282	0,282
0,300	0,300	0,300	0,300	—	—	—	—
0,225	0,228	0,228	0,226	0,226	0,226	0,225	0,225
0,430	0,390	0,350	0,350	0,445	0,310	0,310	—
0,320	0,320	0,300	0,300	0,365	0,260	0,265	—

Таблица 11

Время, сутки	Прочность на сжатие, проц., образцов пеносиликата объемной массой, кг/м ³			
	700—800		900—1100	
	без покрытия	с совмещенными покрытиями	без покрытия	с совмещенными покрытиями
До начала испытаний	38,7	43,6	81,3	96,8
90	31,7	43,6	77,2	100
180	—	—	67,6	94,3
360	26,8	48,4	71,6	89,3

Рис. 22. Десорбция (влагоддача) водяных паров образцов газосиликатов:

1 — без покрытия; 2, 3 — гидрофобизированных соответственно раствором полиэтилгидросилоксановой жидкости и метилсиликонатом натрия; 4 — с совмещенным покрытием на основе раствора полиэтилгидросилоксановой жидкости и краски ПХВ.



силоксановой жидкости и краски ПХВ и образцов без покрытий, также близка (соответственно 5,1 и 5,9 см/мин).

Тяжелые бетоны. Эффективность и долговечность совмещенных гидрофобно-антикоррозионных покрытий тяжелых бетонов определена с учетом условий эксплуатации как наружных, так и внутренних поверхностей ограждающих железобетонных конструкций — при многократных циклах увлажнения и высыхания при погружении образцов в воду и в концентрированные растворы солей, содержащих ионы сульфатов, хлоридов, кальция, магния (табл. 12), а также в камере искусственного климата.

Таблица 12

Наименование показателей	Единица измерения	Концентрированный раствор солей (близкий к морской воде) — раствор № 1	Техническая вода с добавкой аглопыли — раствор № 2
pH	—	4,0	6,2
Количество катионов:			
Ca ⁺⁺	мг/л	1254,6	1192,5
Mg ⁺⁺	»	2859,6	2592,0
K ⁺ + Na ⁺	»	35289,36	11880,0
Количество анионов:			
Cl ⁻	»	50622,0	24000,0
SO ₄ ⁻	»	11097,0	4304,29
HCO ₃ ⁻	»	—	61,0
Жесткость:			
общая	нем. ⁰	528,16	765,62
средняя	»	—	2,8
постоянная	»	528,16	762,82
Количество:			
сухого остатка	мг/л	101300,0	47400,0
агломерационной пыли	»	—	250,0

Испытания при многократных циклах увлажнения и высыхания тяжелых бетонов (рис. 23, 24, а) подтверждают, что высокие гидрофобные свойства во времени сохраняются для покрытий на основе водной эмульсии полиэтилгидросилоксановой жидкости и краски ПХВ — эффективность гидрофобизации после 1600 суток испытаний как в воде, так и в растворах солей составляет 70%. Хорошие результаты были получены для совмещенного покрытия на основе полиэтилгидросилоксановой жидкости и кремнийорганической эмали КО-168 — за 720 суток испытаний в воде эффективность гидрофобизации составляет более 70% (см. рис. 23). Покрытия на основе метилсиликоната натрия и краски ПХВ, как и для ячеистых бетонов, показали низкие гидрофобные свойства (см. рис. 23, 24, а).

Высокую эффективность имеют совмещенные покрытия на основе полиэтилгидросилоксановой жидкости, эпоксидных, эпоксидно-фурановых и других смол и лаков (рис. 24, б). Эффек-

тивность гидрофобизации при многократных циклах увлажнения и высыхания в растворах солей в течение от 1 до 1700 суток колеблется в пределах 100—82%. Высокоэффективными (80,5%) после 1700 суток испытаний также являются покрытия на основе водной эмульсии полиэтилгидросилоксановой жидкости, краски ПВА и лака ПХВ.

Рис. 23. Эффективность гидрофобизации тяжелых бетонов с различными покрытиями при многократных циклах увлажнения и высыхания (в воде):

1 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости, краска ПХВ; 2 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости; 3 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости, эмаль КО-168; 4 — метилсиликонат натрия, краска ПХВ; 5 — метилсиликонат натрия; 6 — краска ПХВ.

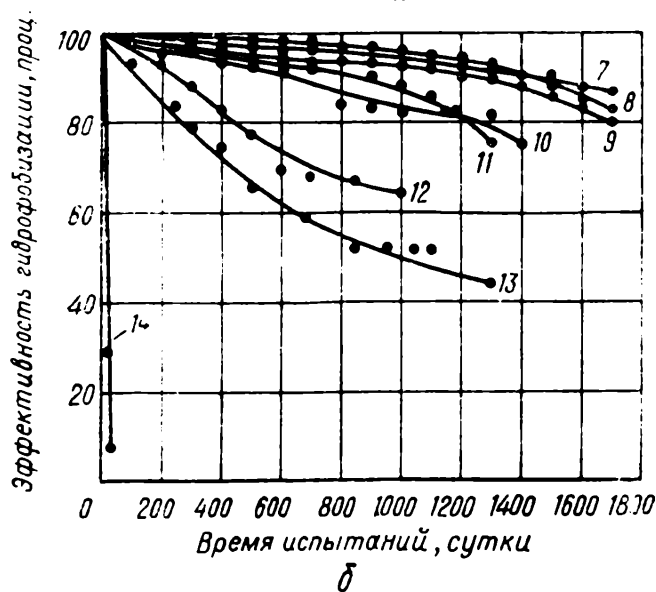
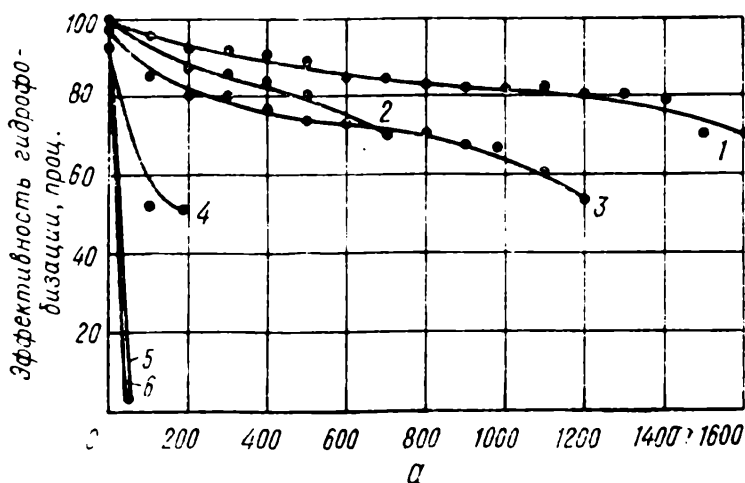
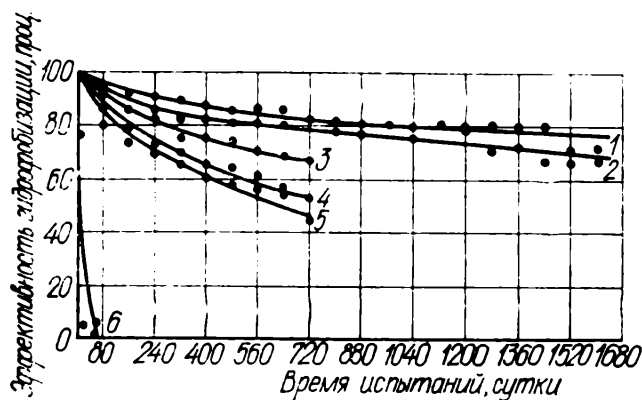


Рис. 24. Эффективность гидрофобизации тяжелых бетонов с различными покрытиями при многократных циклах увлажнения и высыхания (в растворах солей):

а, б — паропроницаемые и паронепроницаемые покрытия; 1, 2 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости и краски соответственно ПХВ и ПВА; 3 — метилсиликонат натрия, краска ПХВ; 4 — метилсиликонат натрия; 5, 6 — краски соответственно ПВА, ПХВ; 7, 8 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости, связующее на основе эпоксидной смолы с наполнителем соответственно уголь, песок (1 : 3) и кварцевый песок; 9 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости, краска и лак ПХВ; 10 — связующее на основе эпоксидной смолы; 11 — связующее на основе эпоксидной смолы с наполнителем кварцевый песок; 12 — связующее на основе эпоксидно-фурановой смолы; 13 — полиуретановое покрытие; 14 — лак ПХВ.

Результаты обследования образцов после длительных испытаний приведены в табл. 13. Они свидетельствуют о том, что за длительный срок испытаний коррозия арматуры практически не происходит.

Покрытие	Агрессивная среда — солевой раствор (по табл. 12)	Время испытаний, сутки	Коррозия арматуры	Толщина гидрофобного слоя, мм	Эффективность покрытия, проц.	pH бетона
Водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости, краска ПХВ и лак	№ 1	2970	Отсутствует	5—8	81,5	11,7
Водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости, краска ПХВ	№ 2	2970	»	5—7	54,0	11,6
Водный раствор метилсиликоната натрия, краска ПХВ и лак ПХВ	№ 2	2570	Поверхностная коррозия местами	2—3	34,1	11,5
Водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости, покрытие на основе эпоксидной смолы	№ 2	1800	Отсутствует	2	75,5	12,4
Водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости	№ 1	2880	»	3	46,3	11,1

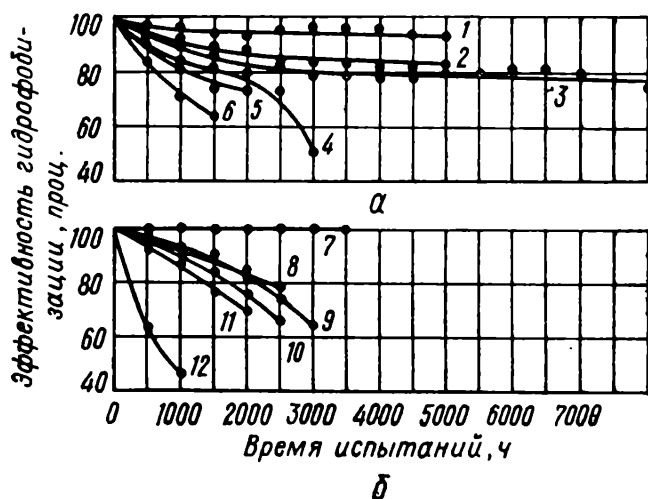


Рис. 25. Эффективность гидрофобно-антикоррозионных покрытий при испытаниях бетонов в камере искусственного климата:

а — паропроницаемые покрытия; б — паронепроницаемые покрытия; 1, 2 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости, краска ПХВ соответственно для бетонов марки 200 и 400; 3 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости, краска ПВА; 4 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости; 5 — метилсиликонат натрия, краска ПХВ; 6 — двукратное покрытие краской ПХВ; 7 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости, связующее на основе смолы ЭД-6; 8 — этилсиликонат натрия, краска и лак ПХВ; 9 — эпоксидно-фурановое покрытие; 10 — на основе эпоксидной смолы с наполнителем молотый песок; 11 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости, КО-174; 12 — полиуретановое покрытие.

Результаты испытаний паропроницаемых гидрофобно-антикоррозионных покрытий для тяжелых бетонов в камере искусственного климата приведены на рис. 25, а. Эффективность гидрофобизации при нанесении совмещенного покрытия на основе полиэтилгидросилоксановой жидкости и краски ПХВ изменяется после 5000 ч испытаний от 100 до 94,3%, а покрытия на осно-

ве водоземulsionного гидрофобизатора и гидрофобной краски ПВА в течение 8500 ч испытаний — от 100 до 70%.

Для совмещенных покрытий на основе метил- и этилсилико-
натов натрия с последующим нанесением краски ПХВ эффективность гидрофобизации за 1500—2000 ч испытаний составляет 63,5—75%, т. е. ниже, чем для совмещенных покрытий с применением полиэтилгидросилоксановой жидкости.

Эффективность покрытия на основе полиэтилгидросилоксановой жидкости — 50% после 3000 ч испытаний. Это позволяет рекомендовать для ограждающих конструкций, эксплуатируемых в условиях нормальной относительной влажности и гидросмыва при отсутствии гидростатического напора, производить только гидрофобизацию.

Среди паронепроницаемых покрытий (рис. 25, б) высокой эффективностью гидрофобизации обладают совмещенные покрытия на основе полиэтилгидросилоксановой жидкости и эпоксидной смолы ЭД-6—99,9% за 3000 ч испытаний, а также полиуретановых лаков и их композиций.

При нанесении на гидрофобный слой тяжелого бетона полимерных пленок резко возрастает морозостойкость и водонепроницаемость, что позволяет рекомендовать их для внутренней и наружной гидроизоляции наземных и подземных железобетонных сооружений.

Так, бетоны с совмещенными покрытиями на основе полиэтилгидросилоксановой жидкости и эпоксидной смолы выдержали 220, с водоземulsionными совмещенными покрытиями — 200, с гидрофобными покрытиями — 100—140, покрытиями красками ПВА и ПХВ без предварительной гидрофобизации — 100—137, силикатной краской — 78—80 циклов замораживания и оттаивания.

Эти покрытия рекомендуются для внутренних покрытий при гидросмыве, при воздействии агрессивных факторов в жидкой фазе и для наружных покрытий.

Прогнозирование долговечности совмещенных гидрофобно-антикоррозионных защитных покрытий. Для аналитической обработки результатов экспериментальных данных был применен метод наименьших квадратов [9], позволяющий при заданном типе зависимостей вычислять числовые параметры, наилучшим образом отображающие экспериментальные данные. При аналитической обработке проверялась справедливость выведенной автором эмпирической формулы

$$B = k\tau + B_0,$$

где B — водопоглощение образца с покрытием за время τ ; k — коэффициент, характеризующий процесс гидрофилизации во времени; B_0 — начальное водопоглощение образца без покрытия.

По результатам вычислений определяли корреляционные числа для испытаний в камере искусственного климата и в атмо-

сферных условиях, а также долговечность покрытий до полной потери гидрофобных свойств (табл. 14). Корреляционные числа для обоих видов испытаний и покрытий колеблются от 0,89 до 0,99, что указывает на приемлемость выбранной методики анали-

Таблица 14

Вид покрытия	Испытания			
	в камере искусственного климата		в атмосферных условиях	
	корреляционные числа	долговечность покрытия, годы	корреляционные числа	долговечность покрытия, годы
Краска ПХВ	—	—	1,0	2
Метилсиликонат натрия	0,92	11		
Водоземulsionные полимерные составы	0,98	50	0,98	50
Метилсиликонат натрия, краска ПХВ	0,89	14	0,98	12
Метилсиликонат натрия, краска ПХВ на затирочный слой	0,99	12	0,94	14,5
Водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости	—	—	0,90	18
Водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости, краска ПХВ	0,96	50	0,95	50

тической обработки. Кроме того, долговечность гидрофобно-антикоррозионных покрытий в этих случаях совпадает с долговечностью по результатам испытаний в натурных условиях, что также говорит в пользу описанной методики аналитической обработки экспериментальных данных.

С целью прогнозирования долговечности покрытий были установлены коэффициенты перехода от испытаний в камере искусственного климата к испытаниям в атмосферных условиях (табл. 15). Из приведенных данных видно, что для всех видов покрытий

Таблица 15

Вид покрытия	Период испытаний		Коэффициент перехода $K = \frac{\tau}{\tau_1}$, ч/сутки
	τ в камере искусственного климата, ч	τ_1 в атмосферных условиях, сутки	
Краска ПХВ	600	600	1,00
Метилсиликонат натрия и краска ПХВ	5000	4500	1,10
Метилсиликонат натрия, краска ПХВ на затирочный слой	4300	5000	0,86
Водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости, краска ПХВ	5000	5000	1,00

$$K_{\text{ср}} = 0,995$$

1 ч в камере искусственного климата соответствует 24 ч испытаний в атмосферных условиях. Таким образом, испытание в течение 360 ч в камере искусственного климата соответствует одному году испытаний в атмосферных условиях.

Полученные результаты аналитической обработки экспериментальных данных позволили построить общие графики долговечности отдельных покрытий, выраженные как функции водопоглощения или эффективности гидрофобизации от времени при ускоренных испытаниях в камере искусственного климата и в атмосферных условиях (рис. 26). Причем экспериментальные точки хорошо совпадают с теоретическими прямыми.

Для ячеистых бетонов (рис. 26, а) совмещенные гидрофобные покрытия на основе полиэтилгидросилоксановой жидкости и краски ПХВ сохраняют эффективность гидрофобизации 80% в течение более 22 лет. Худшие результаты получены для совмещенных покрытий на основе алкилсиликонатов натрия и красок ПХВ (с затиркой и без затирки). Однако долговечность этого совмещенного покрытия для пеносилката более 10 лет, а для газошлакобетона — около 32 лет. Более высокая эффективность этого покрытия для газошлакобетона объясняется, по-видимому, пониженной щелочностью и более упорядоченной структурой этого материала, имеющего небольшие замкнутые поры. Покрытие на основе метилсиликоната натрия имеет предельную долговечность (т. е. полную потерю гидрофобного эффекта) 10 лет, гидрофобный эффект 75—80% сохраняется в течение только 4 лет. Долговечность покрытий из красок ПХВ, ПВА, силикатных, стиролбутадиеновых и других низкая.

Для тяжелых бетонов марки 200 (рис. 26, б) совмещенные покрытия на основе полиэтилгидросилоксановой жидкости и краски

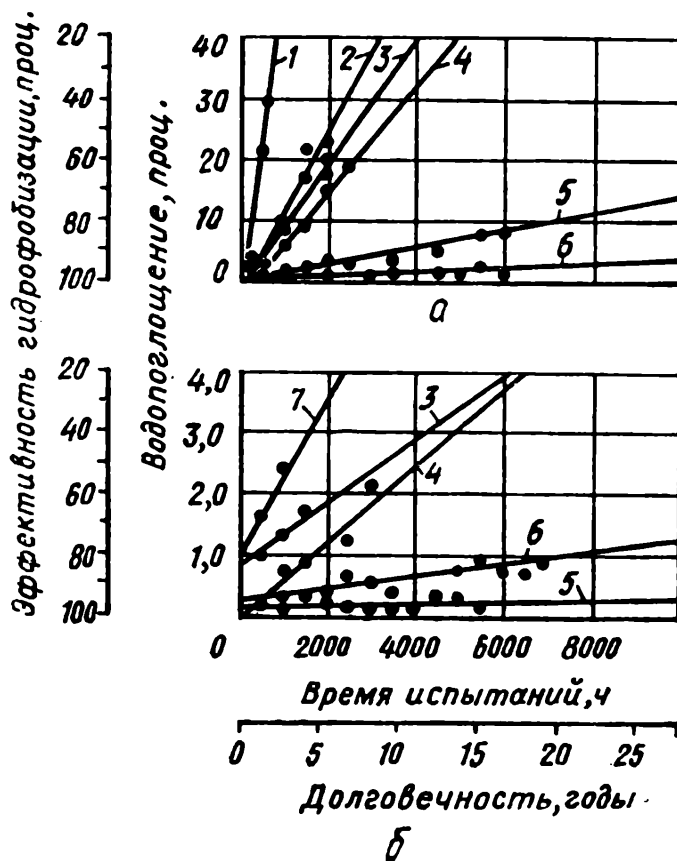


Рис. 26. Эффективность и долговечность совмещенных и несомещенных покрытий бетонов при испытаниях в камере искусственного климата и в атмосферных условиях:

а — пеносиликат; б — тяжелый бетон марки 200; 1 — краска ПХВ или ХФК; 2 — метилсиликонат натрия; 3 — метилсиликонат натрия и краска ПХВ; 4 — водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости; 5, 6 — полиэтилгидросилоксановая жидкость и краски соответственно ПХВ и ПВА; 7 — двукратное покрытие краской ПХВ и лаком.

ПХВ сохраняют 90% гидрофобного эффекта в течение 50 лет. Худшие результаты получены для совмещенных покрытий на основе метилсиликоната натрия и краски ПХВ. Для бетонов с покрытием на основе только полиэтилгидросилоксановой жидкости (без дополнительного нанесения полимерной пленки) эффективность гидрофобизации 50—70% сохраняется в течение 7—11 лет. Покрытия на основе краски ПХВ и лака теряют свои водозащитные свойства через 9 лет, 50—70% эффективности сохраняется в течение 3 лет.

Предложенные совмещенные гидрофобно-антикоррозионные покрытия были опробованы для наружных и внутренних наземных и подземных железобетонных сооружений и дали положительные результаты, что позволило разработать рекомендации по некоторым видам этой защиты.

Аналитическая обработка и прогнозирование долговечности защитных покрытий подтвердили целесообразность применения в строительстве совмещенных защитных покрытий для конструкций из ячеистых, легких и тяжелых бетонов на основе кремнийорганических и органических полимеров с образованием гидрофобного слоя бетона и последующим нанесением полимерных составов.

Г л а в а III. ГИДРОФОБНО-АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

ГИДРОФОБНО-АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА ПАНЕЛЕЙ И ШВОВ НА ЗДАНИЯХ

Для повышения долговечности существующих зданий, в особенности из ячеистых бетонов, гидрофобно-антикоррозионную защиту осуществляют непосредственно на них с телескопической вышки. Технология нанесения совмещенных гидрофобно-антикоррозионных покрытий состоит в следующем. После очистки поверхности здания на панели наносят тонкий слой цементно-песчаного раствора с добавкой вяжущего для повышения эффективности гидрофобизации и сглаживания поверхности. Толщина слоя не должна превышать 1 мм. Затем при помощи распылителя на панели и швы наносят 4%-ный водный раствор алкил (этил- или метил-) силиконата натрия или 15%-ную водную эмульсию полиэтилгидросилоксановой жидкости, после образования гидрофобной поверхности — двукратно полимерные составы на основе фасадных перхлорвиниловых красок, эмалей ПХВ или кремнийорганических эмалей КО-174 (КО-168) в виде грунтовочного и окрасочного слоев. Вязкость грунтовочных составов из эмалей ПХВ должна быть 35, из кремнийорганических эмалей — 16—18 сек по ВЗ-4; вязкость окрасочных составов — соответственно 50—55 и 20—24 сек. При нанесении гидрофобных и окрасочных

Таблица 16

Наименование показателей	Единица измерения	Вид покрытия	Число покрытий	Время испытаний, сутки										
				до за- щиты	90	180	270	360	450	510	720	1500	1700	2000

Газошлакобетоны

Эффективность гидрофобизации:	проц.	Раствор метилсиликона нагрия, крас-ка ПХВ	2+2	—	97,0	99,5	—	—	—	97,7	96,0	86,5	86,5	86,5
в атмосферных условиях	»	То же	2+2	—	89,0	81,5	80,5	80,5	80,5	80,5	80,5	75,0	75,0	75,0
при многократных циклах увлажнения и высыхания	»	Раствор полиэтилгидросилоксановой жидкости, краска ПХВ	1+2	—	90,0	86,0	86,0	89,0	0,285	84,0	84,0	85,0	84,0	84,0
Теплопроводность в атмо-сферных условиях	вт/(м·град)	Без покрытия	—	0,229	0,259	0,322	0,367	0,270	0,285	0,295	—	—	—	—
	»	Раствор полиэтилгидросилоксановой жидкости, краска ПХВ	1+2	0,245	0,239	0,234	0,241	0,223	0,223	0,255	—	—	—	—

Газоспонголитобетоны

Эффективность гидрофобизации:	проц.	Раствор метилсиликона нагрия, крас-ка ПХВ	2+3	—	—	98,4	—	—	—	94,5	91,0	79,0	79,0	—
в атмосферных условиях	»	То же	2+3	—	97,0	77,5	63,7	—	—	60,0	66,2	—	—	—
при многократных циклах увлажнения и высыхания	»	Раствор полиэтилгидросилоксановой жидкости, краска ПХВ	1+2	—	96,0	84,0	85,5	86,4	86,4	86,4	82,2	—	—	—
Теплопроводность в атмо-сферных условиях	вт/(м·град)	Без покрытия	—	0,265	0,326	0,411	0,577	0,284	0,461	—	—	—	—	—
	»	Раствор полиэтилгидросилоксановой жидкости, краска ПХВ	2+2	0,279	0,263	0,284	0,287	0,265	0,305	—	—	—	—	—

составов должна быть обеспечена сплошность покрытия. Производительность распылителей при нанесении покрытий составляет 300—500 м²/ч.

Кремнийорганические жидкости поступают с заводов-изготовителей с различным содержанием кремния, а значит, и чистого вещества. Поэтому концентрацию рабочих растворов гидрофобизаторов ГКЖ-10 или ГКЖ-11 следует рассчитывать по формуле

$$C_p = \frac{C_{э, м} \cdot 100}{K_{э, м} C_{Si}},$$

где C — оптимальная концентрация по этил- и метилсиликонату натрия, равная 4%; $K_{э, м}$ — коэффициент пересчета молекулярной массы этил- и метилсиликонатов натрия и кремния, равный соответственно 4 и 3,5; C_{Si} — содержание Si, указанное в паспорте, проц.

В окончательном виде формулы для вычисления концентрации рабочих растворов гидрофобизаторов ГКЖ-10 и ГКЖ-11 имеют вид

$$C_{p_{эсн}} = \frac{C_{э} \cdot 100}{4C_{Si}} \text{ и } C_{p_{мсн}} = \frac{C_{э} \cdot 100}{3,5C_{Si}}.$$

В соответствии с этими формулами концентрация гидрофобизатора составляет 22—25%. Рабочий раствор получают путем растворения заданного количества гидрофобизатора в воде. Фасадные краски или эмали ПХВ в случае завышенной вязкости разбавляют сольвентом, ксилолом или растворителем Р-4 до заданной вязкости.

В 1973—1974 гг. были опробованы водоземulsionные гидрофобно-антикоррозионные покрытия (Жданов, Днепропетровск, Харьков), предложенные автором. Водоземulsionный гидрофобизатор наносили распылителем на очищенные поверхности зданий. После первичной полимеризации (до «отлипа») наносили грунтовочный раствор (вязкостью 30 сек), затем двукратно водоземulsionную краску с гидрофобной добавкой (вязкостью 55 сек).

Проверка долговечности таких гидрофобно-антикоррозионных покрытий (табл. 16) позволили рекомендовать их для защиты зданий из различных ячеистых и легких бетонов.

ГИДРОФОБНО-АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА ПОВЕРХНОСТЕЙ ПАНЕЛЕЙ НА ЗАВОДЕ-ИЗГОТОВИТЕЛЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАЛОЙ МЕХАНИЗАЦИИ

Осуществление процессов отделки и нанесения защитных покрытий на заводе-изготовителе обеспечивает высокие производительность труда и качество покрытий, полную монтажную готовность панелей.

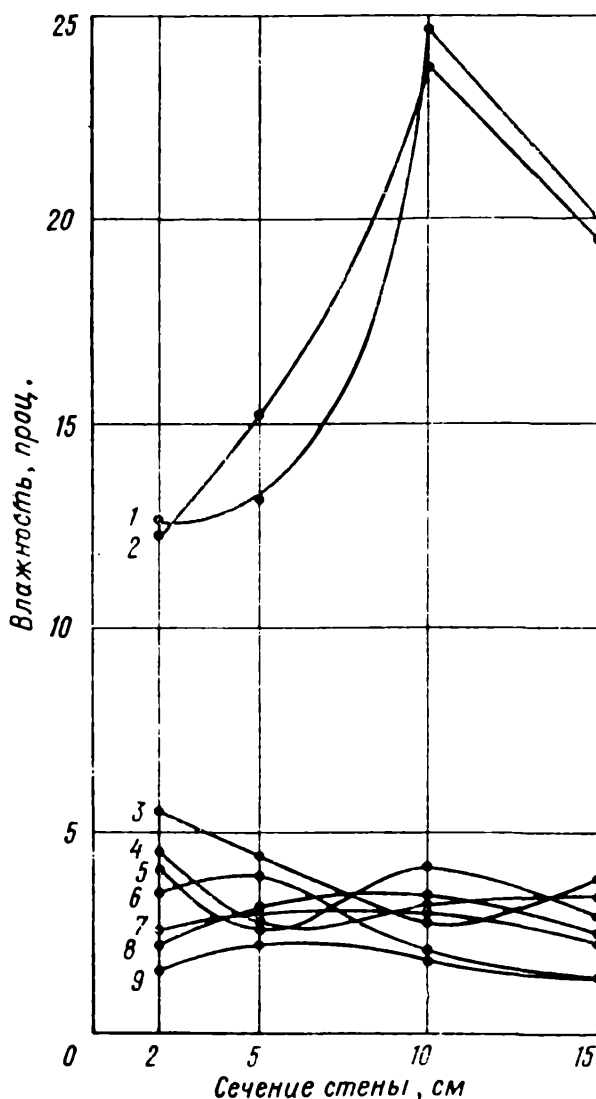
После выбора оптимального варианта гидрофобизацию панелей на заводе-изготовителе производят по следующей техноло-

гии. Распалубленную панель укладывают горизонтально и шлифуют с помощью мозаично-шлифовальной машины, затем покрывают тонким затирочным слоем (0,5 мм) цементно-песчаного раствора с добавкой 15% известкового вяжущего. Затирку производят механизированным способом — с помощью шлифовального круга. На затирочный слой с помощью распылителя наносят гидрофобизатор, концентрацию которого рассчитывают по формулам, приведенным выше.

В случае отсутствия на заводе приточно-вытяжной вентиляции окраску панелей краской ПВХ выполняют на зданиях (двукратно). Краску наносят с помощью распылителя с телескопической вышки. Перед покраской швы на зданиях двукратно гидрофобизируют (по цементно-песчаному раствору). Технология нанесения вододисперсионных защитных покрытий на заводах-изготовителях такая же, как и на зданиях. После полной монтажной готовности здания на швы с телескопической вышки распылителем наносят вододисперсионный гидрофобизатор, грунтовочный и окрасочный составы.

Рис. 27. Изменение влажности торцовых стен после дождя в зданиях с гидрофобно-антикоррозионной защитой пенобетонных панелей:

1, 2 — до гидрофобизации; 3—9 — соответственно через 720; 860; 1080; 1260; 1560; 1920; 5040 суток.



На Луганском заводе ячеистобетонных конструкций опытные панели с совмещенными вододисперсионными покрытиями были изготовлены на поточной линии с малой механизацией производственных процессов по следующей технологии. При помощи мостового крана панели устанавливали на выставочный пост, где очищали их поверхность, затем панели шлифовали шлифовальной машиной и затирали поверхность при помощи машинки Демьяненко цементно-песчаным раствором с добавкой местного вяжущего. После этого осуществляли гидрофобизацию панелей распылителем. Загидрофобизированная панель поступала в камеру сушки и полимеризации, а из нее — на пост окраски, где ее окрашивали распылителем или валиком. Общая продолжитель-

ность технологического цикла составила 85 мин. Расход гидрофобизатора 45, общий расход краски — 450 г на 1 м².

Проверка гидрофобно-антикоррозионных покрытий на зданиях * показала, что при использовании даже малоэффективных гидрофобизаторов — алкилсиликонатов натрия — с последующим нанесением перхлорвиниловых фасадных красок ХФК

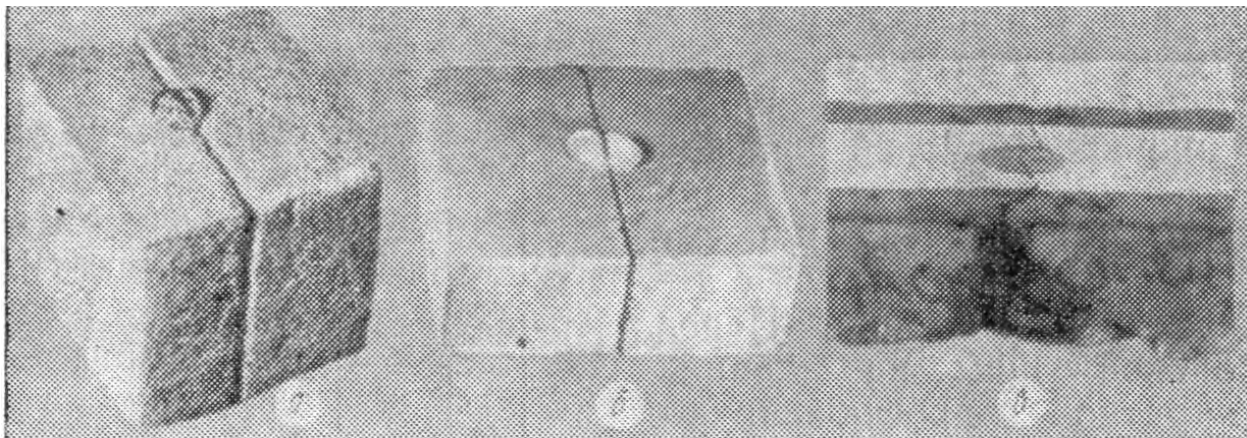


Рис. 28. Капли воды на трещинах образцов бетонов с различными покрытиями:

а — гидрофобным; б — гидрофобно-антикоррозионным; в — лакокрасочным.

увлажнение панелей практически не наблюдалось (рис. 27). Поверхности здания с этими покрытиями в течение 10—12 лет не нарушались. Проверкой было также установлено, что в течение этого срока сохранился гидрофобный слой под окраской. Эти данные хорошо согласуются с выполненными экспериментальными исследованиями долговечности и аналитической обработки экспериментальных данных. В то же время панели зданий без покрытий, как это видно из приведенных графиков, на глубине 10 см после дождей имели влажность до 25—30% (промышленные здания). Испытания показали также, что во время дождей вода не проходит не только в материал с гидрофобной и гидрофобно-антикоррозионной защитой, но и в трещины (рис. 28, а, б), в то время как через лакокрасочные покрытия вода легко проходит в находящийся под ним гидрофильный материал (рис. 28, в).

ГИДРОФОБНО-АНТИКОРРОЗИОННАЯ И ГИДРОФОБНАЯ ЗАЩИТА ПАНЕЛЕЙ НА ПОТОЧНЫХ ЛИНИЯХ С АВТОМАТИЗАЦИЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Отделку и гидрофобно-антикоррозионную защиту стеновых панелей на поточных линиях с автоматизацией технологических процессов производят в таком порядке. Панели после автоклав-

* Исследовали пробы материалов, отобранные из панелей на глубине 2, 5, 10 и 15 мм в разное время года после дождей, оттаивания снега. После этого определяли влажность материала по стандартной методике.

ной обработки и очистки подают мостовым краном на поточную линию, устанавливают на вагонетки конвейера и с помощью цепных толкателей передают с одного поста на другой — шлифовки и затирки панелей, гидрофобизации, сушки и полимеризации, окраски, доводки и ОТК [10].

Технология гидрофобно-антикоррозионной и гидрофобной защиты как наружных, так и внутренних поверхностей панелей для жилищного и промышленного строительства аналогична.

Подготовка поверхности панелей * (после их очистки от масел и пыли до поточной линии) как на линии промышленного, так и жилищного строительства состоит в заделке раковин цементно-песчаным раствором (1 : 3) с добавкой известкового вяжущего; при наличии крупных пор указанный раствор наносят на всю поверхность панели. Затирку гладких панелей осуществляют механизированным способом. Толщина слоя затирки не должна превышать 1 мм.

После проверки качества поверхности стеновые панели передают на пост гидрофобизации. Гидрофобизация панелей осуществляется таким образом. Водоземulsionный гидрофобизатор из насоса-эмульсатора, расположенного возле камеры гидрофобизации, подается в распылители, в которые одновременно поступает сжатый воздух под давлением 5—6 кгс/см² (на компрессоре). Наносят гидрофобизатор с помощью распылителей, управляемых автоматически, при температуре не ниже 10° С и влажности поверхности стеновых панелей не более 12%. Сплошность покрытия панелей гидрофобизатором обеспечивается равномерностью подачи распылителей и перекрытием факелов распыления. После завершения цикла напыления подача гидрофобизатора в распылители автоматически отключается.

Сушка и полимеризация гидрофобного покрытия на поточных линиях осуществляются при помощи инфракрасного излучения от металлической «панели», нагреваемой при сжигании в газовых горелках газа или другого теплоносителя. Нагрев инфракрасными лучами ускоряет процесс полимеризации в несколько раз по сравнению с сушкой и полимеризацией нагретым воздухом.

В камере сушки и полимеризации поточной линии для жилищного строительства одновременно обрабатывают две панели (только с наружной стороны) длиной 6 м, для промышленного строительства — три панели (как с наружной, так и с внутренней стороны) длиной 6 м.

Поддержание и регулировка заданной температуры в камере сушки и полимеризации осуществляется автоматически при помощи регулирующего прибора ПСР-1-05, измеряющего температуру в центре излучающей панели.

Колебание температур по длине и высоте камеры, как показали испытания, не превышает 5—7° С, что обеспечивает нормаль-

* Поверхность панелей может быть гладкой, профилированной и другой фактуры.

ный температурный режим (рис. 29). Зависимость между температурой на излучающей и стеновой панелях показана на рис. 30.

Сушка и полимеризация гидрофобного покрытия происходит при температуре на поверхности стеновой панели $80 \pm 5,0^\circ \text{C}$, период нагрева панелей на обеих поточных линиях составляет 35—40 мин (рис. 31).

Вентиляция в камере сушки и полимеризации заблокирована с подачей газа. В случае выхода из строя системы вентиляции автоматически отключается подача газа.

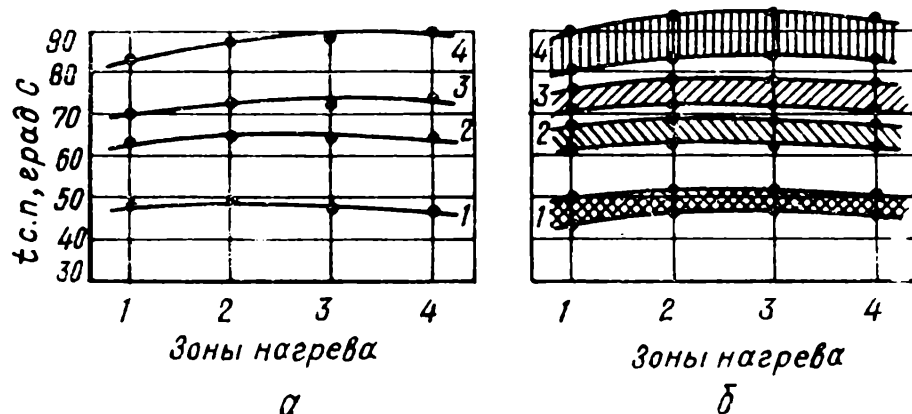


Рис. 29. Изменение температуры по длине (а) и по длине и высоте (б) камеры сушки и полимеризации при температуре излучающей и стеновой панели, град С:

1 — 180; 2 — 200; 3 — 220; 4 — 240.

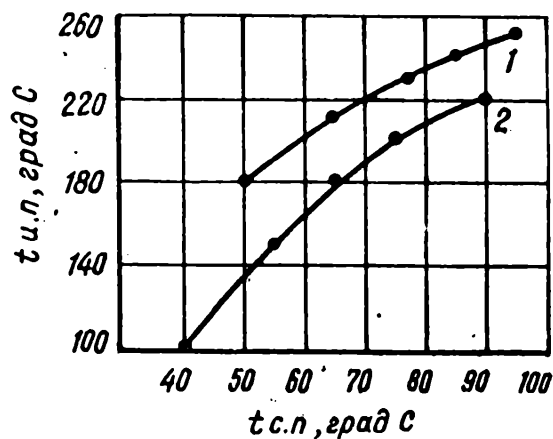


Рис. 30. Зависимость между температурой на излучающей и стеновой панелях для линий жилищного (1) и промышленного (2) строительства.

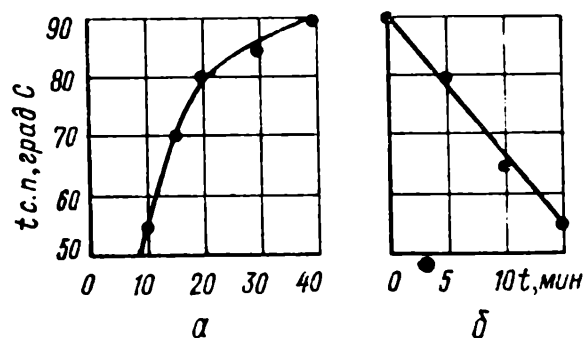


Рис. 31. Нагрев (а) и охлаждение (б) стеновой панели во времени.

Окраску панелей производят вододисперсионной полимерной краской с гидрофобной добавкой. Первый слой краски наносят распылителем на горячую панель ($75\text{—}80^\circ \text{C}$). Краска подается из бачка, в котором создается давление сжатого воздуха $1,5\text{—}2,0 \text{ кгс/см}^2$.

После высыхания первого слоя «до отлипа» наносят второй слой краски, после чего всю систему промывают большим коли-

чеством воды. Сплошность покрытия обеспечивается путем перекрытия факелов напыления.

Посты гидрофобизации, полимеризации и окраски панелей обслуживает один оператор. На посту доводки проверяют качество покрытия и исправляют дефекты путем повторного нанесения покрытия в местах пропусков, окраски и т. д. После проверки качества покрытий ОТК панели передают мостовым краном на закрытый склад готовой продукции.

Оптимальные технологические параметры гидрофобной и гидрофобно-антикоррозионной защиты стеновых панелей на поточных линиях с автоматическим управлением процессов для промышленного и жилищного строительства следующие:

Линия для строительства:
промышленного жилищного

Гидрофобизация

Скорость передвижения распылителя, м/сек	0,2	0,2
Производительность распылителя, м ² /ч	173	270
Расход рабочего состава, г/м ²	240	240
Шаг опускания агрегата, мм	250	350
Вязкость гидрофобизатора по ВЗ-4 при 20° С, сек	10	10
Температура стеновой панели не менее, град С	10	10
Диаметр факела (оптимальный), мм	400—500	500
Общее давление воздуха в магистрали, кгс/см ²	4—5	4—5

Сушка и полимеризация гидрофобного покрытия

Температура, град С:		
на излучающей панели	220	230
отходящих газов, град С	125±5	145±5
на поверхности панели, град С	80±5	80±5
Период нагрева панелей в камере полимеризации, мин	35—40	35—40
Изменение температуры в камере, град С:		
по длине	±5	±5
по высоте	±5	±5
Давление газа в магистрали, мм вод. ст.	180—200	180—200

Первичная окраска панелей

Производительность распылителя *, м ² /ч	173	180
Расход окрасочного состава, г/м ²	220	220
Вязкость окрасочного состава по ВЗ-4 при 20° С, сек	45—50	45—50

* Для первичной и вторичной окраски.

Температура стеновой панели, град С	75+5	
Шаг опускания агрегата, мм	250	250
<i>Вторичная окраска панелей</i>		
Вязкость окрасочного состава по ВЗ-4 при 20° С, сек	52—55	
Период напыления, мин	2,5	6,0
Диаметр факела (оптимальный), мм	250	250
Шаг опускания агрегата, мм	250	250

В связи с тем что на многих заводах панели обрабатывают в горизонтальном положении и учитывая преимущества такого метода, автором была разработана технологическая схема гидрофобно-антикоррозионной защиты панелей на поточных линиях при горизонтальной укладке панелей (рис. 32).

Стеновые панели после распалубки подаются кранами на конвейерную линию 1, затем при помощи кантователя устанавливаются горизонтально и передаются на пост затирки 3. Гидрофобизация осуществляется распылителями с автоматическим управлением. Гидрофобизатор при передвижении панелей по конвейеру подается на поточную линию из эмульсатора 5. Затем панели поступают в камеру полимеризации 6, в которой они нагреваются до температуры 80—90° С инфракрасным излучением. При выходе панелей из камеры автоматически включаются распылители 8, которыми на движущуюся горячую панель наносится грунтовочный состав (водоэмульсионная краска вязкостью 30 сек) по ВЗ-4. Грунтовочный состав подается из красконагнетательных

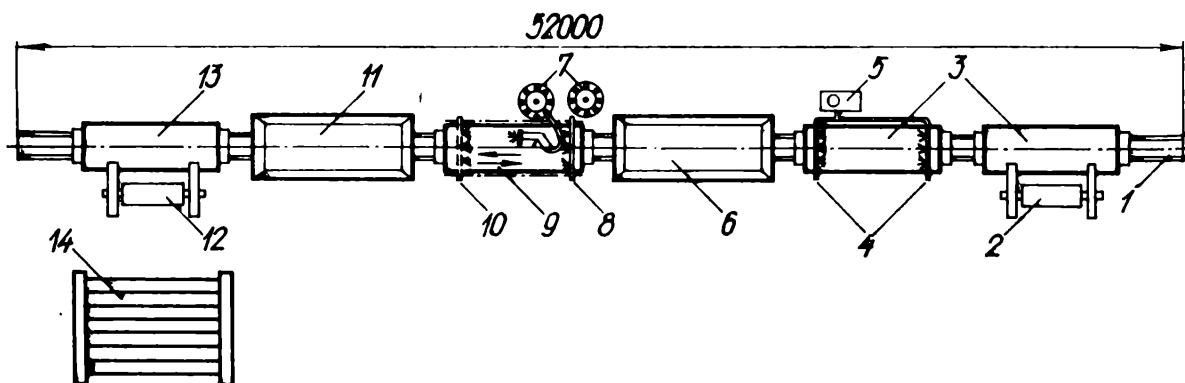


Рис. 32. Технологическая схема поточной линии гидрофобно-антикоррозионной защиты при горизонтальной укладке панелей:

1 — конвейер; 2, 12 — кантователь; 3, 4 — посты соответственно затирки и гидрофобизации; 5 — эмульсатор; 6, 11 — камеры сушки и полимеризации; 7 — красконагнетательные бачки; 8, 9, 10 — посты соответственно грунтовки, окраски и окраски с автоматическим управлением; 13 — пост ОТК; 14 — кассета для выдерживания панелей.

бачков 7. Затем панели передаются на пост окраски, где производится окраска панелей распылителем с автоматическим управлением 10. Учитывая повышенную вязкость краски (44—50 сек по ВЗ-4) предусмотрена также покраска краскопультом 9. После покраски панели поступают в камеру сушки и полимеризации 11.

Готовые панели подаются на пост ТОК 13, кантователь 12, затем укладываются в штабеля 14 для выстаивания, после чего передаются на склад готовой продукции. Грунтовочные и окрасочные составы готовят в подготовительном отделении.

Протяженность всей поточной линии 50 м.

При описанном способе гидрофобно-антикоррозионной защиты стеновых панелей затраты времени на обработку одной панели составляют 12—15 мин, в то время как при нанесении защитных покрытий периодическим способом — 2,7 суток.

По данным лаборатории экономики промышленного строительства Харьковского Промстройинипроекта трудозатраты на поточных линиях снижаются в 14—20 раз по сравнению с трудозатратами при нанесении этих же покрытий на зданиях. Кроме того, на поточных линиях намного повышается культура производства и улучшаются условия труда.

В результате отработки технологических параметров на поточных линиях и выпуска опытных панелей автором разработаны рекомендации по гидрофобно-антикоррозионной защите панелей из газосиликата на поточных линиях для опытно-промышленного внедрения.

Г л а в а IV. ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ И АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И ДРУГИХ НАЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗДАНИЙ

Совмещенные гидрофобно-антикоррозионные покрытия были проверены в условиях гидросмыва с наибольшей интенсивностью и различной влажности на внутренних поверхностях здания Ингулецкого горнообогатительного комбината (Кривой Рог). В качестве паропроницаемых покрытий применили совмещенные покрытия на основе полиэтилгидрсилоксановой жидкости и водоэмульсионных гидрофобных красок ПВА, эмали ПХВ, в качестве паронепроницаемых — совмещенные покрытия на основе гидрофобизатора, эмали ПХВ и лаков, а также составы на основе эпоксидных и полиуретановых смол. Покрытия по гидрофобному слою наносили двукратно. На этих же участках установили образцы с указанными выше покрытиями для их проверки в натуральных условиях на сорбцию, водопоглощение, гидрофобный эффект. Результаты испытаний образцов с паропроницаемыми и паронепроницаемыми покрытиями приведены соответственно в табл. 17, 18. Как видно из данных табл. 17, для паропроницаемых покрытий при интенсивном гидросмыве водопоглощение за 720 суток испытаний колебалось от 0,4 до 0,7, эффективность гидрофобиза-

Таблица 17

Относительная влажность, проц.	Вид покрытия	Сорбция паров	Водопоглощение	Эффективность
		проц.		
72—76	Полиэтилгидросилоксановая жидкость, эмаль ПХВ	0,46	0,40	90,20
76—80	Полиэтилгидросилоксановая жидкость с добавкой поливинилацетатной эмульсии ПВА, краска ПВА	0,37	0,70	83,0
76—80	Метилсиликонат натрия, эмаль ПХВ	0,60	0,66	84,0
68—70	Полиэтилгидросилоксановая жидкость с добавкой поливинилацетатной эмульсии ПВА, краска ПВА	0,47	0,58	86,50
68—70	Водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости	0,93	1,17	71,70
68—70	Без покрытия	0,94	4,18	—

Примечание. Периодичность гидросмыва три раза в сутки.

Таблица 18

Вид покрытия	Сорбция паров	Водопоглощение	Эффективность
	проц.		
Полиэтилгидросилоксановая жидкость, эмали ПХВ, полиуретановая пленка	0,25	0,53	87,5
Полиэтилгидросилоксановая жидкость, пленки на основе эпоксидной смолы	—0,07	0,33	92,0
Гидрофобизатор, полиуретановая пленка	—0,06	0,31	92,0

Примечание. Относительная влажность 80%, периодичность гидросмыва три раза в сутки.

ции — от 84 до 90,2, сорбция паров — от 0,46 до 0,60%. Для гидрофобного покрытия без последующего нанесения полимерной пленки гидрофобный эффект составил 71,7, сорбция — 0,93%. Для образцов без покрытий водопоглощение 4,18, сорбция — 0,94%. Сорбция для гидрофобных покрытий и без покрытия практически одинакова. Это объясняется тем, что поры бетона не закрываются, а гидрофобные покрытия паропроницаемы.

По данным табл. 18 паронепроницаемые совмещенные покрытия на основе гидрофобизатора, эмали ПХВ и лака через 480 суток показали эффективность гидрофобизации 87,5, водопоглощение — 0,53, сорбцию паров — 0,25%. Лучшие результаты за тот же период по парогидроизоляционным свойствам получены для совмещенных покрытий на основе полиэтилгидросилоксановой жидкости, эпоксидных и полиуретановых смол.

Таким образом, использование совмещенных гидрофобно-антикоррозионных покрытий в условиях интенсивного гидросмыва и повышенной влажности полностью оправдывается.

При гидроизоляции подвального помещения Харьковского Промстройинипроекта с высокой влажностью стен и потолков (на поверхности стен конденсировалась влага) в раствор для побелки вводили 4% метилсиликоната натрия (по чистому веществу). Затем торцевые стены гидрофобизировали водной эмульсией полиэтилгидросилоксановой жидкости. По гидрофобной поверхности двукратно наносили перхлорвиниловую фасадную краску, в результате чего влага на поверхности подвального помещения была удалена. Интересно, что при аварийном затоплении помещения (уровень более 1 м) капиллярная влага по стенам не поднялась. Вода в подвале находилась в течение нескольких суток и стенами не поглощалась. Уровень воды оставался одинаковым.

На заводе железобетонных конструкций № 1 (Харьков) применили гидроизоляцию потолков и стен блок-комнат в виде совмещенного водоземulsionного покрытия на основе гидрофобизатора полиэтилгидросилоксановой жидкости, эмульсии ПВА и гидрофобных красок ПВА, обладающих высокой эластичностью и трещиностойкостью. Необходимость в гидроизоляции вызвана тем, что на поверхности потолков и стен образуются технологические трещины (до 0,3—0,5 мм), в результате чего в период дождей стены и потолки дают течи, что препятствует нанесению отделочных покрытий внутри комнат и устройству электропроводки на заводе-изготовителе.

Технология гидроизоляции потолков заключалась в следующем. В эмульсаторе приготавливали гидрофобный состав, затем наносили его распылителем на поверхности стен и потолков. Через 20—30 мин (в летнее время) наносили грунтовочный состав, представляющий собой гидрофобную поливинилацетатную краску вязкостью 28—30 сек по ВЗ-4. После достижения степени полимеризации «до отлипа» наносили двукратно поливинилацетатную краску вязкостью 53—55 сек. Аналогичные покрытия с добавлением различных пигментов наносили на стены. Для экспериментального здания из блок-комнат для стен выбрали покрытие на основе цемента, песка, эмульсии ПВА, которое наносили путем набрызга. Часть панелей дополнительно окрасили водоземulsionными гидрофобными красками. Всего обработано более 10,0 тыс. м² поверхности стен и потолков блок-комнат. Опыт показал, что в период дождей как на заводе-изготовителе, так и при транспортировке блок-комнат с завода-изготовителя на стройку потолки течи не дали.

Трест Днепротяжстрой (Днепропетровск) успешно применяет предложенные автором совмещенные водоземulsionные полимерные составы для гидроизоляции полов (под плитку) в санузлах, на балконах взамен трудоемкой рулонной гидроизоляции,

связанной с работой с горячими мастиками и транспортировкой на высокие этажи. Применение водоземulsionных составов исключает вредные условия труда и обеспечивает высокую производительность. Технология нанесения покрытий на полы не отличается от технологии их нанесения на потолки.

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО МОСТА

Трестом Мостострой № 1 были применены совмещенные гидрофобно-антикоррозионные покрытия для гидроизоляции трехпролетного железобетонного моста длиной 50 и шириной 10 м. В процессе работы освоена технология нанесения покрытий, разработана конструкция нового типа гидроизоляции для проезжей части, швов и отдельных конструктивных элементов, сопряжения проезжей части и тротуарных блоков, бордюрного камня и т. д., а также проведены натурные исследования.

Для гидроизоляции проезжей части моста опробовали совмещенные покрытия на основе водной эмульсии полиэтилгидросилоксановой жидкости и эмали ПХВ с высокой долговечностью и низкой стоимостью. Учитывая, что при увлажнении моста гидростатическое давление небольшое, для придания свойств несмачиваемости проезжей части моста и тротуарных блоков применяли полиэтилгидросилоксановую жидкость, достаточно стойкую на бетонах при переменном увлажнении и высыхании; при отсутствии гидростатического напора вода не смачивает не только гидрофобную поверхность, но и загидрофобизированные трещины. Для гидроизоляции швов (рис. 33, а — в) использовали совмещенные покрытия на основе полиэтилгидросилоксановой жидкости и эмали ПХВ, эпоксидных смол и их компаундов с полиуретановыми смолами. Гидроизоляцию швов, образуемых между проезжей частью моста и тротуарным блоком, бордюрным камнем, осуществляли следующим образом. На шов распылителем наносили клей ПВА (разбавленный водой 1 : 1), который подсушивали «до отлипа». Затем его покрывали цементно-песчаным раствором. После его схватывания наносили распылителем 15%-ную водную эмульсию полиэтилгидросилоксановой жидкости, на образованный гидрофобный слой — двукратно эмаль ПХВ или полиуретановый состав УР-231.

Гидроизоляцию водоотводных трубок (рис. 33, г) осуществляли до нанесения уклонного и защитного слоев. Отверстие между трубкой и бетоном омоноличивали цементно-песчаным раствором, затем гидрофобизировали полиэтилгидросилоксановой жидкостью, на гидрофобный слой наносили эмаль ПХВ, составы на основе эпоксидных и полиуретановых смол.

Гидроизоляцию деформационных швов (рис. 33, д) производили следующим образом. Выровненную цементно-песчаным раствором поверхность шва гидрофобизировали водной эмульсией полиэтилгидросилоксановой жидкости, затем на гидрофобный

слой наносили состав на основе смолы УР-231. К бетонной поверхности приклеивали компенсатор при помощи клея на основе эпоксидной смолы, затем заливали битумной мастикой (предусмотрено по проекту).

Вертикальные деформационные швы гидроизолировали стеклотканью (прошедшей термообработку при 300°С для удаления замасливателя), пропитанной полимерным составом на основе смолы ЭД-5 (три слоя стеклоткани).

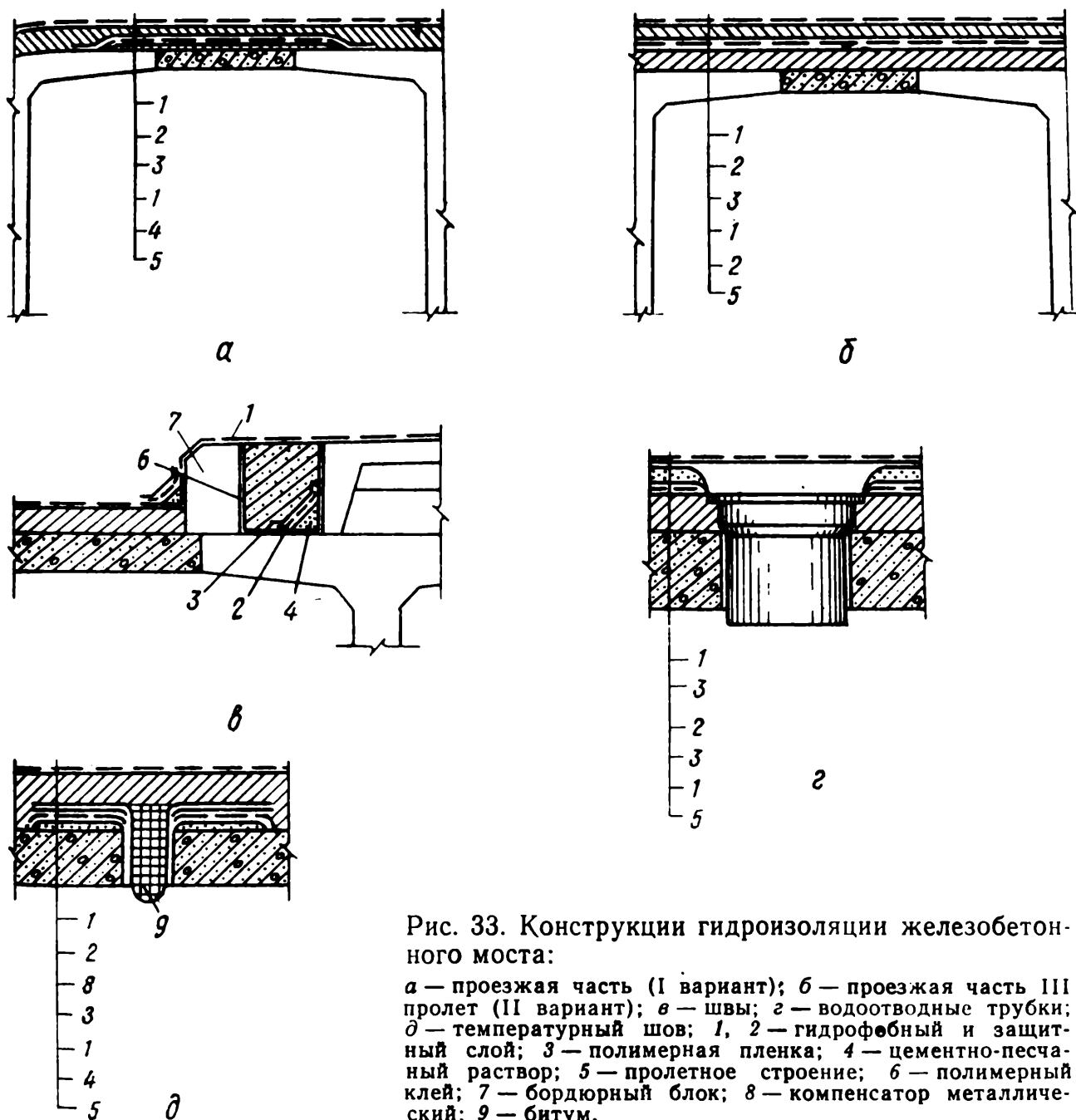


Рис. 33. Конструкции гидроизоляции железобетонного моста:

а — проезжая часть (I вариант); б — проезжая часть III пролет (II вариант); в — швы; г — водоотводные трубки; д — температурный шов; 1, 2 — гидрофобный и защитный слой; 3 — полимерная пленка; 4 — цементно-песчаный раствор; 5 — пролетное строение; 6 — полимерный клей; 7 — бордюрный блок; 8 — компенсатор металлический; 9 — битум.

Гидроизоляцию проезжей части моста осуществляли по двум вариантам. При I варианте (I и II пролет) уклонный слой гидрофобизировали водной эмульсией полиэтилгидросилоксановой жидкости, которую готовили в эмульсаторе на стройке и наносили при помощи распылителя. На гидрофобный слой наносили эмаль ПХВ. После нанесения защитного слоя (по проекту) его

двукратно гидрофобизировали. Конструкция гидроизоляции проезжей части по этому варианту приведена на рис. 33, а.

Гидроизоляцию проезжей части по II варианту (III пролет) с целью упрощения конструкции и снижения трудоемкости работ осуществляли так. После омоноличивания швы между пролетными строениями выравнивали цементно-песчаным раствором, так как бетон для омоноличивания изготовляли на слишком крупном заполнителе. На швы наносили водную эмульсию полиэтилгидросилоксановой жидкости, затем перхлорвиниловую эмаль. После гидроизоляции всех швов наносили защитный слой толщиной, равной толщине выравнивающего и защитного слоя вместе взятых. По защитному слою наносили дважды гидрофобизатор (рис. 33, б).

После гидроизоляции швов, как указано выше, весь тротуарный блок гидрофобизировали. До нанесения битумного лака и асфальта гидроизоляцию испытали (после дождей). При этом установили, что швы и проезжая часть моста не текут. Наблюдения в течение нескольких лет показали, что течей в швах и проезжей части моста не наблюдается. Следует отметить, что описанные покрытия выдерживают значительные динамические нагрузки — после 3,5 млн. циклов испытаний в них не обнаружены трещины [11]. В оклеечной же гидроизоляции в аналогичных условиях происходят нарушения покрытия (отслаивание) и поглощение воды.

В результате выполненных натурных испытаний разработаны «Рекомендации по гидроизоляции проезжей части мостов с применением кремнийорганических и органических полимеров».

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ТРИБУН СТАДИОНА

Совмещенные гидрофобно-антикоррозионные покрытия были применены при гидроизоляции стыков и площадок трибун Центрального стадиона в Киеве взамен трудоемкой и дорогостоящей гидроизоляции — наклейки панцерита и шестикратного нанесения клея на песчаный раствор.

Гидроизоляция стыков на опытных участках заключалась в гидрофобизации цементно-песчаного раствора с последующим нанесением полимерных составов на образованный гидрофобный слой. В качестве полимерных составов применяли водные эмульсии с гидрофобными добавками эмали ПХВ (по гидрофобному слою), а также составы на основе эпоксидных смол ЭД-5 и Э-2000. Для пластификации применяли пластификатор ОР (60% от веса смолы). Для склеивания «старого» и «нового» бетона применяли эмульсию ПВА.

Площадки трибун стадиона гидрофобизировали (по бетону и асфальту) с целью придания им свойств несмачиваемости. Испытания гидроизоляции выполняли при сосредоточенной нагрузке 750—800 кгс/см². Нагрузку создавали при помощи бетонных

блоков весом 1,8 т (рис. 34). Одновременно поливали складки трибун водой в течение суток. При этом гидроизоляция оказалась водонепроницаемой. Испытания после обильного суточного дождя также показали водонепроницаемость гидроизоляции.



Рис. 34. Испытания гидроизоляции на водонепроницаемость под нагрузкой (Центральный стадион в Киеве).

Глава V. ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОДОЭМУЛЬСИОННЫХ И ДРУГИХ ПОЛИМЕРНЫХ СОСТАВОВ

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И ДРУГОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОДОЭМУЛЬСИОННЫХ СОСТАВОВ

К гидроизоляции резервуаров для питьевой воды предъявляются особые требования. Они должны не только выдерживать гидростатический напор, но и быть безвредными с точки зрения санитарии и гигиены. Из традиционных способов гидроизоляции резервуаров для питьевой воды приемлемы только цементная и некоторые виды пленочной и окрасочной гидроизоляции. Однако все они дорогостоящие, имеют низкую производительность, затягивают сроки строительства. Кроме того, цементные покрытия имеют низкие водонепроницаемость и трещиностойкость.

Для гидроизоляции резервуаров для питьевой воды автором предложены совмещенные покрытия на основе водоэмульсионных

составов. Вначале наносят водоэмульсионный гидрофобизатор, а затем — эффективные водоэмульсионные гидрофобные краски, удовлетворяющие указанным выше требованиям.

На основании результатов исследований в качестве рабочего раствора для бетона выбрана 15%-ная водная эмульсия гидрофобизатора. Для улучшения адгезии к бетону и последующим полимерным покрытиям в эмульсию гидрофобизатора вводят эмульсию ПВА.

Для выбора наиболее эффективных и стойких эмульсий гидрофобизатора и эмульгаторов в лабораторной мешалке (3000 об/мин) при перемешивании в течение 60 мин водные 15%-ные эмульсии полиэтилгидросилоксановой жидкости без эмульгатора и с различными эмульгаторами в количестве 0,5 — 1%. Из полученных эмульсий отбирали пробы и определяли содержание активного водорода, затем пересчитывали на содержание полиэтилгидросилоксановой эмульсии. По заданным и полученным по анализу концентрациям гидрофобизатора судили об однородности эмульсии. Стойкость эмульсии определяли по периоду расслаивания. Одновременно измеряли рН в указанных водных эмульсиях, которое влияет на эффективность процесса гидрофобизации (табл. 19).

Таблица 19

Эмульгатор	Содержание эмульгатора, проц.	Концентрация гидрофобизатора в водной эмульсии, проц.	рН	Период расслаивания, сутки
------------	-------------------------------	---	----	----------------------------

15%-ная водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости

Без эмульгатора	—	3,8; 4,0/35,0	7,38	1
Сольвар	0,20	15,7/15,7	8,4	4
«Новость»	0,5	14,0/13,6	8,5	3
Желатин	1,0	13,2/13,0; 13,5	7,8	2
Сульфанол	0,5	15,8/15,2	8,45	5
ОП-7	0,5	15,2/15,05	8,6	3
ОП-10	0,5	15,0/15,0	8,6	3

15%-ная водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости с добавкой 15%-ной эмульсии ПВА

Без эмульгатора	—	23,0; 9,7; 10,0; 32,0	6,6	1
Сульфанол	0,5	15,4/16,0	6,2	5
«Новость»	0,5	15,2/15,4	6,6	3

Примечание. В числителе приведена концентрация гидрофобизатора в водной эмульсии для нижнего слоя, в знаменателе — для верхнего.

Проверить влияние различных эмульгаторов на однородность водных эмульсий можно по микроструктуре водных эмульсий гидрофобизатора без эмульгатора и с различными эмульгаторами.

Анализ микроструктуры водных эмульсий (рис. 35) показал, что водные эмульсии с эмульгаторами достаточно однородны.

Неоднородностью отличается водная эмульсия гидрофобизатора без эмульгаторов; в этом случае наблюдается также различное содержание гидрофобизатора в отобранных пробах как снизу, так и сверху. В нижнем слое содержание гидрофобизатора значительно меньше, чем в верхнем.

Стойкими во времени являются эмульсии с добавкой сульфанола, сольвара, «Новости», ОП-10, ОП-7. Период расслаивания их составляет от 3 до 5 суток, что вполне приемлемо.

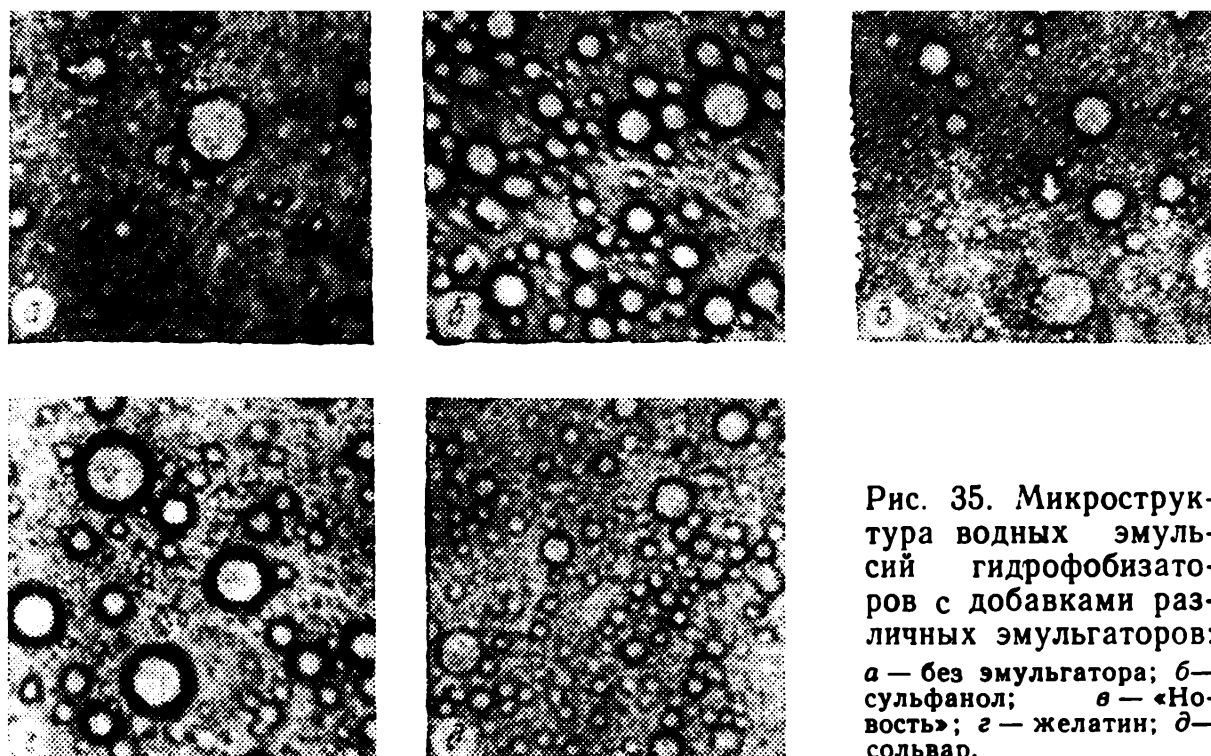


Рис. 35. Микроструктура водных эмульсий гидрофобизаторов с добавками различных эмульгаторов: а — без эмульгатора; б — сульфанол; в — «Новость»; г — желатин; д — сольвар.

Таким образом, однородность структуры и стойкость водных эмульсий гидрофобизатора при введении эмульгаторов значительно улучшаются.

Добавки различных эмульгаторов влияют на эффективность гидрофобизации бетонов (табл. 20).

Наибольшей эффективности гидрофобизации можно достичь при введении в гидрофобизатор добавок эмульгаторов «Новость», ОП-10, ОП-7; несколько худшие результаты дает введение добавок эмульгаторов сульфанола и желатина.

Применение гидрофобизатора без эмульгатора возможно только при идеальном смешении и получении однородных и стойких во времени эмульсий, для чего необходимо создание эффективных конструкций эмульгаторов.

При изготовлении водных эмульсий гидрофобизатора в заводских условиях на их однородность влияют как вводимые добавки, так и время перемешивания.

В табл. 21 приведен анализ эмульсий гидрофобизатора с различными эмульгаторами, отобранных из заводского эмульсатора

Таблица 20

Эмульгатор	Содержание эмульгатора, проц.	Водопоглощение, проц., за время испытаний, сутки			
		1	2	5	10
Без гидрофобизации	—	42,1	45,3	47,0	50,0

15%-ная водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости

Без эмульгатора	—	1,31	3,10	8,67	17,03
Сольвар	2,0	5,84	15,37	20,2	33,75
Эмульсия БМБ-3	15	13,88	22,69	27,2	38,70
Желатин	1	1,16	2,57	9,50	19,00
Сульфанол	0,5	2,46	3,55	7,50	18,0
«Новость»	0,5	0,95	2,10	3,50	11,57
ОП-7	0,5	1,50	2,95	2,95	13,3
ОП-10	0,5	0,96	2,84	7,50	10,83

15%-ная водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости с добавкой 15%-ной водной эмульсии ПВА

Без эмульгатора		2,20	6,10	12,0	24,3
Сульфанол	0,5	2,03	3,41	8,0	18,8

Таблица 21

Эмульгатор	Фактическая концентрация гидрофобизатора, проц.	Период расслаивания, ч
------------	---	------------------------

15%-ная водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости

Без эмульгатора	5,7; 3,6; 4,3	2
«Новость»	15,0; 15,1; 15,3	48
ОП-7	12,7; 13,0	48

15%-ная водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости с добавкой 15%-ной эмульсии ПВА

Без эмульгатора	6,1; 5,2; 4,8	2
«Новость»	12,0; 12,2	48
Сульфанол	18,8; 19,8	24

при перемешивании в течение 5 мин (пробы отбирали с низа эмульсатора). Концентрация гидрофобизатора в эмульсии без эмульгатора значительно ниже заданной, период расслаивания составляет 2 ч, тогда как в эмульсиях с добавлением эмульгатора «Новость» концентрация гидрофобизатора соответствует или близка к заданной (15—15,3%). Период расслаивания составляет 2 суток. Близкие результаты получены при введении эмульгатора ОП-7 — содержание гидрофобизатора составляет 12,7—13%, период расслаивания — 2 суток.

Исследования позволили установить оптимальные параметры получения стойких эмульсий гидрофобизатора — гидрофобизатор должен содержать эмульгатор «Новость» или ОП-10, ОП-7, оптимальный период перемешивания — 5 мин.

В качестве грунтовочного состава для закрытия пор гидрофобного слоя автором предложена маловязкая водоэмульсионная полимерная краска на основе эмульсии ПВА с гидрофобной добавкой — полиэтилгидросилоксановой жидкости. Оптимальная вязкость грунтовочного состава должна быть в пределах 28—30 сек по ВЗ-4 при температуре 20—25° С. После грунтовочного состава наносят ту же водоэмульсионную краску, но повышенной вязкости — до 50—55 сек при температуре 20—25° С. Эти технологические параметры проверены и подтверждены как в лабораториях, так и в натурных условиях при гидроизоляции резервуаров на стройках трестов Днепротяжстрой, Черноморгидрострой, Кременчугнефтехимстрой и др.

При механизированном способе нанесения защитных покрытий полимерные составы должны быть маловязкими и мало изменяться в определенном температурном интервале. Учитывая, что в качестве растворителя применяется вода, необходимо установить допустимые температурные условия, предельную вязкость, приемлемые для механизированного нанесения полимерных составов современными окрасочными агрегатами и распылителями.

Из табл. 22 видно, что вязкость водоэмульсионного совмещенного и несовмещенного гидрофобизатора мала, а в пределах от +20 до +5° С практически не изменяется и равна 10—11 сек по ВЗ-4; температура замерзания несовмещенного и совмещенного

Таблица 22

Рабочий состав	Температура, град С	Вязкость (по ВЗ-4), сек	Температура замерзания, град С
15 %-ная водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости с добавкой эмульсии ПВА и эмульгатора «Новость» (0,5 %)	20	10	—0,6
	15	10	
	10	10	
	5	11	
15 %-ная водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости с добавкой эмульгатора «Новость» (0,5 %)	20	10	—0,6
	15	10	
	10	10	
	5	13	
Грунтовочный состав на основе эмульсии ПВА с добавкой гидрофобизатора	20	35	+1,6
	10	45	
	5	54	
	3	67	
Окрасочный состав на основе эмульсии ПВА с добавкой гидрофобизатора	20	50	+1,5
	10	74	
	5	98	

гидрофобизатора достигает $-0,6^{\circ}\text{C}$, изменение вязкости грунтовочного состава в пределах температур от $+20$ до $+5^{\circ}\text{C}$ от 35 до 67 сек, что приемлемо для механизированного нанесения при этих температурах.

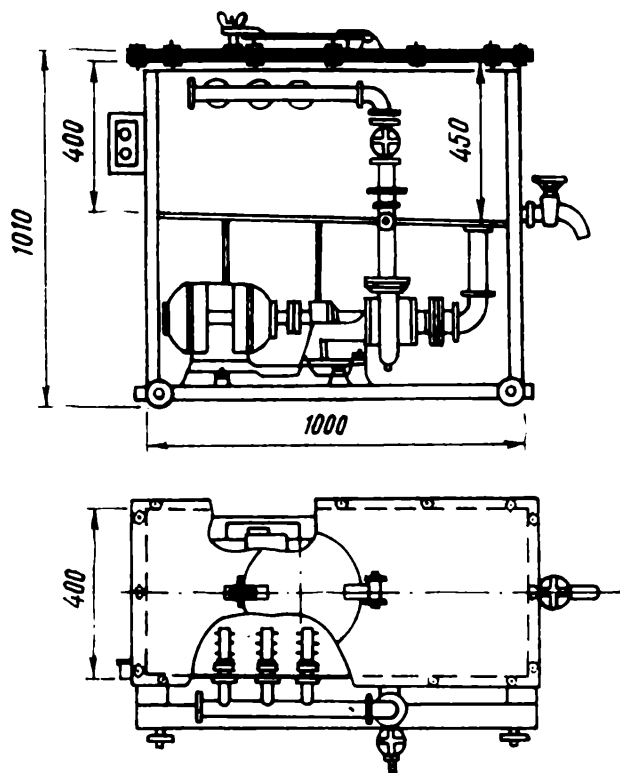
Вязкость окрасочного состава от 50 при 20°C изменяется до 74 при $+10^{\circ}\text{C}$ и до 98 сек при $+7^{\circ}\text{C}$. Температура замерзания его близка к $-1,5^{\circ}\text{C}$. Это указывает на то, что наносить его ме-

ханизированным способом можно при температуре не ниже $+10^{\circ}\text{C}$.

Водную эмульсию гидрофобизатора готовят на установке типа 2387, состоящей из резервуара вместимостью 170 л, гидродинамических вибраторов, насоса (рис. 36). Производительность установки — 200 л/ч. В резервуар заливают воду, гидрофобизатор, эмульгатор согласно рецептуре, перемешивают в течение 5—7 мин, затем добавляют эмульсию ПВА и снова перемешивают в течение 1—2 мин. Приготовленный гидрофобизатор применяют для гидроизоляции.

Грунтовочный и окрасочный полимерные составы готовят в эмалированных сборниках, в которые помещают отве-

Рис. 36. Схема насоса-эмульсатора для приготовления водной эмульсии.



роvanную), гидрофобизатор ГКЖ-94, дибутилфталат и перемешивают; отвешенное количество мела и литопонных белил тщательно перемешивают и загружают в тот же сборник. Полученную вязкую массу снова перемешивают и пропускают через краскотерку, затем через вибросито. В процессе перетирки краски и фильтрации добавляют порциями около 10% воды. Полученную массу загружают в эмалированный (или стеклянный) реактор; туда же добавляют небольшими порциями воду (около 20%); затем отбирают пробу и измеряют вязкость по ВЗ-4. После достижения вязкости 52—55 сек добавление воды прекращают. Готовый окрасочный состав сливают в пластмассовые бидоны или бочки с полиэтиленовым вкладышем. Затем на передвижном агрегате отправляют на стройку.

Приготовление грунтовочного состава заключается в разбавлении водоэмульсионной краски до вязкости 28—30 сек. Для этого окрасочный состав загружают в реактор и добавляют пор-

циями воду (10—12%), перемешивают и измеряют вязкость. После достижения вязкости 28—30 сек по ВЗ-4 готовый грунтовочный состав сливают в пластмассовые бидоны.

Устройство гидроизоляции резервуаров для питьевой воды с применением водоземulsionных составов включает в себя подготовку изолируемой поверхности, нанесение водоземulsionного гидрофобизатора, грунтовочного и окрасочного составов.

Изолируемая поверхность должна быть очищена от масел и мусора стальными щетками, а от пыли — продувкой воздухом. После полной монтажной готовности резервуара и омоноличивания швов должна быть заделана арматура, на выступающие металлические части нанесено антикоррозионное защитное покрытие. На изолируемой поверхности должны быть заделаны цементно-песчаным раствором раковины заподлицо с ней. Нанесение на изолируемую поверхность штукатурного слоя не допускается.

Водоземulsionный состав наносят механизированным способом с помощью распылителей, закрепленных на удлиненном шесте. При этом температура окружающего воздуха должна быть не ниже +10° С. Для ускорения периода сушки покрытий «до отлипа» в весенне-осенний период рекомендуется подсушка покрытий с помощью инфракрасных лучей (тенов) или калориферов до температуры +75 +80° С на покрытии.

Водоземulsionный гидрофобизатор наносят непосредственно из эмульсатора при помощи удочки либо воздушным напылением распылителями типа СО-43, СО-71, О-45 и др. Направление струи гидрофобизатора должно быть перпендикулярно к покрываемой поверхности. Расстояние от распылителя до гидрофобизируемой поверхности — 300—350 мм, скорость передвижения распылителя — 0,3 м/сек.

Гидрофобное покрытие должно быть сплошным, без пропусков, для чего необходимо каждую последующую полосу наносить так, чтобы факел распылителя перекрывал предыдущую полосу на 3—5 см.

К нанесению грунтовочного состава приступают после высушивания гидрофобного покрытия «до отлипа». Грунтовочный состав вязкостью 28—30 сек по ВЗ-4 наносят однократно при помощи распылителя от окрасочного агрегата СО-5 или СО-3. После проверки сплошности грунтовочного покрытия и сушки его «до отлипа» двукратно наносят окрасочный состав.

Для обеспечения высокой водонепроницаемости и повышения прочности после нанесения водоземulsionных составов горизонтальные швы и днище покрывают валиком окрасочным составом с добавкой 37% тонкомолотого песка. Ширина шва 5 см по обе стороны, толщина покрытия 130—150 мкм.

Гидроизоляцию колонн осуществляют на высоте 2 м от уровня днища. Технология гидроизоляции стыков на сопряжениях колонн с днищем такая же, как и горизонтальных швов и днища.

Состав	Вязкость по ВЗ-4, сек	Фактическая средняя производительность, м ² /ч	Расход, г/м ²	Затраты времени при нанесении на 100 м ² поверхности, мин
Водоэмульсионный совмещенный гидрофобизатор	10	600	200	10
Грунтовочный	28—30	500*	210	12
Окрасочный:				
I покрытие	50—52	400*	220	15
II »	52—55	400*	200	15

* Работа производится двумя распылителями.

В табл. 23 приведены средний расход рабочих составов и основные технологические параметры — вязкость составов, производительность при нанесении.

Лабораторные и натурные испытания гидроизоляции резервуаров с применением кремнийорганических и органических полимеров подтвердили высокие эксплуатационные качества совмещенных водоэмульсионных покрытий.

Так, исследования совмещенных водоэмульсионных составов при длительном пребывании в воде (рис. 37) свидетельствуют об

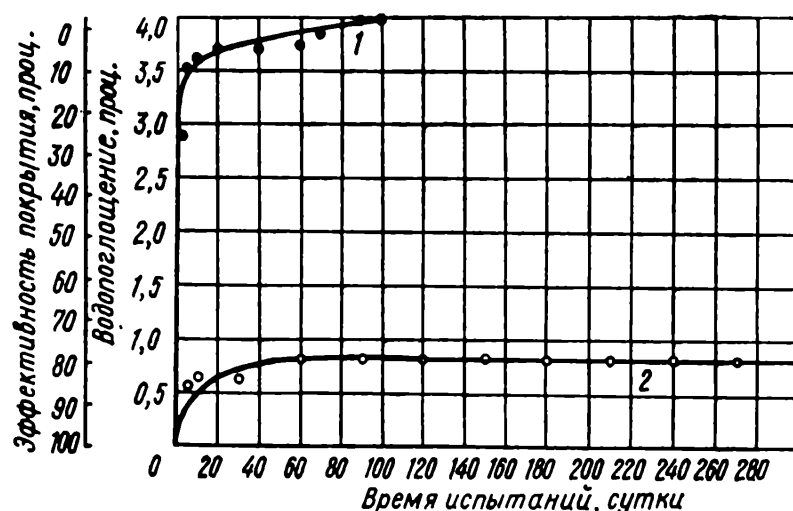


Рис. 37. Изменение водопоглощения и эффективности покрытий по бетону при постоянном пребывании в воде:

1 — краска ПВА; 2 — совмещенный гидрофобизатор и краска ПВА.

их высокой эффективности по сравнению с полимерной краской без предварительного образования гидрофобного слоя бетона.

Защитные водоэмульсионные покрытия на основе гидрофобизатора, грунтовочного и окрасочного составов значительно повышают водонепроницаемость бетонов (табл. 24). Так, для водоэмульсионных составов водонепроницаемость в течение 70 суток испытаний составляет более 30, для покрытий на основе гидро-

Таблица 24

Вид покрытия	Время испытаний, сутки	Водонепроницаемость, кгс/см ²
Без покрытия	—	1
На основе гидрофобизатора и эмали ПХВ	46	27÷30
На основе гидрофобизатора и эпоксидной смолы	75	30
Водоэмульсионный совмещенный состав	70	30

фобизатора и эмали ПХВ — 27—30, для совмещенного покрытия на основе гидрофобизатора и эпоксидных смол — более 30, для бетона в течение 8 ч — 1 кгс/см².

Для гидроизоляции подземных и наземных сооружений особо важное значение имеют деформативные свойства защитных покрытий—их трещиностойкость, которая тесно связана с эластичностью. Испытания полимерных покрытий на гибкость, ударную прочность и удлинение согласно принятым методикам показали, что они обладают высокой эластичностью и прочностью на удар (50 кгс/см²), а также большим удлинением (150%) *.

На рис. 38 показан характер образования и ширина раскрытия трещин для совмещенного водоэмульсионного покрытия на образцах бетона марки 200 при испытаниях на растяжение (на прессе Шоппера). При нагрузке 1400 кгс на совмещенном водоэмульсионном покрытии трещины не образовались, в бетоне же без покрытия ширина раскрытия трещин при нагрузке 600 кгс превышает 0,05, а при нагрузке 1400 кгс достигает 0,2 мм. Появление трещин на таком покрытии при нагрузке 1500 кгс также не наблюдалось; в то же время в

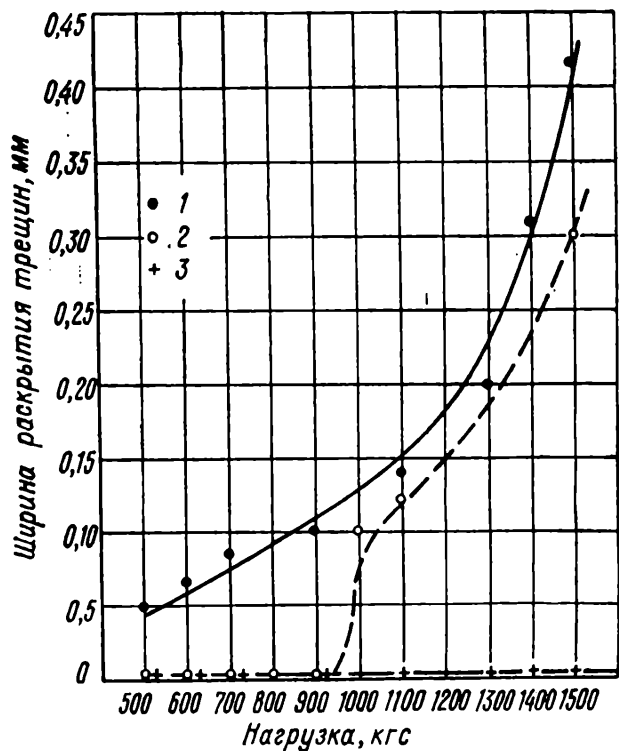


Рис. 38. Трещиностойкость бетонов марки 200:

1 — без покрытия; 2, 3 — с покрытиями соответственно на основе водоэмульсионной краски ПВА и совмещенным водоэмульсионным.

* Учитывая, что резервуары для питьевой воды практически не подвергаются температурным воздействиям, испытания выполняли при обычной температуре.

бетоне ширина раскрытия трещин при этой же нагрузке составляет 0,4 мм.

Испытания трещиностойкости бетона марки 200 и различных покрытий на железобетонных балках, армированных стальной арматурой (1,5% армирования) *, также подтвердили высокую трещиностойкость совмещенных водоэмульсионных покрытий — при образовании в бетоне под покрытием трещин шириной 0,01—0,5 мм на самом покрытии трещины не обнаружены. При потере несущей способности балок гидроизоляционные покрытия трещин не дали.

Исследования, проведенные в Институте гигиены и коммунального хозяйства **, засвидетельствовали, что предложенные совмещенные водоэмульсионные составы для гидроизоляции резервуаров для питьевой воды отвечают требованиям гигиены и санитарии.

О высоких гигиенических качествах совмещенных покрытий на основе водоэмульсионных гидрофобизаторов, грунтовочных и окрасочных составов говорит и такой фактор, как изменение во времени рН питьевой воды, в которой находится бетон с предложенными покрытиями и без них (табл. 25). Так, рН питьевой

Таблица 25

Вид покрытия	рН питьевой воды за время испытаний, сутки							
	1	3	5	10	20	30	50	80
Гидрофобизатор с последующим нанесением краски ПВА	8,0	8,2	8,3	8,4	8,4	8,5	8,5	8,5
Гидрофобизатор с последующим нанесением ПХВ-23	8,2	8,3	8,4	8,4	8,5	8,5	8,5	8,5
Без покрытия	9,3	9,7	10,0	10,0	10,1	10,2	10,4	10,5

Примечание. рН питьевой воды до испытаний 7,6.

воды при погружении в нее образцов бетонов с совмещенными защитными покрытиями изменяется незначительно — от 7,6 до 8,5 за 80 суток испытаний, а при погружении образцов без покрытий — от 7,6 до 10,5, т. е. образуется щелочная среда, способствующая развитию эмбрионов кишечных заболеваний.

Совмещенные водоэмульсионные покрытия могут также применяться для гидроизоляции плавательных бассейнов, водоочистных фильтров, радиальных сгустителей и отстойников углефабрик и т. д.

* Выполнены лабораторией железобетонных конструкций Харьковского Промстройинипроекта под руководством Ю. М. Смолянинова.

** Проведены под руководством канд. техн. наук В. Н. Чекаль.

Гидроизоляцию плавательных бассейнов осуществляют по технологии, описанной выше. Однако она имеет и свои особенности. Во второй окрасочный состав добавляют песок для лучшей адгезии к цементному раствору. В этот раствор вводят добавку эмульсии ПВА. По такой технологии выполнена гидроизоляция плавательных бассейнов в Александрии, Днепропетровске и ряде других городов. В осенний период при гидроизоляции плавательных бассейнов на гидрофобизатор наносят эмали ХСЭ и эпоксидные смолы.

Трест Таллинстрой внедрил описанный выше способ для гидроизоляции фильтров водоочистных сооружений. Испытания на водонепроницаемость показали хорошие результаты.

Трест Донкоксохимстрой выполнил гидроизоляцию радиальных сгустителей углефабрики в Авдеевке с применением водоземulsionных составов. Гидроизоляции подлежали три резервуара из монолитного бетона вместимостью 2000 м³ каждый. Устройство гидроизоляции заключалось в нанесении гидрофобизатора, грунтовочного и окрасочного составов. Через семь суток радиальные сгустители были проверены на водонепроницаемость. Утечка воды не была обнаружена. За шесть лет эксплуатации утечка воды также не наблюдалась.

На основании лабораторных и натурных исследований, а также опытного внедрения автором разработаны «Рекомендации по гидроизоляции резервуаров для воды с применением кремнийорганических и органических полимеров», которые утверждены Минтяжстроем и Госстроем УССР. Тресты Днепротяжстрой, Таллинстрой, Кременчугнефтехимстрой успешно применяют предложенный автором способ гидроизоляции резервуаров для воды с использованием кремнийорганических и органических полимеров, что дает им возможность получать значительный экономический эффект благодаря снижению стоимости с 3,9 руб. (для торкрет-штукатурки) до 80—90 коп. на 1 м² (для совмещенных покрытий) и трудозатрат в результате повышения производительности при нанесении покрытий (соответственно 6—9 и 400—500 м² в 1 ч). Всего за годы девятой пятилетки по новому способу загидроизолировано более 400 тыс. м² поверхности резервуаров для воды различного назначения. Экономический эффект от внедрения этого способа превысил 1,6 млн. руб.

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ВОДЫ НА ОСНОВЕ ГИДРОФОБИЗАТОРОВ И ЭМАЛЕЙ ПХВ

Как указывалось ранее, при использовании водоземulsionных составов гидроизоляцию резервуаров можно выполнять при температуре не ниже 10° С. Учитывая необходимость проведения этих работ в осенне-зимний период, автор предложила составы, позволяющие выполнять работы при более низких температурах. В качестве таких составов предложены кремнийорганические

соединения и смолы на органических растворителях, допустимые по гигиеническим требованиям.

Для гидрофобизации при температуре до 5—10° С предлагается использовать 15 %-ную водную эмульсию гидрофобизатора с добавкой эмульгатора «Новость» или ОП-10, в осенне-зимний сезон — 15 %-ный раствор гидрофобизатора в уайт-спирите. В качестве совмещенного покрытия по гидрофобному слою выбрана эмаль ПХВ. Для грунтовочного состава может быть использована эмаль вязкостью 30—35 сек по ВЗ-4.

В табл. 26 показано изменение вязкости гидрофобизаторов, грунтовочного и окрасочного составов в зависимости от темпера-

Таблица 26

Рабочий состав	Температура, град С	Вязкость (по ВЗ-4), сек
15 %-ный раствор полиэтилгидросилоксановой жидкости в уайт-спирите	25	10
	10	10
	5	10
	0	11
	—5	11
	—10	12
Грунтовочный состав на основе эмали ПХВ	25	35
	10	51
	5	59
	0	72
	—5	84
	—10	92
Полимерный состав на основе эмали ПХВ	25	45
	10	54
	5	61
	0	77
	—5	100
	—10	117

туры. Приведенные данные показывают, что предложенные составы могут применяться для механизированного нанесения при температуре до —5° С.

Водную эмульсию гидрофобизатора готовят в установке, описанной выше. В резервуар установки заливают воду, препарат ГКЖ-94 и эмульгатор. После перемешивания в течение 5—7 мин полученную водную эмульсию используют для гидрофобизации внутренней поверхности резервуара. В осенне-зимний период пользуются раствором гидрофобизатора в уайт-спирите.

При приготовлении полимерных составов отбирается проба эмали ПХВ и передается в лабораторию для определения вязкости. Если вязкость краски высокая, ее разбавляют ксилолом

(в сборнике, имеющем мешалку и крышку) до вязкости 30—35 сек по ВЗ-4. Следующий полимерный состав готовят аналогично грунтовочному, но вязкостью 50—55 сек по ВЗ-4. Готовые составы сливают в металлические бидоны с герметическими крышками и отправляют на стройки.

Устройство гидроизоляции включает в себя подготовку изолируемой поверхности с последующим нанесением гидрофобизатора, грунтовочного и полимерных составов с более высокой вязкостью. Подготовка изолируемой поверхности производится, как указано выше.

В зимних условиях гидрофобизацию производят раствором ГКЖ-94 в уайт-спирите при температуре окружающего воздуха не менее -5°C . В осенне-летний период для гидрофобизации применяют водную эмульсию гидрофобизатора при температуре окружающего воздуха не ниже $+10^{\circ}\text{C}$.

Нанесение гидрофобизатора, растворенного в уайт-спирите, на влажную поверхность не допускается; для водоземulsionного гидрофобизатора допускается нанесение на влажную поверхность (до 5—6%). Гидрофобизацию выполняют при помощи распылителей. При работе с гидрофобизатором, растворенным в уайт-спирите, необходимо соблюдать правила техники безопасности.

Грунтовочный состав на основе эмали ПХВ вязкостью 30—35 сек наносят на гидрофобную бетонную поверхность, подлежащую гидроизоляции.

Напыление грунтовочного состава производят после получения гидрофобной поверхности, что проверяют путем набрызга воды (через 1—2 суток). Нанесение грунтовочного раствора производят при помощи окрасочного агрегата СО-5 из красконагнетельного бачка СО-12 пистолетом-распылителем СО-43, либо распылителем О-45. После сушки «до отлипа» дважды наносят полимерный состав вязкостью 55—60 сек по ВЗ-4. Режим работы показан в табл. 27.

Таблица 27

Рабочий состав	Вязкость по ВЗ-4, сек	Фактическая средняя производительность, $\text{м}^2/\text{ч}$	Расход, $\text{г}/\text{м}^2$
Водоземulsionный гидрофобизатор	10	600—700	200
Раствор гидрофобизатора в уайт-спирите			
Эмаль ПХВ:			
I слой	30—35	250—300	240
II слой	55—60	220—250	200

По указанной технологии трестом Днепротяжстрой осуществлена гидроизоляция резервуара вместимостью 100 м³ в течение двух рабочих дней.

Трестом Днепротяжстрой, который широко применяет новый способ гидроизоляции сооружений на основе кремнийорганических и органических полимеров, а также трестом Ждановметаллургстрой и другими организовано постоянное наблюдение за состоянием покрытий, утечкой воды в резервуарах. Обследования показали, что за 6 лет эксплуатации резервуаров не было обнаружено утечки воды и отслаивания покрытий.

В результате выполненных лабораторных и натурных исследований способ гидроизоляции с применением водоэмульсионных составов внедрен на ряде строительных объектов.

Глава VI. ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ И АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ АГРЕССИВНЫХ СРЕД И ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Гидроизоляционные покрытия, претерпевающие воздействие воды и растворенных в ней агрессивных веществ, а также повышенной температуры, должны выдерживать гидростатический напор и иметь высокие непроницаемость в широком интервале отрицательных и положительных температур и эластичность. Эти качества зависят главным образом от микроструктуры полимерных покрытий, которая определяет их физико-механические свойства. Изменяя надмолекулярную структуру полимера, можно получить полимерные покрытия с заданными свойствами. Исследования Т. И. Соголовой [12] показали, что полимеры с мелкокристаллической структурой, мелкосфералитного строения обладают повышенными прочностными свойствами и большим удлинением, т. е. эластичностью. Наличие крупных неоднородных образований приводит к преждевременному разрушению полимерных покрытий в условиях эксплуатации, к образованию микротрещин, что вызывает хрупкий разрыв. Для обеспечения высокой непроницаемости полимерных покрытий необходимо применять полимеры с плотной упаковкой молекул. В этом случае молекулы или комплексы молекул воды и растворенных в них агрессивных веществ не могут проникнуть внутрь бетона, так как межмолекулярные промежутки в полимерной пленке меньше, чем молекулы воды. Если эти размеры соизмеримы, то молекулы воды «застревают» в межмолекулярных промежутках.

С повышением температуры возможность прохождения влаги в полимер возрастает вследствие теплового расширения, увеличения частоты и амплитуды тепловых колебаний, а также тепловой энергии направленного движения молекул воды.

К полимерным покрытиям с плотной упаковкой молекул, имеющим высокую химическую стойкость и адгезию к бетону, относятся прежде всего эпоксидные смолы, содержащие в своей молекуле эпоксидную группу с высокой реакционной способностью. При взаимодействии с аминами и кислотами молекулы эпоксидной смолы приобретают сетчатую структуру с высокой прочностью и термостойкостью. Увеличение молекулярной массы эпоксидной смолы, являющейся главной характеристикой полимера, достигается поперечными сшивками молекул, которые можно осуществить через эпоксидные или гидроксильные группы или через те и другие вместе. Поперечную сшивку молекул, или «отверждение» смол, практически производят при помощи аминов и ангидридов кислот. Для «холодного» отверждения смол используют наиболее распространенное аминосоединение — полиэтиленполиамин, для «горячего» — ангидриды кислот (малеиновый, фталевый), а также метафенилендиамин. При «холодном» отверждении вступают в реакцию главным образом эпоксидные группы, при «горячем» — не только эпоксидные, но и гидроксильные группы, что приводит к развитой пространственной структуре молекул, улучшению физико-механических свойств покрытия. Как показали исследования автора, при «горячем» отверждении эпоксидных смол резко увеличивается скорость отверждения и улучшаются физико-механические свойства покрытия (табл. 28).

Таблица 28

Состав (мас. ч.)	Способ отверждения	Прочность, кгс/см ²			Модуль упругости E, кгс/см ²
		при сжатии	при изгибе	при разрыве	
ЭД-6 (100), МФД (16), ДБФ (20), наполнитель — песок	Горячее Холодное	782 635	470 321	215	30000
ЭД-6 (100), ПЭПА (12), ДБФ (20), наполнитель — песок	Горячее Холодное	675 347	380 220	157 99	29000
ЭД-6 (100), МФД (16), ОР (30), наполнитель — песок	Горячее Холодное	625 575	290 256	186	69000
ЭД-5 (100), ПЭПА (12), ДБФ (15), наполнитель — песок	Горячее Холодное	668 624	213 210	160	14500

Достоинством эпоксидных смол является также их малая усадка при отверждении. К недостаткам следует отнести их низкую трещиностойкость.

Улучшить свойства эпоксидных смол можно путем их отверждения термореактивными фенолформальдегидными, мочевиноформальдегидными, полиамидными и другими смолами. Для уве-

личения жизнеспособности и эластичности смол следует использовать химически стойкие эмали, что способствует повышению жизнеспособности, эластичности, химической стойкости и термостойкости покрытий. Это позволяет применять их для гидроизоляции и антикоррозионной защиты подземных железобетонных сооружений, подверженных воздействию водных растворов с агрессивными веществами и повышенной температуры. Для повышения теплостойкости и других физико-механических свойств покрытий применяют также наполнители — кварцевый песок, тальк, андезитовую муку.

К полимерным покрытиям с разветвленной структурой относятся также покрытия на основе полиуретановых смол после их отверждения. При воздействии влаги структура этих покрытий, а значит, и их эластичность улучшаются благодаря взаимодействию молекул воды с цианамидной группой. Покрытия на основе полиуретановых смол предложены автором для создания паро-гидроизоляционных покрытий.

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ И АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ МАЗУТОВ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Опыт эксплуатации резервуаров для мазутов при повышенных температурах в Запорожье, Днепропетровске, Донецке и других городах показал, что традиционный способ защиты — торкретирование — не удовлетворяет указанным выше требованиям, а также характеризуется высокой трудоемкостью и низкой производительностью. Более надежна металлическая гидроизоляция с защитным полимерным покрытием. Однако стоимость и трудоемкость ее устройства также большие, а производительность низкая, при этом требуется большой расход металла.

Работы по созданию полимерной гидроизоляции железобетонных резервуаров для хранения нефтепродуктов на основе эпоксидных смол ЭД-5, краски ЭП-755, хлорсульфонового полиэтилена, бакелитового лака, совмещенного с полиэфиракрилатом ТГМ-3, ведутся во ВНИИСТе, Московском и Бакинском институтах нефти и газа и других организациях. Общим недостатком этих видов гидроизоляции является то, что при малейшем нарушении покрытия агрессивные вещества через поры легко проникают в бетон, а также высокая стоимость и др.

Сорбция мазута бетоном зависит от характера поверхности бетона, характера и количества внутренних пор в материале. Чем больше внутренняя поверхность пор и капилляров, тем большее количество мазута способен сорбировать материал. Сорбция мазута зависит от их физико-химических свойств и в первую очередь от вязкости и изменения ее с повышением температуры, а также от химического состава мазутов и его примесей. Особую роль играют входящие в состав мазута сернистые соединения,

вода и растворенные в ней соли сульфатов аммония, высшие фенолы и другие компоненты, способствующие коррозии арматуры и бетона. Следует также отметить, что при циклическом нагреве в среде мазута бетон теряет до 30% прочности.

Различают топливные и мартеновские мазуты. Из топливных мазутов более широко используется мазут марки М-100, отличающийся высокими вязкостью и сернистостью (содержание серы от 2 до 3,5%). Мартеновский мазут марки МП имеет невысокие сернистость (до 0,5%) и вязкость (условная вязкость 4,5° ВУ при 80° С). Вязкость мазута марки М-100 изменяется в пределах температур 70—90° С от 20 до 8,8° ВУ, мазута марки МП в пределах температур 60—90° С — от 9,3 до 3,6° ВУ (табл. 29). Среднее положение занимает мазут марки М-40.

Таблица 29

Марка мазута	Условная вязкость, град ВУ, при температуре, град С					Содержание, проц.	
	60	70	80	90	100	серы	воды
МП	9,3	6,5	4,5	3,6	3,6	0,5	2,0
М-100	—	20	14,3	9,0	8,8	2,5	1,5
М-40	14	14	9,0	7,0	—	2,0	2,0

Глубина проникновения мазута различных марок в образцы бетона марки 200 (7×7×7 см) при циклическом нагреве показана на рис. 39. Из рисунка видно, что большей проницаемостью обладает мазут марки МП — за семь циклов испытаний наблюдается полное его проникновение в образцы. Полное проникновение мазута марки М-100 происходит за 20 циклов испытаний. Аналогичные результаты получены при подсчете коэффициента проницаемости этих мазутов по формуле

$$k = \frac{W}{St\tau},$$

где W — количество поглощенного мазута, г; S — площадь диффузионного потока, см²; t — температура мазута, град С; τ — время испытаний, ч.

Таким образом, требования к защитным покрытиям для мартеновских мазутов должны быть значительно выше, чем для топливных.

Для гидроизоляции железобетонных резервуаров для хранения мазутов автором предложены совмещенные покрытия. Гидроизоляцию осуществляют путем гидрофобизации бетона полиэтилгидросилоксановой жидкостью с последующим нанесением полимерных составов на основе эпоксидных смол и их композиций с химически стойкими эмалями, а также водоэмульсионных

составов. Гидрофобизация способствует снижению мазутопроницаемости бетона. На рис. 40 видна глубина проникновения мазута марки МП для гидрофобизированных и негидрофобизированных бетонов (образцы марки 200 размером $7 \times 7 \times 7$ см) при циклическом нагреве в интервале температур от 20 до 90° С.

В течение 1 цикла испытаний (1 цикл соответствует 1 суткам) глубина проникновения мазута МП в гидрофобизированный бетон составила 1,5, в негидрофобизированный — 12 мм.

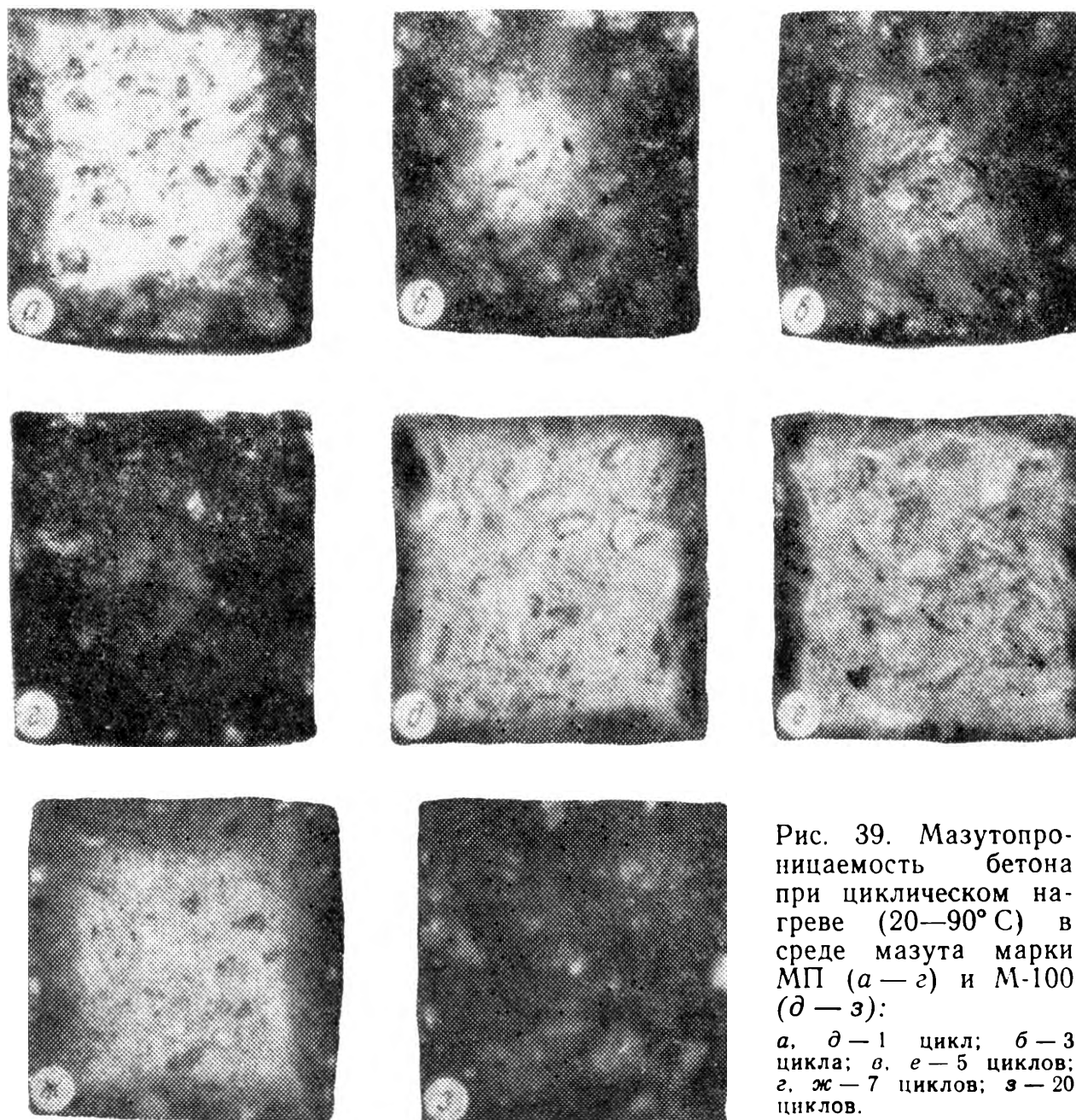


Рис. 39. Мазутопроницаемость бетона при циклическом нагреве (20—90° С) в среде мазута марки МП (а — г) и М-100 (д — з):

а, д — 1 цикл; б — 3 цикла; в, е — 5 циклов; г, ж — 7 циклов; з — 20 циклов.

Однако полной мазутонепроницаемости бетонов только при гидрофобизации получить нельзя. Поэтому необходимо нанесение покрытий на основе водоэмульсионных составов, эпоксидных смол и композиций на основе эпоксидных смол и химически стойких эмалей.

Образцы бетона с совмещенными покрытиями на основе гидрофобизаторов, эмали ХСЭ и смолы ЭД-5, а также гидрофо-

бизаторов и смолы ЭД-5 после испытаний в срезе мазута марки МП при циклическом нагреве (300 циклов) в пределах температур 20—90° С приведены на рис. 41. Из рисунка видна полная мазутонепроницаемость для композиций на основе эмали ХСЭ и ЭД-5 с предварительной гидрофобизацией. Соответственно коэффициент мазутопроницаемости равен нулю. Для покрытий на основе смолы ЭД-5 с предварительной гидрофобизацией наблю-

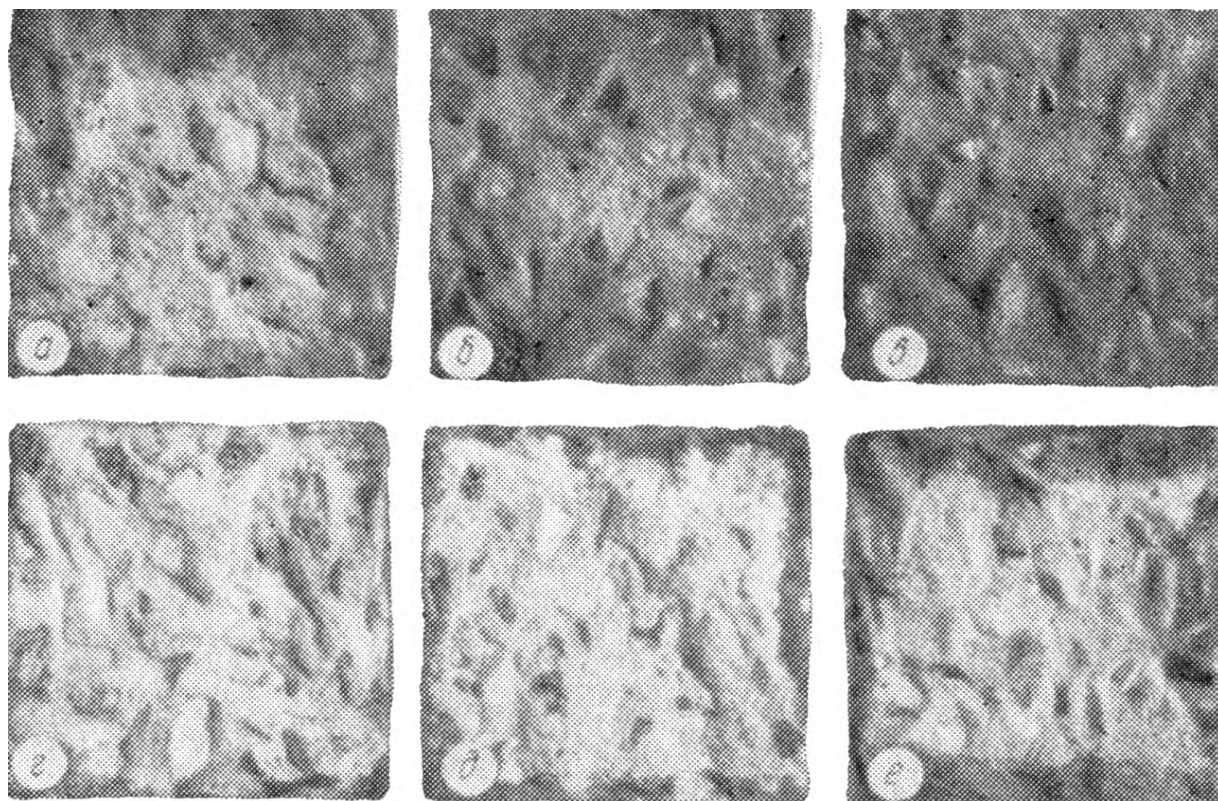


Рис. 40. Мазутопроницаемость гидрофобизированного (а — в) и негидрофобизированного (г — е) бетонов при циклическом нагреве (20—90° С):

а, г — 1 цикл; б, д — 5 циклов; в, е — 7 циклов.

дается частичное проникновение мазута в раковины бетона. Это объясняется высокой вязкостью эпоксидных составов, вследствие чего они плохо проникают в бетон, тогда как при использовании композиций с эмалями ХСЭ вязкость составов колеблется от 35 до 55 сек (по ВЗ-4), что обеспечивает проникновение их в поры бетона.

Водоэмульсионные составы при циклическом нагреве при температурах 20—140° С показали худшие результаты. Положительные результаты для этих составов получены при циклическом нагреве в интервале температур 20—80° С (период испытаний 300 циклов). Коэффициент мазутопроницаемости при этом равен нулю. Водоэмульсионные составы можно рекомендовать для гидроизоляции резервуаров для мазутов марки М-100 с температурой нагрева до 80° С.

Высокие изолирующие свойства совмещенных покрытий для железобетонных резервуаров подтверждают также испытания под действием давления и температуры. Конусообразные образ-

цы из бетона марки 200 с покрытиями и без покрытий испытывали на специальной установке, позволяющей нагревать мазут и поддерживать заданные температуру (70—74° С) и давление (от 1,5 до 3 кгс/см²).

Исследования показали незначительное проникновение мазута в раковины бетона для состава на основе эпоксидной смолы, полную мазутонепроницаемость для остальных составов (рис. 42).

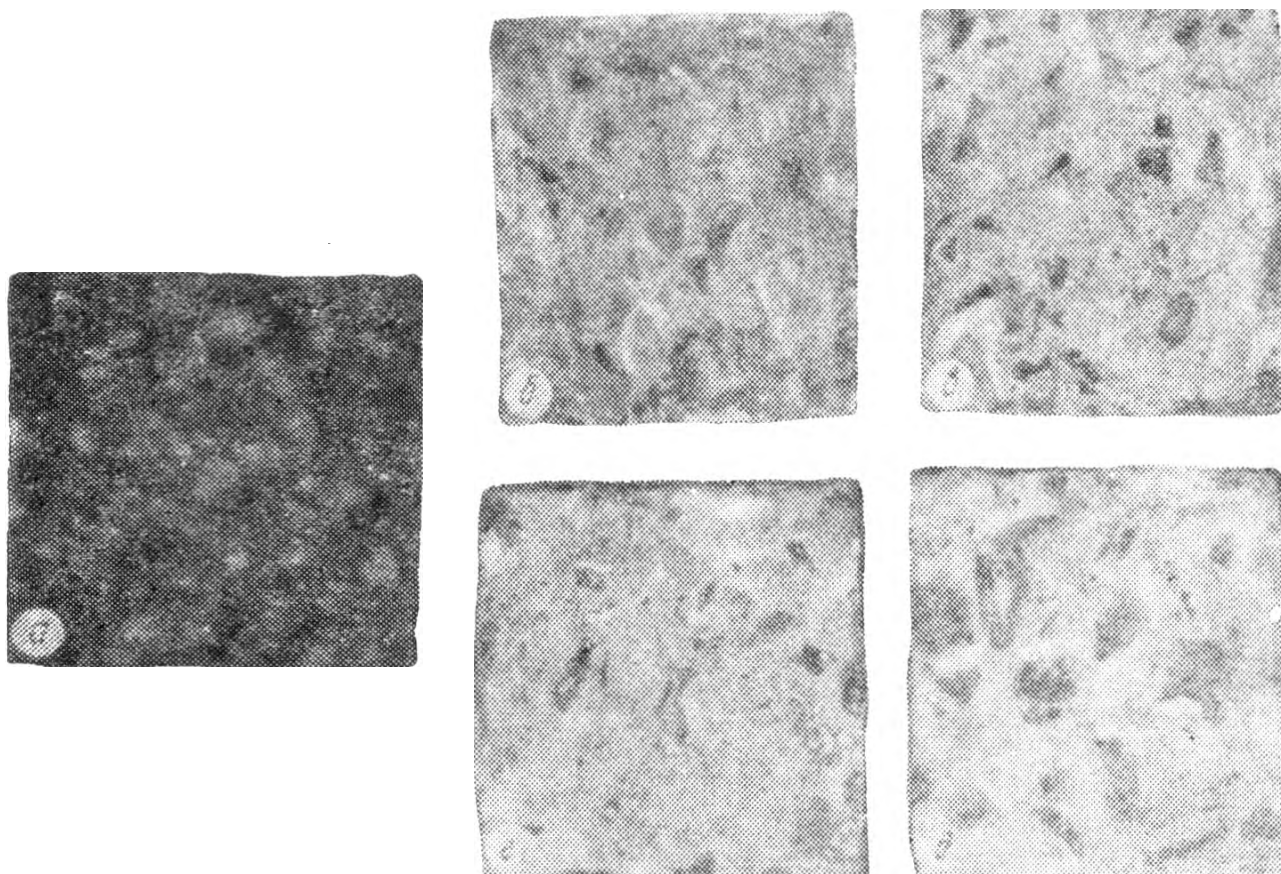


Рис. 41. Мазутопроницаемость гидрофобизированного бетона с полимерными покрытиями при циклическом нагреве (20—90° С):

а — без гидрофобизации; *б* — на основе эмали ХСЭ и смолы ЭД-5; *в* — на основе кремнийорганических смол; *г* — на основе смолы ЭД-5; *д* — на основе смолы ЭД-5 с песком.

Выполненные исследования позволили выбрать оптимальные составы для гидроизоляции резервуаров для мазутов и приступить к внедрению нового способа гидроизоляции.

На объектах треста Днепротяжстрой была осуществлена гидроизоляция сборных железобетонных резервуаров вместимостью по 2000 м³. Технология внутренней гидроизоляции с применением водоземulsionных составов такая же, как и при гидроизоляции резервуаров для воды. В связи с наличием грунтовых вод (уровень воды 3,5 м) наружную гидроизоляцию производили с применением гидрофобизаторов (15%-ная водная эмульсия полиэтилгидросилоксановой жидкости) и последующим нанесением состава на основе химически стойкой эмали и эпоксидной смолы.

Трестом Донмашстрой выполнена гидроизоляция монолитного резервуара для мазута вместимостью 2500 м³ с применением того же гидрофобизатора и последующим нанесением полимерного состава на основе эпоксидной смолы взамен предусмотренной ранее проектом трудоемкой и дорогостоящей металлической гидроизоляции. В результате получен значительный экономический эффект, так как стоимость последней достигает 24,4, в то время как стоимость предложенного покрытия не превышает 2,8 руб. на 1 м².

Эти гидроизоляционные покрытия наблюдали в условиях переменного уровня мазута, циклического нагрева при температуре от 20 до 90°С и др. Испытания указанных резервуаров на водонепроницаемость показали отсутствие утечки воды, а затем в процессе эксплуатации — утечки мазута, а также образования трещин в течение 5 лет.

Лабораторные исследования, натурные испытания и опытное внедрение позволили автору разработать «Технические условия» по гидроизоляции резервуаров для мазутов с применением кремнийорганических и органических полимеров (ТУ СССР 192—74)», утвержденные Минтяжстроем СССР. В ТУ приведена рецептура гидрофобизаторов и полимерных составов, способы их приготовления и нанесения на бетонные поверхности, контроль качества гидроизоляции, основные правила техники безопасности при производстве работ, технические требования к материалам, методы лабораторного контроля, технико-экономические показатели.

Устройство гидроизоляции для резервуаров для топливных мазутов включает подготовку изолируемой поверхности, нанесе-

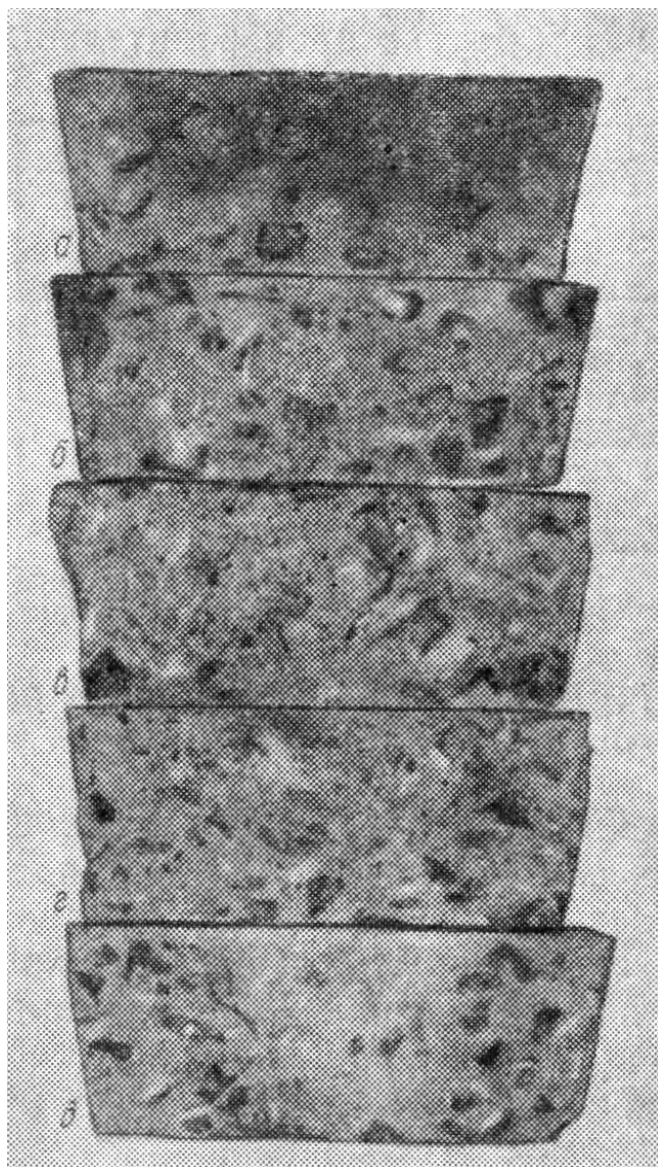


Рис. 42. Влияние давления и температуры на мазутопроницаемость гидрофобизированного бетона с полимерными покрытиями (мазут марки МП), $P = 3 \text{ кгс/см}^2$, $t = 70^\circ \text{C}$:

а — без покрытия; б — на основе эпоксидной смолы; в — гидрофобная краска; г — на основе эмали ХСЭ и смолы ЭД-5; д — состав на основе кремнийорганических эмалей.

ние водоэмульсионных гидрофобизаторов, грунтовочного и окрасочного составов. Эти покрытия применяют при температуре эксплуатации резервуаров до 80° С.

Для резервуаров с температурой мазута выше 80° С используют составы на основе гидрофобизатора, эпоксидных смол и эмалей ХСЭ. Устройство гидроизоляции для резервуаров с мазутом марки МП включает подготовку поверхности, нанесение грунтовочного состава (на основе эмали ХСЭ и смолы ЭД-5) по гидрофобной поверхности и такого же состава с повышенной вязкостью (табл. 30). Составы наносят с помощью распылителей СО-71 и других производительностью 300—400 м²/ч.

Таблица 30

Рабочий состав	Вязкость ВЗ-4 при 20° С, сек	Средняя производительность, м ² /ч	Расход рабочего раствора, г/м ²
Водоэмульсионный гидрофобизатор *	10	600	200
Грунтовочный состав на основе эмали ХСЭ и ЭД-5**	35—40	400	240
Полимерный состав на основе эмали ХСЭ и ЭД-5 (на одно покрытие)	55—60	400	230

* Работа производится удочкой от насоса-эмульсатора.

** Работа производится двумя окрасочными агрегатами.

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ

Гидроизоляция с применением кремнийорганических и органических полимеров является эффективной и для подземных очистных сооружений промышленных стоков.

Полимерные составы предварительно испытывали в имитированных агрессивных средах, характерных для очистных сооружений различных предприятий (табл. 31) при обычных и повышенных температурах. Результаты испытаний в агрессивных средах показаны на рис. 43.

Совмещенные полимерные покрытия на основе модификации эпоксидных и эпоксидно-сланцевых смол с эмалями ХСЭ, полиуретановых смол, наносимых на образованный гидрофобный слой, показали высокую эффективность во времени как при обычных, так и при повышенных температурах. Эти же полимерные покрытия без предварительной гидрофобизации имеют низкую эффективность.

Некоторые полимерные покрытия испытывали на проницаемость в щелочной среде электрохимическим методом. Образцы с покрытиями после испытаний в паровой фазе при относительной влажности 78—98% проверяли на изменение сопротивления и емкости во времени (рис. 44). Для бетона с совмещенными покрытиями происходит незначительное, а во времени для бетона

Таблица 31

Промышленные стоки заводов	Состав агрессивной среды	Содержание, мг/л	Температура, град С	pH среды
Металлургических (камеры оборотной воды)	SO ₄ Cl CO ₂ Минеральные масла	4600 600 8 20	20; 50—55	6—8
Металлургических и других: накопитель высокоминерализованных стоков	Na ₂ SO ₄ NaOH CaSO ₄	35000 2000 2000	40	8
химический цех авиационного завода	FeCl ₃ ·6H ₂ O CuSO ₄ ·5H ₂ O Cr ₂ O ₃	52900 19300 15000	10—15	5
	Na ₂ CO ₃ Na ₂ SiO ₃ Na ₃ PO ₄	25000 20000 50000	2 20	11
	NaOH	50000	20	14
Коксохимических (очистные сооружения биохимической очистки)	Фенолы Роданиды Цианиды Аммиак: летучий связанный Сульфаты Хлориды	300—400 400 50 300 1000 800 2000	20—40	6—10

без покрытий — резкое изменение емкости. Первый имеет высокое сопротивление, близкое к бесконечности, которое не изменяется во времени, а во втором со временем происходит резкое падение сопротивления.

Так как агрессивные среды очистных сооружений имеют повышенную температуру и включают взвешенные твердые частицы (шламовые отстойники, радиальные сгустители углефабрик и др.), полимерные покрытия должны обладать высокими эластичностью и прочностью на удар при повышенных температурах, а также на истирание.

Совмещенные полимерные покрытия показали хорошие результаты при испытании на эластичность и прочность на удар при обычных и повышенных температурах. В табл. 32 приведены коэффициенты истирания негидрофобизированного и гидрофобизированного бетона марки 200 с различными покрытиями. Коэффициенты истирания гидрофобизированного бетона на 30—40 %

ниже, чем бетона без покрытия. Бетон с совмещенными покрытиями на основе водоземulsionных составов отличается более низкой истираемостью, чем бетон без покрытия — при 5 циклах испытаний коэффициент истирания первого в 5—7 раз ниже коэффициента истирания бетона без покрытия. Даже после истирания пленки истираемость этого бетона ниже, чем бетона без по-

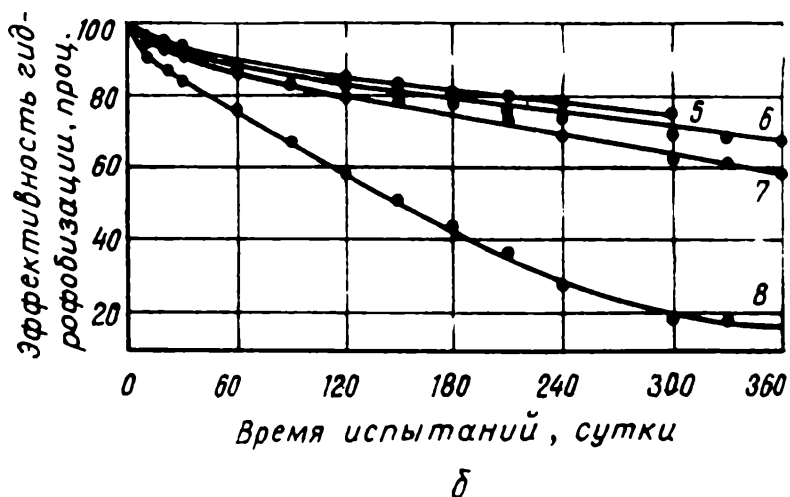
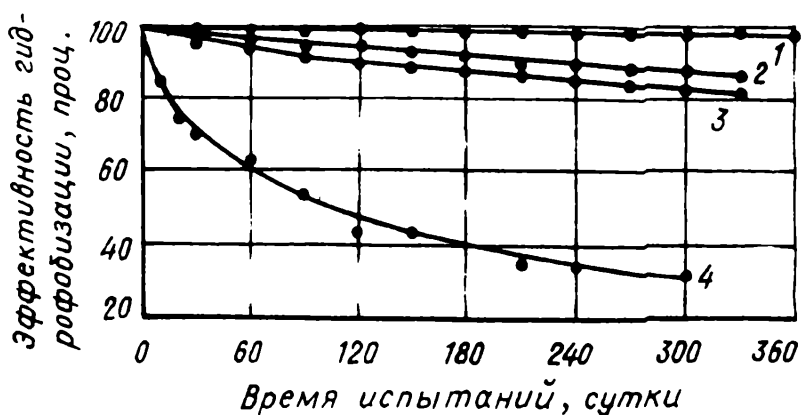


Рис. 43. Эффективность совмещенных покрытий с предварительной гидрофобизацией в агрессивных средах промышленных стоков:

а — металлургических заводов (камеры оборотной воды, $t = 20^\circ \text{C}$); б — химических цехов (соленаккумуляторы и др.); 1 — ЭД-6, ПЭПА, ДБФ; 2 — ХСЭ-23, ПЭПА, ДБФ; 3 — ЭД-5, ХСЭ-23, ПЭПА, ДБФ; 4 — ХСЭ, ЭД-5, ПЭПА, ДБФ; 5 — ЭД-5, ХСЭ, ПЭПА, ДБФ; 6 — ЭИС, ХСЭ, ПЭПА, ДБФ; 7, 8 — ЭИС, ХСЭ, ДБФ, ПЭПА соответственно с гидрофобизацией и без гидрофобизации.

крытия. Это объясняется наличием гидрофобного слоя и проникновением полимерных составов в поры бетона. Наименьшую истираемость по сравнению с бетоном без покрытия имеет бетон с совмещенным покрытием на основе гидрофобизаторов, эпоксидных смол или композиций на их основе. Так, коэффициент истирания бетона с покрытием на основе гидрофобизатора и эпоксидных смол после 5 циклов испытаний почти в 50 раз меньше коэффициента истирания бетона без покрытия.

Испытания на водонепроницаемость при длительной выдержке образцов под гидростатическим напором показали, что совмещенные покрытия на основе гидрофобизаторов, эпоксидных смол, эмалей ХСЭ, полиуретановых смол, эмали КО-174 выдерживают давление 25—30 кгс/см² и выше.

Оптимальные совмещенные покрытия были внедрены на ряде объектов. В зависимости от условий эксплуатации сооружений (температуры, агрессивной среды, наличия взвешенных частиц) применяли различные полимерные составы. В качестве гидрофо-

бизатора во всех случаях использовали полиэтилгидросилоксановую жидкость как наиболее эффективную из числа гидрофобизаторов, выпускаемых отечественной промышленностью.

На Криворожском металлургическом заводе (комплекс доменной печи № 9) трестом Криворожиндустрой была выполнена гидроизоляция сооружений насосной станции № 30 и циркуляционной насосной ТЭЦ № 3 (46 камер с общей изолируемой поверхностью 12960 м²). Приемные резервуары и аванкамеры обо-

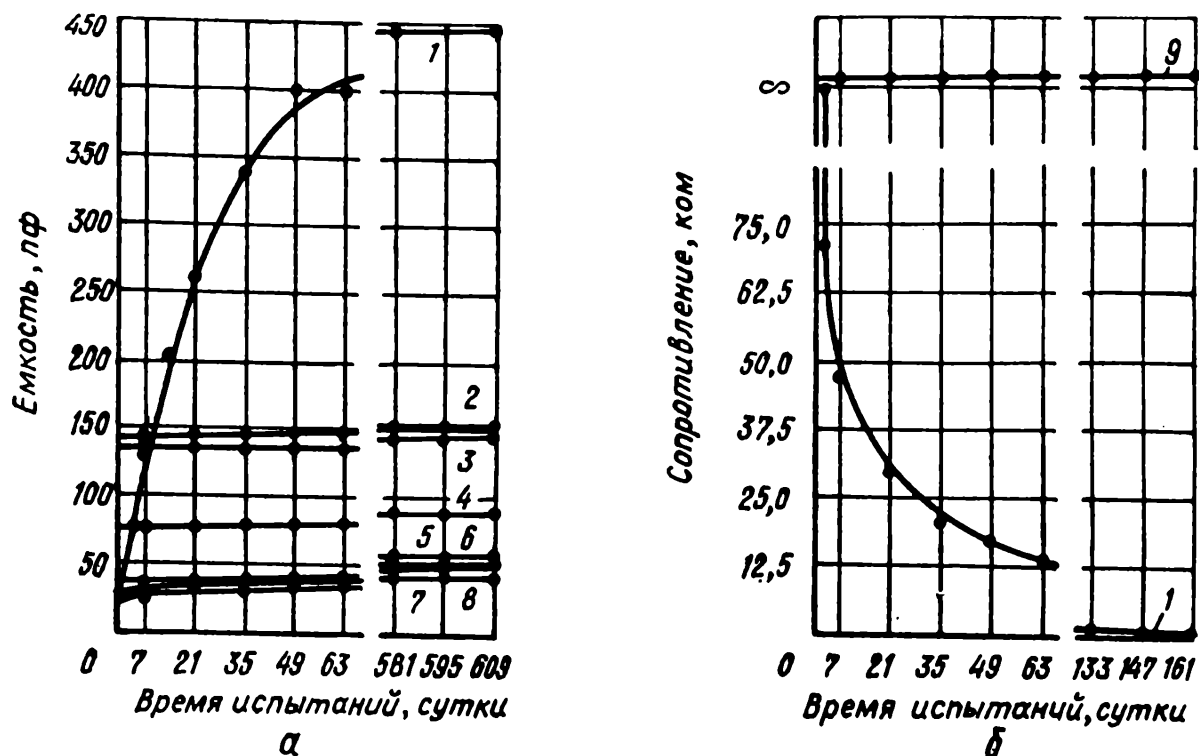


Рис. 44. Изменение емкости (а) и сопротивления (б) гидрофобизированного бетона с различными полимерными покрытиями в щелочной среде (рН = 14):

1 — без покрытия; 2 — КТ; 3 — ЭИС, ЭТС, литопонные белила; 4 — ЭИС, ЭТС, ПэПа; 5 — ЭД-5, ХСЭ, ПэПа, ДБФ; 6 — ЭИС, ХСЭ-23; 7, 8 — ЭИС, НВБ-40, ПэПа соответственно с гидрофобизацией и без гидрофобизации; 9 — на основе ЭИС, ХСЭ.

ротного цикла технической воды эксплуатируются при температуре 45—55° С. Техническая вода содержит масла и другие агрессивные вещества. Одна из стен насосной станции примыкает к машинному залу и является общей для машинного зала и насосной станции. Таким образом, гидроизоляция является внутренней для камер и наружной для машинного зала. Приемные резервуары и аванкамеры выполнены из сборного железобетона. Днища монолитные.

Гидроизоляцию осуществляли следующим образом. После исправления дефектов (герметизации трещин составом на основе эпоксидной смолы и наполнителя диабазовой муки, устранения наплыва бетона на швах, пустот и др.) и подготовки поверхности путем ее очистки продувкой воздухом производили гидрофобизацию бетона 15%-ной водной эмульсией полиэтилгидросилоксано-

Бетон	Коэффициенты истирания при количестве циклов *, г/см ²				
	1	2	3	4	5
Без покрытия	0,0465	0,0800	0,1040	0,1230	0,1430
С гидрофобизацией	0,0289	0,0500	0,0720	0,0865	0,1050
С гидрофобизацией и покрытием:					
2-кратным краской ПХВ	0,00306	0,0051	0,01910	0,02830	0,04750
3-кратным краской ПХВ	0,00034	0,00920	0,01570	0,02550	0,03850
2-кратным краской ПВА	0,00220	0,00720	0,01290	0,01900	0,02600
2-кратным краской ПВА (верхний слой с песком)	0,00170	0,00715	0,01260	0,01530	0,02070
смолой ЭД-5 (наполнитель — песок)	0,0000	0,00051	0,00153	0,00255	0,00330
смолой ЭД-5	0,00102	0,00306	0,00562	0,00765	0,00970

* В одном цикле — 28 оборотов.

вой жидкости. На образованную гидрофобную поверхность нанесли грунтовочный полимерный состав на основе смолы ЭД-5 и эмали ХСЭ вязкостью 35—40 сек по ВЗ-4. В качестве пластификатора для смолы применяли диоктилфталат. После сушки «до отлипа» двукратно наносили тот же полимерный состав вязкостью 55—60 сек по ВЗ-4. Скорость высыхания покрытия при 18—22° С составляла 2—3 ч. Для ускорения процесса полимеризации покрытие нагревали инфракрасными излучателями до температуры 70—75° С. Гидрофобизатор, поступающий от насоса-эмульсатора, наносили с помощью удочки (производительность составляла 500—600 м²/ч). Полимерные составы наносили распылителем СО-71 (производительность 250 м²/ч). Гидроизоляцию камер выполнили за 10 суток. Расход гидрофобизатора (по чистому веществу) составил 30, расход грунтовочного и полимерных составов на трехслойное покрытие — 600 г/м².

На металлургическом заводе им. К. Либкнехта в Днепропетровске трестом Днепротяжстрой была произведена гидроизоляция отстойника окалины вместимостью 4200 м³. Назначение наружной гидроизоляции — защита от грунтовых вод с агрессивными веществами и истирания в процессе опускания колодца. Назначение внутренней гидроизоляции — защита от воды и взвеси металлической окалины.

Внутреннюю гидроизоляцию выполняли на основе гидрофобизаторов и композиций эпоксидной смолы ЭД-5 и химически стойкой эмали ХСЭ. Для повышения прочности на истирание в качестве наполнителя применяли строительный песок. С наружной стороны дополнительно наносили эпоксидный лак для улучшения скольжения и снижения трения между гидроизоляционным покрытием и грунтом при опускании колодца. Колодец опускали без тиксотропной рубашки.

Для гидроизоляции очистных сооружений промышленных стоков химического завода в Воронеже были предложены совмещенные покрытия на основе кремнийорганических и органических полимеров взамен предусмотренной проектом двукратной грунтовки битумным лаком, оклейки рубероидом в два слоя, битумной шпаклевки толщиной 5—8 мм, футеровки кислотоупорным кирпичом на андезитовой замазке (в два ряда с расшивкой швов замазкой «Арзамит-5»). Стоимость 1 м² этого вида гидроизоляции составляет 30, а стоимость 1 м² предложенного покрытия колеблется от 1,83 до 2,87 руб. Экономический эффект от внедрения нового вида гидроизоляции составил 28 тыс. руб.

Гидроизоляции подлежали сборные железобетонные отстойники сточных вод, содержащих серную, соляную и азотную, ортофосфорную кислоты, соединения хрома и др.

Полимерный состав приготавливали на основе смолы ЭД-6 и эмали ХСЭ. Покрытия наносили механизированным способом при температуре 10—15° С (время высыхания «до отлипа» 2—3 ч). На проведение работ по гидроизоляции 14 отстойников (32 камеры) затратили 18 суток.

При гидроизоляции сооружений станции испытания двигателей на КамАЗе управлением строительства Автозаводстрой кремнийорганические и органические полимеры (эпоксидные смолы и химически стойкие эмали) были использованы взамен трудоемкой и дорогостоящей (до 5 руб. на 1 м²) оклеечной гидроизоляции с последующим покрытием керамической плиткой.

Сооружения представляют собой монолитные бетонные камеры для мойки двигателей горячей водой (при температуре до 50° С).

В результате мойки вода содержит примеси масел и щелочей. Общая площадь изолируемой поверхности составила 13,78 тыс. м². Технология гидроизоляции на основе предложенных составов описана выше. При гидроизоляции днищ добавляли наполнитель (песок). Применение этого способа гидроизоляции позволило сэкономить 69,4 тыс. руб. Экономия трудозатрат составила 3,817 тыс. чел.-дней, керамической плитки — 209 т.

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Полимерные составы для гидроизоляции хозфекальных очистных сооружений с биохимической очисткой должны быть стойкими к воздействию не только агрессивных сред хозфекальных и промышленных стоков, но и микроорганизмов, участвующих в процессе очистки сточных вод.

При подборе составов для гидроизоляции очистных сооружений в Днепропетровске, Старом Осколе, Минске и Ереване (температура 20—25° С, рН среды 4,2—12) учитывали состав агрессивной среды, включающей следующие компоненты, мг/л:

NH_4^- 0,3—29	Cr^{6+} 0,53	ХПК 78,0—240
NO_3^- 0,15—22	SO_4^{--} 115—1152	БПК 66—880
Fe^{++} 0,3—1,3	CN^- 0,6—2,6	Формаль- дегиды 0,25
Cu^{++} 0,5—39	P_2O_5 0,15—17	Фенолы 0,06—1
Cr^{+++} 0,2—0,4	Cl 50—125	Нефтепро- дукты 0,07—1

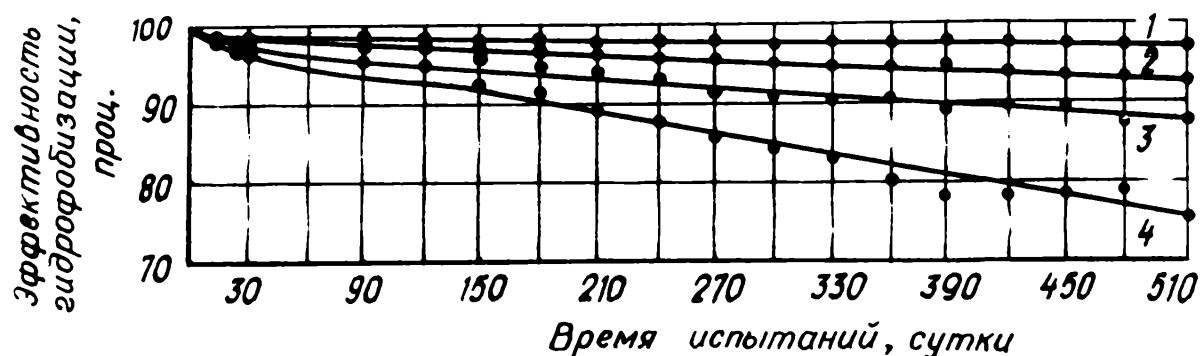


Рис. 45. Эффективность совмещенных покрытий с предварительной гидрофобизацией в агрессивных средах городских очистных сооружений (при биохимической очистке):
1 — ЭД-5, ПЭПа, ДБФ; 2 — ЭД-5, ПЭПа, ДБФ, песок; 3 — ЭД-5; ХСЭ-23, ДБФ, ПЭПа; 4 — ХСЭ-23.

Гидроизоляцию выполняли взамен торкрет-штукатурки, которая, как показал опыт эксплуатации, не обеспечивает необходимых водонепроницаемости и трещиностойкости. В качестве гидрофобизатора использовали полиэтилгидросилоксановую жидкость (15%-ную водную эмульсию) с последующим нанесением эмали ХСЭ, а также композиций на основе эпоксидной смолы и эмали ХСЭ. Эти полимерные покрытия имеют в заданных агрессивных средах достаточно высокую стойкость (рис. 45) в течение длительного срока, что подтвердил также опыт эксплуатации описанных сооружений.

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ УЧАСТКОВ МЕТРОПОЛИТЕНА

При строительстве Харьковского метрополитена взамен традиционных способов гидроизоляции был применен новый способ на основе кремнийорганических и органических полимеров (станции «Площадь Советской Украины» и «Проспект им. Гагарина»).

Для гидрофобизации использовали 15%-ную водную эмульсию полиэтилгидросилоксановой жидкости. На образованную гидрофобную поверхность наносили полимерные составы на основе эпоксидной смолы и эмали ХСЭ с наполнителем и без наполнителя. Особое внимание уделили гидроизоляции швов. Характерно, что гидроизоляцию выполняли при высокой относительной влажности (80—95%). При гидроизоляции платформ на

очищенную поверхность железобетонных плит и омоноличенных швов наносили распылителем гидрофобизатор. После образования гидрофобной поверхности (через 1—2 суток) пистолетом-распылителем наносили грунтовочный полимерный состав вязкостью 35—40 сек, а затем два слоя аналогичного полимерного состава вязкостью 50—55 сек по ВЗ-4. В связи с высокой влажностью для высыхания покрытий «до отлипа» потребовалось больше времени, чем обычно, — 12 ч при температуре окружающего воздуха 18—20° С и относительной влажности 80—85 %.

Гидроизоляцию очистных сооружений, выполненных из монолитного бетона, после заделки раковин и очистки поверхности выполняли по технологии, описанной выше. Для упрочнения покрытия (в связи с отменой облицовки плиткой) после гидрофобизации и нанесения грунтовочного состава до его полимеризации наносили слой песка, который двукратно покрывали полимерным составом, что обеспечивало повышенную механическую прочность.

Состояние гидроизоляционных покрытий Харьковского метрополитена (по результатам проверки 1976 г.) хорошее.

* *
*

Значительный экономический эффект от применения нового способа гидроизоляции и антикоррозионной защиты получают благодаря высокому техническому эффекту — высокой трещиностойкости, повышению долговечности, высокой производительности при нанесении покрытий, снижению трудозатрат и стоимости покрытий по сравнению с традиционными способами гидроизоляции.

Следует отметить, что стоимость предусмотренного проектом способа гидроизоляции очистных сооружений (трехслойная гидроизоляция на гидроизоле и битумной мастике с армированной защитной стенкой с последующей облицовкой кислотоупорной плиткой на кислотоупорном цементе) составляет 13,8, тогда как стоимость гидроизоляции с применением кремнийорганических и органических полимеров — 1,96 руб. на 1 м². Экономический эффект при этом 11,42 руб. на 1 м². Стоимость гидроизоляции платформ метрополитена традиционным способом составляет 6,27, а новым 1,5 руб. на 1 м². Экономический эффект при этом 4,77 руб. на 1 м². Если учесть большие площади поверхностей платформ метрополитена, при широком внедрении нового способа гидроизоляции может быть получен существенный экономический эффект.

Приведенные примеры гидроизоляции и антикоррозионной защиты сооружений с использованием кремнийорганических и органических полимеров не исчерпывают возможности применения описанного способа. Как показали исследования автора, он

может быть успешно применен для асбоцементных изделий, широко используемых в строительстве, парогидроизоляции промышленных зданий, работающих в условиях влажного и мокрого режимов. Благодаря низким температурам замерзания и стойкости в широком диапазоне отрицательных и положительных температур новый способ гидроизоляции может найти широкое применение также в северных районах нашей страны, а также для гидроизоляции гидротехнических сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пашенко А. А., Воронков М. Г. Гидрофобизация. Киев, «Наукова думка», 1973.
2. Цыпкина О. Я. Влияние полимеров и адсорбентов на некоторые свойства антикоррозионных покрытий. Лакокрасочные материалы и их применение. — «Химия», 1969, № 6.
3. Андрианов К. А. Кремнийорганические соединения. М., Госхимиздат, 1955.
4. Ребиндер П. А. Физико-химия флотационных процессов. М., Металлургиздат, 1933.
5. Цыпкина О. Я. Исследование процессов смачивания на границе адсорбент — гидрофобизатор. «Журнал прикладной химии». Т. XIVIII. Л., «Наука», 1975.
6. Цыпкина О. Я. Способ гидрофобной защиты строительных изделий полимерами. А. с. № 220110. Бюллетень изобретений, 1968, № 19.
7. Цыпкина О. Я. Гидрофобно-антикоррозионная защита — эффективный способ повышения долговечности строительных конструкций. — В кн: Долговечность конструкций из автоклавных бетонов. Тезисы докладов II Республиканской конференции. Изд. НИИ строительства Госстроя ЭССР. Таллин, 1975.
8. Журков А. П. Роль химических и межмолекулярных связей при разрыве полимеров. — «Высокомолекулярные соединения», Т. 3, 1961, № 3.
9. Вентцель Г. П. Теория вероятностей. М., «Наука», 1969.
10. Цыпкина О. Я. Автоматизированная поточная линия отделки и гидрофобно-антикоррозионной защиты наружных стеновых панелей с применением гидрофобизаторов и полимерных пленок. — «Новости промышленного строительства», 1970, № 19.
11. Цыпкина О. Я. Гидроизоляция зданий и сооружений с применением кремнийорганических и органических полимеров. — «Промышленное строительство», 1971, № 5.
12. Соголова Т. И. О регулировании механических свойств полимеров изменением их надмолекулярной структуры. — «Механика полимеров», 1966, № 5.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Г л а в а I. Физико-химические основы гидрофобизации железобетонных конструкций	3
Влияние структуры адсорбентов и гидрофобизаторов на эффективность гидрофобизации	4
Количественная оценка процесса гидрофобизации	7
Процессы гидрофобизации на моно- и полимолекулярном гидрофобных слоях	12
Г л а в а II. Совмещенные защитные покрытия на основе кремнийорганических и органических полимеров	15
Преимущества совмещенных гидрофобно-антикоррозионных и гидроизоляционных покрытий	15
Эффективность и долговечность совмещенных гидрофобно-антикоррозионных покрытий и их влияние на свойства бетонов	23
Г л а в а III. Гидрофобно-антикоррозионная защита наружных поверхностей ограждающих конструкций	36
Гидрофобно-антикоррозионная защита панелей и швов на зданиях	36
Гидрофобно-антикоррозионная защита поверхностей панелей на заводе-изготовителе с применением малой механизации	38
Гидрофобно-антикоррозионная и гидрофобная защита панелей на поточных линиях с автоматизацией технологических процессов	40
Г л а в а IV. Гидроизоляция и антикоррозионная защита внутренних поверхностей промышленных зданий и других наземных сооружений	45
Гидроизоляция внутренних поверхностей зданий	45
Гидроизоляция железобетонного моста	48
Гидроизоляция трибун стадиона	50
Г л а в а V. Гидроизоляция подземных сооружений с применением водоземulsionных и других полимерных составов	51
Гидроизоляция резервуаров для питьевой воды с применением водоземulsionных составов	51
Гидроизоляция резервуаров для воды на основе гидрофобизаторов и эмалей ПХВ	61
Г л а в а VI. Гидроизоляция и антикоррозионная защита железобетонных сооружений в условиях воздействия агрессивных сред и повышенной температуры	64
Гидроизоляция и антикоррозионная защита резервуаров для мазутов при повышенных температурах	66
Гидроизоляция очистных сооружений промышленных стоков	72
Гидроизоляция городских хозяйственных очистных сооружений	72
Гидроизоляция участков метрополитена	78