

390.09
5.13
2

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УзССР
ТАШКЕНТСКИЙ ОРДЕНА ДРУЖБЫ НАРОДОВ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ

ГАЗИЕВ У. А.

**КОРРОЗИЯ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ
СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ И
КОНСТРУКЦИЙ**
(часть II)

Ташкент — 1981

Книга должна быть возвращена
не позже указанного здесь срока

Количество предыдущих выдач

11048	26 x 26
29107	20 x 90
29116	10 x 95
30,99	8 02 1P

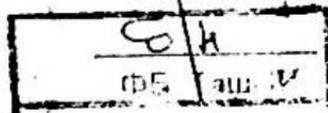
13
2
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
УЗБЕКСКОЙ ССР

ТАШКЕНТСКИЙ ОРДЕНА ДРУЖБЫ НАРОДОВ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ АБУ РАЙХАНА БЕ РУНИ

ГАЗИЕВ У.А.

КОРРОЗИЯ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ
ИЗДЕЛИИ И КОНСТРУКЦИИ
(часть II)

Допущено Министерством высшего и среднего специаль-
ного образования УзССР в качестве учебного пособия
для студентов строительных специальностей высших
учебных заведений



Ташкент - 1981

А Н Н О Т А Ц И Я

Настоящее учебное пособие подготовлено в соответствии с программой курса: "Стойкость и долговечность бетонных и железобетонных конструкций", для студентов специальности 1207 - "Производство строительных изделий и конструкций".

В учебном пособии изложены вопросы теории коррозионных процессов различных строительных материалов. Приведена классификация агрессивных сред и их воздействие на изделия и конструкции, а также даны сведения о свойствах материалов, используемых в агрессивных средах и методах повышения их стойкости. Рассмотрены способы защиты конструкций от коррозии и повышения их долговечности.

Ответственный редактор -
к.т.н. проф. БОТЕЙНА И.М.

© - Ташкентская государственная Академия Дружбы народов Политехнический институт им. Абу Райхана Бехрузи - 1981

ГЛАВА VI. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВОДЫ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ БЕТОНА

§ 19. Водостойкость бетона

Важнейший фактор долговечности бетона - проницаемость зависит от его структуры, которая формируется и изменяется на протяжении длительного периода начиная с момента затворения бетонной смеси. В процессе формирования структуры бетона условно можно различить три стадии:

1. Образование капиллярно-пористой системы до схватывания бетонной смеси;
2. Начальная стадия твердения бетона;
3. Стадия эксплуатации бетона и железобетонной конструкции.

Основы структуры бетона формируются на первой и частично на второй стадии.

Водостойкость бетона зависит от растворимости гидратированных соединений, образующихся при твердении цементного камня. По данным приведенным в таблице 12 видно, что наибольшей растворимости обладает *С₃A*, т.е. он является наиболее водорастворимым соединением цементного камня.

Таблица 12

Растворимость в воде продуктов гидратации цемента

Компонент цементного камня	Температура в °С	Растворимость в г. л.
3-х кальциевый алюминат	20	0,0071
	40	0,0076
	60	0,0078
3-х кальциевый силикат	10	0,0015
	20	0,0015
Белит	20	0,0011
	40	0,0012

Прочность бетонов, как любых каменных материалов, при водонасыщении снижается. Это происходит вследствие того, что макропористой образованием облегчается при адсорбции твердых

телом полярной жидкости. Для оценки степени понижения прочности материалов при водонасыщении принято пользоваться коэффициентом размягчения: $K_p = R_b / R_c$ (где R_b и R_c — прочность материала в водонасыщенном и сухом состоянии).

В бетонах кроме адсорбционного эффекта понижения прочности значительную роль играют другие явления и факторы усложняющие зависимость прочности бетона от степени его водонасыщения. Доказано, что при полном водонасыщении прочность бетона снижается на 20 — 60% в зависимости от его пористости.

Так, например, с уменьшением доли крупных пор величина K_p повышается.

Образование мелкопористой структуры бетона обеспечивается твердением его во влажной среде, а еще лучше в воде. Известно, что доля макропор с радиусом более 1 мкм в цементном камне, твердевшем на воздухе, составляла 40%, а при твердении в воде всего 10%.

Цементный камень и, соответственно, бетон обладает развитой системой пор, условный диаметр которых колеблется в широких пределах (таблица 13).

Таблица 13.

Классификация пор цементного камня по размерам

	радиус пор, мкм.				Авторы
	10	1	0,1	0,01	
Макрокапилляры			Микрокапилляры		А.В. Лыков
Крупные поры			средние поры	микропоры	М.М. Дубинин
Капиллярные макропоры			переходные поры	микропоры	А.В. Волженский
Макропоры			микропоры (переходные)	ультрамикропоры	Ф.М. Иванов
Крупные поры:	Капиллярные	микрокапилляры:	гелевые по-		
	макропоры		ры		Ю.М. Бутт
Капиллярные	Контракционные поры		поры голя		Г.И. Горчаков
поры					

Пользуясь приведенной классификацией, можно оценивать вероятность насыщения материалов в зависимости от размеров пор при конденсации паров жидкости из окружающей воздушной среды.

В порах радиусом меньше 0,1 мкм возможна капиллярная конденсация. Такие поры при обычных напорах практически непроницаемы для воды. Определенная часть микрокапилляров в бетоне воздушного хранения, в зависимости от относительной влажности воздуха, непроницаема и для газов.

При исследовании структурной пористости бетона установлена зависимость объема макропор от В/Ц, поскольку он прямо пропорционален объему воды затворения, введенной в бетонную смесь сверх необходимого количества для гидратации. Объем же микропор не зависит от В/Ц, т.к. увеличивающийся со временем он определяется в основном степенью гидратации цемента. В виду того, что микропоры не служат путями фильтрации, а проницаемость бетона зависит от объема макропор, то этим можно объяснить зависимость водостойкости бетона от В/Ц.

§ 20. Методы определения водонепроницаемости и водостойкости

Общую методику определения водонепроницаемости бетонов применяемых в промышленном, энергетическом, транспортном, водохозяйственном, сельскохозяйственном, жилищно-гражданском и других видах строительства регламентирует ГОСТ 12730.5-78.

В основу метода положено объемное или весовое измерение количества прошедшей через бетон воды при избыточном давлении жидкости.

Разновидностями количественной оценки водонепроницаемости являются - определение времени прохождения заданного количества воды через образец при заданном перепаде давлений;

- определение количества воды при заданной разности давлений и времени ее проникновения;

- определение количества воды по скорости падения первоначально заданного избыточного давления.

Одним из критериев оценки бетона на водонепроницаемость является коэффициент фильтрации (Кф) воды через бетонный образец установленных размеров. Коэффициент фильтрации определяют в

зависимости от условий работы изделия и конструкции при одном из двух состояний: равновесной влажности — для конструкций, работающих в условиях попеременного увлажнения и высыхания, а также в воздушно-влажностных условиях; водонасыщения — для конструкций, работающих постоянно в контакте с водой.

Образцы бетонов для определения коэффициента фильтрации должны иметь форму цилиндра с диаметром 150 мм и высотой, зависящей от наибольшей крупности зерен заполнителя (табл. 14).

Таблица 14.

Зависимость высоты образца от крупности зерен
заполнителя

наибольшая крупность зерен заполнителя, мм.	наименьшая высота образ- ца, мм.
10	50
20	100
40	150

При выбурировании образцов для конструкций зданий или сооружений допускается, в зависимости от размеров конструкции и крупности заполнителя, образцы диаметром и высотой от 50 до 150 мм.

При испытании образцов бетона равновесной влажности образцы после окончания твердения выдерживают в помещении при относительной влажности воздуха $60 \pm 5\%$ и температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ до момента, пока изменение массы образца бетона за сутки будет менее 0,1%. При испытании образцов бетона в насыщенном водой состоянии образцы выдерживают после окончания твердения перед испытанием в воде при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ до постоянной массы, оцениваемой по ее изменению за сутки величиной менее 0,1%.

Схема установки для испытания на водопроницаемость бетонных образцов представлена на рис. 10. Основная трудность состоит в герметизации зазоров между стенками обоймы и образцом. В данном случае уплотнение выполнено в виде толстого резинового кольца, которое при завинчивании крышки обжимается ее выступающей частью и предотвращает фильтрацию воды в обход образца.

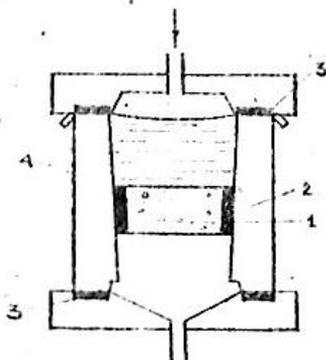


Рис. 10. Схема испытания на водонепроницаемость бетонных образцов.

1 - образец; 2 - герметизаторы; 3 - резиновые прокладки; 4 - металлическая обжимка.

После проверки герметичности подают воду и осуществляют на нее давление при помощи воздуха или газа. Давление передается через эластичную мембрану, исключая возможность растворения газа в воде. Через некоторое время начинается фильтрация воды через образец.

Количество фильтрата, прошедшего через образец бетона, измеряют весовым или объемным методом. При равновесной влажности образцов бетона измерения производят последовательно через каждые 30 мин. Для образцов бетона в насыщенном водой состоянии измерения производят последовательно через промежуток времени, за который объем фильтрата будет не менее 1 см^3 . При отсутствии фильтрата в течение 96ч. при определенном давлении для образцов равновесной влажности и 240ч. для образцов в насыщенном водой состоянии испытания прекращают.

Коэффициент фильтрации бетона определяют по формуле

$$K_f = \eta \frac{Q \delta}{S \tau \Delta P}, \text{ см/с.}$$

где Q - количество фильтрата; δ - толщина образца; η - коэффициент, учитывающий вязкость воды при различной температуре; S - площадь образца; τ - время испытания образцов, в секундах.

которого измеряется объем фильтрата; $\Delta P = P_1^* - P_2$ - разность давлений воды на входе (P_1^*) в образец и выходе (P_2) из него.

Значение коэффициента η , учитывающего вязкость воды, приводится в таблице 15.

Таблица 15.

Значению η в зависимости от температуры воды

Температура, °С	:	5	:	10	:	15	:	20	:	25	:	30
Коэффициент η	:	1,51	:	1,30	:	1,13	:	1,0	:	0,89	:	0,80

При испытании бетонных образцов, выбуренных из конструкций и имеющих диаметр менее 150 мм, полученный коэффициент фильтрации должен быть приведен к K_f образца бетона с диаметром 150 мм. Для этого K_f умножают на поправочный коэффициент (K_p), значения которого приведены в таблице 16.

Таблица 16.

Значение K_p в зависимости от диаметра образца

Диаметр образца, мм	:	150	:	130	:	120	:	100	:	80	:	50
Поправочный коэффициент, K_p	:	1	:	1,1	:	1,4	:	1,8	:	2,5	:	5,5

Водонепроницаемость бетона зависит от проницаемости цементного камня и контактного слоя каменных заполнителей и цементного камня, т.е. от природы процессов в цементном камне и качества поверхностного слоя заполнителей. В частности, бетоны на загряженном заполнителе имеют более низкую водонепроницаемость, чем на чистом. В то же время использование реакционно способного заполнителя (активных дисперсных добавок, щебня карбонатных пород) повышает водонепроницаемость бетона.

Ранее уже отмечалось, что водостойкость материала определяется коэффициентом размягчения. На практике иногда пользуются другим коэффициентом, который выражает отношение прочности образцов, высушенных до постоянной массы после насыщения водой, к прочности контрольных образцов, не подвергавшихся водонасыщению

и также высушенных до постоянной массы. Физический смысл этого коэффициента заключается в оценке восстановления прочности материала после его намокания водой и последующего высушивания.

Следует также отметить зависимость коэффициента размягчения от полярности жидкости. Так прочность образцов при их насыщении неполярным керосином или бензином снижается до 100%, при насыщении водой — на 40%, а при насыщении еще более полярным 0,5%-ным водным раствором CaCl_2 — на 50%. Можно утверждать, что одной из основных причин снижения прочности бетона при водонасыщении является адсорбционный эффект облегчающий микротрещинообразование.

При выборе метода испытания на водостойкость следует учитывать конкретные условия, в которых должен эксплуатироваться бетон и принимать такой способ, который более точно отражает условия работы конструкции в инженерном сооружении.

§ 21. Морозостойкость бетона и факторы на нее влияющие

Известно, что скорость гидратации цементов замедляется при понижении температуры и нарастание прочности может прекратиться, если температура понизится ниже 2–3°C. Замораживание не опасно, если ему подвергается бетонная смесь до начала схватывания, т.е. еще в пластичном состоянии. Но оно очень неблагоприятно для бетона в процессе схватывания. В этом случае первые кристаллические связи новообразований необратимо разрушаются, пористость бетона возрастает, т.е. прочность и долговечность его снижаются.

Исследования последних лет показали, что бетон разрушается не только при многократной смене замораживания и оттаивания в водонасыщенном состоянии. Не меньшая опасность разрушения возникает при действии на бетон переменных по величине низких отрицательных температур без перехода их через нуль, т.е. без полного оттаивания.

Считают, что разрушение бетона от замораживания происходит при содержании в нем достаточного количества воды. Возникающее давление льда и отжимаемой этим льдом воды в капиллярах вызывает образование микротрещин в бетоне. Повторяющиеся циклы попеременного замораживания и оттаивания расширяют эти микротре-

щины, что приводит к разрушению поверхностного слоя бетона в форме характерных отслаивающихся пластинок.

В целом следует указать на ряд существующих гипотез объясняющих механизмы разрушения бетона от совместного воздействия воды и мороза. К ним можно отнести:

- кристаллизационное давление льда;
- гидравлическое давление в капиллярах при оттаивании воды из зоны замораживания;
- гидростатическое давление в порах и капиллярах;
- различные коэффициенты линейного расширения льда и скелета заполнителей.

Создание бетона стойкого многократным циклам попеременного замораживания и оттаивания зависит от ряда факторов: качества исходных материалов, подбора состава бетона, степени уплотнения и укладки бетонной смеси, режимов твердения, возраста и водонасыщенности к моменту замораживания, совместного воздействия мороза и агрессивности среды, цикличности силовых воздействий и т.д. В железобетонных конструкциях, работающих при низких температурах, картина напряженного состояния еще более усугубляется, так как направление деформаций самого бетона при отрицательной температуре не совпадает по величине и по знаку с деформациями арматуры. Однако основным фактором характеризующим морозостойкость бетона являются плотность его и пористость.

При оценке морозостойкости бетона руководствуются следующими критериями:

- снижением механической прочности на растяжение, изгиб и сжатие;
- изменением массы и объема;
- уменьшением динамического модуля упругости;
- накоплением объемных и остаточных деформаций;
- визуальными наблюдениями.

Морозостойкость бетонов при основном методе определяют попеременным замораживанием при минус 15 - 20°C и оттаиванием в воде при температуре плюс 15 - 20°C. При определении морозостойкости ускоренным методом образцы подвергаются замораживанию при температуре минус 50°C.

Размеры образцов бетона назначаются в зависимости от наибольшей крупности зерен заполнителей:

10.

Наибольший размер
зёрен заполнителя, мм.

20

40

70

Наименьший размер
образцов, мм.

100 x 100 x 100

150 x 150 x 150

200 x 200 x 200

Образцы изготавливают и испытывают в 28 суточном возрасте после выдерживания в камере нормального твердения или в 7 суточном возрасте после тепловой обработки. Перед замораживанием образцы насыщают водой в течение 96ч. при температуре 15 - 20°C.

Продолжительность одного замораживания при установившейся температуре в камере минус 15°C и ниже должна быть для образцов размерами 100 x 100 x 100 и 150 x 150 x 150мм - не менее 4ч., а 200 x 200 x 200мм - не менее 6ч.

Оттаивание образцов после выгрузки из морозильной камеры осуществляется в ванне с водой при температуре 15 - 20°C в течение не менее 4ч.

После проведения определенного количества циклов попеременного замораживания и оттаивания (табл. I7) образцы испытывают на сжатие.

Таблица I7.

Основные характеристики при испытании на морозостойкость.

Характеристика	Марка бетона по морозостойкости.							
	50	75	100	150	200	300	400	500
Испытание на сжатие после следующих циклов;	50	50,75	75,100	100,150	150,200	200,300	300,400	400,500
Контроль, осмотр, после след. циклов;	25	25,50	50,75	75,125	125,175	175,250	250,350	350,450
К-во образцов подвергавшихся замораживан.	3	6	6	6	6	6	6	6
К-во контрольных образцов.	3	9	9	9	9	9	9	9

II.

Если прочность трех из шести замораживаемых образцов после промежуточных циклов замораживания и оттаивания, по сравнению с прочностью контрольных образцов в эквивалентном возрасте, снизится более чем на 15%, а для дорожного бетона более чем на 20%, или потеря массы превысит 5%, то испытания на морозостойкость прекращают.

При испытании на морозостойкость при минус 50°C основные образцы испытывают на сжатие после определенного количества циклов (табл. 18).

Таблица 18.

Основные характеристики при испытании на морозостойкость ускоренным методом

Марка бетона по морозостойкости.	$M_{pa}50$	$M_{pa}100$	$M_{pa}150$	$M_{pa}200$	$M_{pa}300$	$M_{pa}400$	$M_{pa}500$
Количество циклов замораживания и оттаивания.	5	5 и 10	10 и 15	20 и 30	30 и 50	50 и 80	80 и 100

Возвращаясь к рассмотрению механизма разрушения бетона при замораживании, необходимо отметить, что основной причиной разрушения является образование в порах льда. Известно, что чистая вода переходит в лед при 0°C и увеличивается объема на 9%. Лед имеет плотность около 0,9. Вода в бетоне содержит растворенные соли, поэтому она замерзает при температуре около -1°C.

При температуре минус 22-23°C образуются другие формы льда, плотность которых может превышать единицу. Переход воды в лед начинается в крупных капиллярах. В тонких капиллярных каналах может происходить значительное запаздывание замерзания. Вода может находиться в них в состоянии переохлаждения. В более тонких капиллярах вода и вовсе не замерзает, т.к. она находится в твердом состоянии.

Вода перемещается в бетоне и мигрирует к более холодным участкам, увеличивая водосодержание поверхностных слоев в начале замораживания. Этим можно объяснить поверхностные разрушения бетона, изначавшиеся в виде шелушения и переходящие в отслаивание.

Длительная сопротивляемость бетона замораживанию и оттаиванию свидетельствует об относительно меньшем числе дефектных мест, с которых в дальнейшем начинается процесс разрушения.

дефектными местами, вызывающими деструкцию в бетоне, могут быть:

- капилляры различных диаметров и качества;
- воздушные поры и полости;
- контактный слой с минералом C_2S и крупными зернами минерала C_3S , образования на выделываемой извести;
- новообразования из ряда минералов цементов C_3A , C_4AF и аналогичные им структуры и т.д.

Влияние указанных дефектных мест на морозостойкость нельзя рассматривать вне значений В/Ц и условий производства работ. И чтобы уменьшить образование их, необходимо применить бетонные смеси с минимальным содержанием воды, уплотнять смеси до заданной плотности, обеспечивать длительность твердения и использовать морозостойкие материалы.

Для повышения морозостойкости бетона в настоящее время применяются различные способы и мероприятия.

Консервации бетона - т.е. нанесение на поверхность пленок или пропитка водонепроницаемыми материалами. Так например, пропитка мономером (метилметакрилатом, стиролом) полимерами (эпоксидная смола и др.), либо петролатумом или специальными композициями на глубину 5-10мм является весьма эффективным способом создания морозостойких бетонов.

Введение добавок способствует созданию направленных структур бетона. В качестве добавок для получения морозостойких бетонов могут применяться: пластифицирующие, воздухововлекающие, гидрофобизирующие, противоморозные и т.д.

Пластифицирующие добавки (СДБ, ВРП-1) позволяют снизить расход воды на 5-15% при равной удобоукладываемости бетонной смеси. При этом сцепление цементного камня и заполнителей увеличивается, уменьшается капиллярное водопоглощение, повышается водонепроницаемость и морозостойкость.

Воздухововлекающие добавки (СНВ, СПД, ПАЩ-1) позволяют уменьшить количество воды затворения за счет введения в бетонную смесь сферических пузырьков воздуха. Они придают большую однородность бетону и снижают внутреннее водопотребление. Эти пузырьки воздуха изменяют также структуру бетона, блокируя сквозные капилляры.

Следует отметить, что чрезмерное количество вовлеченного воздуха в бетон отрицательно сказывается на его прочности.

Поэтому содержание его должно находиться в пределах, указанных в табл. 19 в зависимости от крупного заполнителя.

Таблица 19.

Зависимость количества вовлеченного воздуха от
крупности заполнителя

Максимальная крупность заполнителя, мм.	Кол-во вовлеченного воздуха в %, при В/Ц.			
	0,40	0,41 - 0,50	0,51 - 0,60	
10	4	5	7	
20	4	5	7	
40	3	4	5	
70	3	3	4	

Гидрофобизирующие добавки (ГКЖ-10 и ГКЖ-11) улучшают непроницаемость бетона для воды под давлением и предохраняют от влаги при капиллярном подсосе.

Эти добавки могут также вступать в химическое взаимодействие с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ цементного камня. В целом гидрофобизирующие добавки повышают морозостойкость бетона, ограничивая поступления в него воды.

Анализируя результаты многолетних исследований В.М.Москвин отмечает, что основные причины повышения морозостойкости бетона при применении добавок в следующем:

- повышается плотность бетона за счет уменьшения В/Ц;
- в структуре бетона образуются более мелкие воздушные поры, которые уменьшают давление воды и льда;
- снижается капиллярный подсос воды в бетоне, вследствие гидрофобизации поверхностей пор и капилляров;
- уменьшается миграция воды в бетоне за счет блокировки капилляров пузырьками воздуха.

Вид вяжущего и В/Ц оказывают существенное влияние на

получение морозостойкого бетона. Установлено, что морозостойкость тем выше, чем меньше в цементе содержание трехкислотного алюмината (C_3A) и чем больше содержания трехкислотного силиката (C_3S), т.е. для получения морозостойкого бетона необходимо применять аяитовые и низкоалюминатные цементы.

Важным фактором для получения морозостойкого бетона является расход вяжущего. Известно, что цементное тесто нормальной густоты практически не разрушается от замораживания. Но с точки зрения экономической, перерасход цемента с целью получения морозостойких бетонов считается необоснованным. Поэтому стремление к установлению минимальных значений В/Ц является более приемлемой и выполнимой задачей.

Считается, что можно получить морозостойкие бетоны при минимальных значениях В/Ц (0,3 - 0,5), но для этого необходимо качественное уплотнение бетонной смеси или введение различных добавок.

Заполнители влияют на морозостойкость своим минералогическим составом, формой, гранулометрией, чистотой, коэффициентом расширения, пористостью, модулем деформации.

Сцепление заполнителя с цементным камнем, являясь одним из факторов влияющего на морозостойкость, зависит от химической его активности. Некоторые заполнители покрыты тонкой пленкой глины и изолированы от цементного камня. В зависимости от расхода воды и цемента, а также пористости и поверхности заполнителя зона цементного камня на контакте с ним может иметь структуру отличающуюся от структуры цементного камня и заполнителя в приграничных зонах самого контакта. Эта "переходная зона" может явиться наименее прочной в структуре бетона.

Заполнители, имеющие коэффициент расширения значительно отличающийся от коэффициента расширения цементного камня, могут вызвать внутренние напряжения, добавляющиеся к действию замораживания. На морозостойкость заполнителей влияет степень их насыщения водой в момент начала замораживания, их способности поглощать или испарять воду с изменением окружающей среды.

При изготовлении легких бетонов используют воздушно-сухой пористый заполнитель, так как в этом случае за счет поглощения воды из теста происходит самоуплотнение бетона и на контакте

зерен заполнителя и цементного теста образуется уплотненная оболочка. Но при этом заполняется лишь часть пор заполнителя, в центральных же зонах зерен сохраняется задемпонированный воздух с давлением выше атмосферного. Это обстоятельство существенно ограничивает интенсивность расширения пористых заполнителей в бетоне при его замораживании и обуславливает высокую морозостойкость легких бетонов.

Приготовление, укладка и условия твердения бетона оказывают определяющее влияние на характер и размеры пор в нем и соответственно на степень водопоглощения и морозостойкости.

При приготовлении бетонной смеси необходимо обеспечить сплошное обволакивание цементным тестом поверхности зерен заполнителя и равномерное распределение раствора в массе крупного заполнителя. В результате смесь должна получить такую однородность, при которой по всей ее массе будет одинаковый состав и равномерное размещение всех компонентов бетона.

Известно, что при перемешивании бетонной смеси происходит адсорбция цемента в заполнитель, которая будет наиболее глубокой при непрерывной смене адсорбированной пленки цемента, при котором происходит непрерывный процесс обменных реакций анионов и катионов с одновременным увеличением адсорбции цемента.

Бетонная смесь является упруго-пластично-вязкой средой с большим коэффициентом внутреннего трения. Для каждой бетонной смеси при определенной интенсивности уплотнения существует своя оптимальная продолжительность виброобработки. Мощност и продолжительность вибрирования должны быть такими, чтобы было достигнуто наилучшее уплотнение, однородное по массе бетона. Вибрирование позволяет уменьшить количество воды затворения и увеличить плотность и морозостойкость бетона. Избыток вибрирования может привести к расслаиванию бетонной смеси. Поэтому взамен увеличения продолжительности вибрирования целесообразно осуществлять кратковременное повторное анбрирование уплотненной бетонной смеси. Оно дает прирост прочности бетона на 15 - 20% и увеличивает его плотность.

Условия твердения бетона после укладки имеют большое значение. Он должен быть защищен, чтобы избежать интенсивного испарения содержащейся в нем воды необходимой для гидратации

цемента.

По данным С.В.Шестоперова, при хранении образцов на воздухе со 100% влажностью наблюдалось эффективное самоуплотнение материала, а пористость его с течением времени значительно уменьшалась. При недостаточной же влажности среды пористость образцов систематически возрастала. Кроме того, бетон с большим В/Ц, твердевшим в нормальных условиях, имел меньшую пористость, чем бетон с меньшим В/Ц, но твердевшим при недостаточной влажности.

На морозостойкость бетона влияет также продолжительность твердения до начала замораживания. Так, образцы бетона с расходом воды 200 л/м³ и пуццоланового цемента 250 кг/м³, подвергнутые испытанию на морозостойкость через четверо суток нормального твердения, полностью разрушились через 120 циклов. Образцы, твердевшие до замораживания в тех же условиях 28 суток, не имели следов разрушения через то же количество циклов попеременного замораживания и оттаивания.

При испытании на морозостойкость образцов твердевших в нормальных, воздушно-сухих условиях, а также в воде (рис. II) обнаружено, что остаточные деформации расширения бетонов оказались наибольшими у образцов, твердевших в воздушно-сухих условиях, наименьшими у образцов твердевших в воде.

При термовлажностной обработке бетона, т.е. при более интенсивном выделении влаги из бетона, в нем происходят деструктивные процессы, приводящие к обильному образованию пор и капилляров и, соответственно, снижению прочности и морозостойкости. Установлено, что при твердении цементного раствора при 100°C образуется более крупно-пористая структура, чем при 20°C. Поэтому, как правило, пропаривание бетона осуществляется при температуре 80-90°C и водоцементное отношение пропариваемых бетонов несколько ниже, чем твердеющих в нормальных условиях.

Дальнейшее изучение процессов твердения при термовлажностной обработке бетона позволило утверждать, что причиной снижения морозостойкости бетонов является не только образование крупнопористой структуры в цементном камне, но и его сложное напряженное состояние.

Таким образом на морозостойкость бетона существенным образом влияют вышеперечисленные факторы, вредное воздействие

которых следует ограничивать различными мероприятиями.

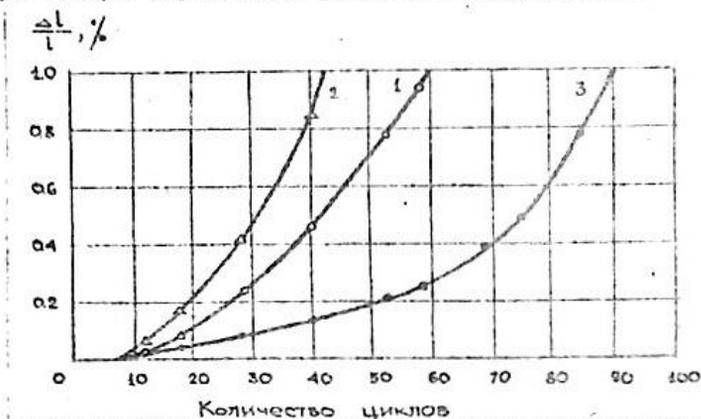


Рис. II. Зависимость остаточных деформаций от условий твердения бетона при замораживании и оттаивании
1 — бетон нормального твердения; 2 — бетон, твердеющий в воздушно-сухих условиях; 3 — бетон, твердеющий в воде.

§ 22. Влияние термовлажностной обработки на свойства бетона

Весь цикл термовлажностной обработки можно разбить на четыре этапа:

- время предварительного выдерживания;
- период подъема температуры;
- период воздействия максимальной расчетной температуры (изотермический прогрев);
- время остывания.

В определении режима термовлажностной обработки необходимо учитывать следующие факторы:

- химико-минералогический состав цемента;
- гранулометрический состав цемента;
- водоцементное отношение бетонной смеси;
- пластическую прочность смеси в момент подъема температуры;
- ВД и количество вводимых добавок;
- однородность уплотнения и формирования бетонной смеси;

- вид и назначение бетона;
- геометрические размеры изделий и конструкций и др.

Для получения заданной прочности не рекомендуется сразу нагревать бетон, ввиду образования структурных дефектов за счет объемных деформаций, расширения воздуха и воды, температурных перепадов. Продолжительность времени предварительного выдерживания перед тепловой обработкой должна быть тем больше, чем выше скорость нагрева и чем выше заданная температура обработки. Влияние длительности выдержки связано еще с начальной прочностью схватывающего бетона, способного противостоять возникающим при разогреве внутренним давлениям и температурно-усадочным напряжениям.

Установлено, что длительность предварительного выдерживания бетонов до пропаривания должно быть не менее 2-3 ч. для большинства видов портландцемента. При введении в бетонную смесь поверхностно-активных веществ продолжительность выдерживания должна быть доведена до 4-5 ч., так как эти добавки замедляют процессы твердения цемента.

При быстром подъеме температуры, в бетоне могут возникнуть значительные напряжения и образования трещины, а также может нарушиться контакт между цементным камнем и заполнителем. При медленном же подъеме температуры будут более благоприятные для формирования структуры бетона условия.

Температура прогрева бетона связана с режимом цикла термовлажностной обработки и достигает 80-90°C, причем при этой температуре бетон находится от 2-х до 10 часов. Важно при изотермическом прогреве поддерживать в камере насыщенность воздуха влагой и не допускать, чтобы температура бетона превышала температуру самой пропарочной камеры, ибо это ведет к высыханию бетона.

При снижении температуры в камере температура бетона и давление в нем пара будут выше, чем в среде окружающей бетон. Движение нагретого воздуха к открытой поверхности изделия и миграция из глубинных слоев бетона влаги с интенсивным испарением приводит к увеличению пористости цементного камня, которая повышает водопроницаемость и понижает морозостойкость бетона. Поэтому охлаждение следует вести медленно и равномерно, избегая

тепловых ударов. Распалубка очень горячего бетона не рекомендуется.

Таким образом, максимальные деформации при прогреве бетона зависят главным образом от скорости подъема, а также снижения температуры, ее величины при прогреве и могут быть уменьшены или избегнуты путем предварительного выдерживания бетона.

Установлено, что последующими мероприятиями по уходу за бетонными и железобетонными изделиями и конструкциями невозможно исправить дефекты в структуре цементного камня, которые возникли в результате нарушения влажностного режима твердения, необходимого для оптимального протекания процессов гидролиза и гидратации цемента после затвердения.

Оптимальные условия твердения бетонов надо считать окончательным звеном в технологии изготовления бетонных и железобетонных изделий и конструкций. Они не только обязательны для точного выполнения, но и предопределяют выбор компонентов долговечного материала. Поэтому можно утверждать, что закономерность $R_{\delta} = f(W/C)$ действительна только для бетонов, твердеющих в оптимальных условиях для связывания воды затвердения и выходящего в равнообразные гидратированные соединения и неприемлима для любых других условий твердения.

ГЛАВА III. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ И ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ

1 § 23. Классификация видов гидроизоляции

1 От степени надежности устройств, обеспечивающих защиту строительных конструкций от воздействия влаги и других атмосферных агентов, в известной мере зависят эксплуатационные качества и долговечность сооружений.

Гидроизоляция строительных конструкций как от атмосферных осадков, так и от грунтовых вод, а также герметизирующие прокладки работают в весьма тяжелых условиях воздействия различных агрессивных факторов: переменной влажности, значительных колебаний температур и силовых воздействий, а в ряде случаев и воздействия химических агрессивных сред.

Гидроизоляционные материалы в зависимости от области

применения разделяются на материалы для поверхностной, объемной и специальной гидроизоляции.

Материалы для поверхностной гидроизоляции в зависимости от вида материала и способа производства работ различают:

- оклеечные - битумные, дегтевые, полимерные, армированные и неармированные, гибкие рулонные материалы, а также штучные гидроизоляционные изделия (плиты, листы, камни, сборные железобетонные изделия);
- мастичные и окрасочные-органические вяжущие, в том числе битумные и полимерные, горячие и холодные, на растворителях и эмульсионные, а также битумные и полимерные смеси в виде холодных и горячих мастик, получаемых из органических вяжущих на равнителях, пастах и эмульсиях с наполнителями.
- напыляемые-покрытия из пластмасс, металлов и стекла.

К материалам для объемной гидроизоляции относятся бетоны повышенной плотности, бетоны с гидрофобными добавками, бетоны с добавками минеральных растворов и веществ, пласт-и полимербетоны, а также различные пропиточные материалы.

К специальным видам гидроизоляции, применяемых в особых условиях эксплуатации изделий и конструкций, могут быть отнесены герметики, гидроантикоррозионные, гидротеплоизоляционные и инъекционные материалы.

Материалы для гидроизоляции в зависимости от способа приготовления могут быть разделены на следующие группы:

- исходные, вяжущие и вспомогательные материалы (различные битумы, дегти, синтетические и другие вяжущие, а также растворители, пластификаторы, наполнители и армирующие материалы);
- полуфабрикаты, т.е. предварительно подготавливаемые в цехах или непосредственно на месте производства работ (эмульсии, пасты, мастики, растворы, бетоны);
- заводского приготовления, поставляемые промышленностью готовыми к употреблению (рулонные, пленочные, листовые и лакокрасочные).

Материалы, применяемые для гидроизоляции, должны обладать высокой химической стойкостью, механической прочностью, непроницаемостью для газов и жидкостей, хорошей адгезией с другими материалами, устойчивостью при резком изменении температур, а в некоторых случаях и эластичностью.

Обычно один материал не обладает всеми требуемыми качествами и поэтому при нанесении покрытий приходится сочетать два или несколько материалов. Необходимо также учитывать, что один и тот же материал может иметь различное назначение (например, в качестве конструкционного и водонепроницаемого или же антикоррозионного).

3 § 24. Вяжущие материалы

В строительстве для гидроизоляции наряду с минеральными применяют органические вяжущие — битумные, дегтярные и синтетические-полимерные. Они не растворяются в воде и некоторых кислотах, но зато легко растворимы в сероуглероде, хлороформе, бензоле и других органических растворителях.

Важными свойствами затвердевших вяжущих являются: твердость и прочность при нормальной температуре в сочетании с большой пластичностью; плотность затвердевшей массы, придающая материалам полную водонепроницаемость и гидрофобность; большая морозостойкость обусловленная плотностью; стойкость органических вяжущих против действия большинства кислот, щелочей и агрессивных газов; невысокая вязкость в жидком состоянии, позволяющая им легко проникать в поры других материалов.

К достоинствам органических вяжущих следует отнести их способность связывать минеральные вещества (песок, гравий, шлак, грунт), а также пропитывать картон и ткани, придавая им гидроизоляционные свойства и повышенную прочность.

Отрицательными свойствами большинства органических вяжущих является пониженная теплостойкость, повышенная хрупкость при отрицательных температурах, старение, горючесть и др.

Органические вяжущие применяют для изготовления кровельных материалов, для защиты металла и бетона от коррозии, для гидроизоляции в гражданских, промышленных и инженерных сооружениях, в дорожном и гидротехническом строительстве, в качестве стабилизирующего материала для грунтов, антисептирования древесины и т.д.

Агрессивные воздействия на органические вяжущие оказывают: воздух, особенно с наличием окисляющих газов; большинство органических растворителей; сильно концентрированные и особенно

окисляющие кислоты; концентрированные щелочи (10 %-ные и более) повышенные температуры 40°C и более; низкие температуры (-40°C и ниже), которые вызывают стеклование битумов и значительную усадку и разрушение; микроорганизмы; вода при длительном воздействии.

Органические вяжущие и материалы на их основе получают из сырья, являющегося результатом переработки продуктов предприятий нефтехимической, коксохимической и сланцевой промышленности.

Органические вяжущие на основе битума и дегтя делят на следующие виды:

- битумные, состоящие из природных или нефтяных битумов;
- дегтевые, состоящие из каменноугольных и сланцевых дегтей, пеков и масел;
- дегтебитумные и битумодегтевые, состоящие из смесей каменноугольных или сланцевых дегтевых веществ с нефтяными битумами;
- гудракановые, состоящие из продуктов совместного окисления нефтяного гудрона и каменноугольных смесей;
- дегтебитумополимерные, состоящие из нефтяных битумов, каменноугольных дегтевых веществ и полимеров, (включая каучук).

Старение битумов под воздействием атмосферных факторов объясняется следующими причинами: испарением легких фракций при действии тепла и ветра; окислением кислорода воздуха; полимеризацией, карбонизацией т.е. образованием в битуме свободного углерода при одновременном выделении водорода.

Для каменноугольных дегтей и пеков процессы испарения, окисления и полимеризации протекают более интенсивно, чем в случае битумов. Связано это с увеличением количества свободного углерода в составе дегтей и пеков.

Требования к качеству битумных и дегтевых органических материалов регламентируются нормативными документами. Основными физико-механическими показателями битума и дегтя (табл. 20 и 21) являются температура размягчения, глубина проникания иглы, растяжимость, вязкость и некоторые химические.

Помимо нефтяных битумов, приведенных в табл. 20, различают следующие виды: специальные (ГОСТ 21822 - 76), дорожные (ГОСТ 11954 - 66), аккумуляторные (ГОСТ 8771 - 58) и др.

Таблица 20.
 Марки и физико-механические свойства нефтяных битумов

Вид и марка битума.	Температура размягчения, град.С	Глубина проникания иглы, мм.	Растяжимость, см.	Температура вспышки, град.С.
Строительные:				
БН-1У	70	21-40	3	230
БН-У	90	5-20	1	230
Кровельные:				
БНК-2	40	140	100	240
БНК-5	90	20	1	240
Иволюционные:				
БНИ-1У	75	25-40	4	230
БНИ-1Уа	65-75	30-40	4	230
БНИ-У	90	20	2	230
Рубрако:				
оорт А	125-135	5-8	-	270
оорт Б	135-150	3-5	-	270

Таблица 21.

Свойства каменноугольных дегтевых материалов.

Дегтевые материалы	Содержание воды, %.	Зольность, %.	Температура размягчения, град.С.	Вязкость при 80°С, сек.
Деготь сирой	4	0,2	не нормируется	2,5-4,5
Пек средний А	5	0,6	65-75	не нормируется
Пек средний Б	5	0,6	75-83	то же
Пек высоко-температурный	3	0,2	135-150	"-
Масло каменноугольное	1,5	не нормируется		до 3,5

На основе нефтяных битумов, дегтя и пеков для гидроизоляционных работ изготавливают материалы различного вида и назначения: битумные и пековые грунтовки, горячую битумную и пековую мастику без наполнителей и с наполнителями, холодную битумную мастику, битумную и пековую замазку, битумные и дегтевые бетоны, листовые и рулонные гидроизоляционные материалы.

Синтетические смолы - высокомолекулярные соединения, молекулы которых состоят из множества повторяющихся структурных звеньев. Эти смолы находят применение в строительстве для гидроизоляции путем создания различных покрытий в виде лаков, эмульсий, пленок, листов, покрытий наносимых набрызгом и напылением, а также отдельных элементов и конструкций, не нуждающихся в гидрозащите.

Синтетические смолы по методу получения подразделяют на две группы: полимеризационные и поликонденсационные.

Полимеризация - это процесс соединения большого количества мономеров в одну сложную молекулу (полимер) без выделения каких-либо побочных продуктов. К получаемым цепной полимеризацией смолам относятся: полиэтилен, полиизобутилен, поливинилхлорид, полистирол, поливинилацетат, полиметилметакрилат, кумарон и др.

Поликонденсация - это реакция образования сложной молекулы органического вещества из более простых с возникновением связей между углеродными и другими атомами и сопровождающей выделением побочного продукта.

К числу важнейших полимеров, получаемых поликонденсацией относят фенолформальдегидные, карбамидные, полиамидные, полиэфирные смолы, полиуретан, кремнийорганические соединения, эпоксидные и фурановые смолы, а также синтетические каучуки и латексы.

Гидроизоляционные материалы на основе синтетических смол применяют для защиты строительных конструкций от атмосферных осадков, от проникания агрессивных грунтовых вод, а также для обеспечения водонепроницаемости железобетонных емкостей различного назначения.

Применение полимерных материалов в строительстве позволяет почти совсем исключить мокрые трудоемкие и опасные процессы, связанные с применением битумов, полностью механизировать эти работы и в значительной степени снизить стоимость гидроизоляционных

работ. Обладают такими свойствами, как легкость, механическая прочность, водонепроницаемость, гнилостойкость, устойчивость к коррозионным воздействиям химических веществ, атмосферной среды, сопротивляемость износу полимерные материалы служат надежной защитой зданий и сооружений.

§ 25. Вспомогательные материалы для гидроизоляции

Органические вяжущие в строительстве применяют главным образом в сочетании с наполнителями, пластификаторами и растворителями.

Наполнители — это органические и неорганические порошкообразные, зернистые, волокнистые и листовые материалы, вводимые в состав гидроизоляционных строительных материалов. Наполнители придают гидроизоляционным материалам прочность, трещиностойкость, теплостойкость, кислотостойкость и другие качества.

Порошкообразные наполнители (мел, мраморная мука, известняки, доломиты, каолин, кварциты, андезиты, зола, шлаки и др.) наиболее широко применяются для формирования структуры и улучшения свойств органических вяжущих и материалов на их основе.

7 Наполнители с более крупной фракцией т.е. зернистые (песок, щебень, гравий, из плотных и пористых горных пород и искусственных материалов, слюда и др.) предназначены для той же цели, что и порошкообразные. Но они еще в большей степени повышают прочность (особенно при сжатии и растяжении) и снижают усадку и ползучесть бетонов и растворов с применением органических вяжущих.

Волокнистые наполнители (хризотил — асбест 5-8 сортов, стеклянное волокно, древесная стружка, хлопковые очесы и др.) придают гидроизоляционным материалам трещиностойкость, стойкость против действия органических и других растворителей.

Применение неорганических волокнистых наполнителей (волокна асбеста или стекла) понижают и стертость, и крупность, повышают прочность, термо- и кислотостойкость.

К армирующим материалам относятся также листовые наполнители (бумага, хлопчатобумажная, стеклянная и асбестовая ткани, древесный и стеклянный шпон, алюминиевая фольга и др.). Они позволяют получить высокопрочные листовые и рулонные

материалы, многие из которых пригодны для использования в качестве конструкционных.

Главнейшие свойства, характеризующие качество наполнителей, следующие: химический состав, структура, характер поверхности, дисперсность, форма, износостойкость, толщина листов и др. В зависимости от вида наполнителя оказывают существенное влияние на физико-механические характеристики материалов на основе органических связующих. Например, в таблице 22 показано изменение свойств пластмасс на основе фенолформальдегидной смолы от вида наполнителя.

Таблица 22.

Изменение прочностных характеристик пластмасс от вида наполнителя

Вид наполнителя	Предел прочности		
	при растяжении, кгс/см ²	при изгибе кгс/см ²	при ударе кгс·см/см ²
Без наполнителя	350	750	1,2
Древесная мука	400	800	5
Асбестовое волокно	350	800	27
Бумажные ленты	750	1500	20
Тканевые ленты	1000	1600	30
Стеклоткань	2800	1800	100
Стекловолокно	3000	1900	120

Пластификаторы вводят в состав гидрроизоляционных материалов для модификации свойств связующих, придания им эластичности, трещиностойкости и морозостойкости. В качестве пластификаторов применяют вещества обладающие высокой температурой кипения, малой летучестью и низкой температурой стеклования и плавления.

По агрегатному состоянию пластификаторы могут быть в виде жидкостей, вязких смол или каучукоподобной массы.

К наиболее распространенным пластификаторам следует отнести сложные эфиры спиртов и кислот, камфору, касторовое масло, глицерин, эфиры фосфорной кислоты (дибутилфталат, трибутилфосфат), хлорированный парафин, продукты переработки нефти с высоким содержанием ароматических углеводородов и др.

В зависимости от состава композиции, свойства представляемого материала и вида пластификатора содержание последнего может колебаться в пределах от 5 до 40%.

Растворители — представляют собой летучие органические жидкости и смеси, способные растворить различные органические вязкие материалы. Индивидуально органические растворители можно разделить на следующие группы:

- углеводороды (бензол, толуол, ксилол);
- спирты (метилловый, этиловый, бутиловый);
- аммиак (диметиламин, триэтиламин);
- кетоны (ацетон, метилэтилкетон);
- эфиры (диоксан, этилацетат) и др.

Наиболее распространенные смеси органических соединений, используемые в качестве растворителей — бензин, скиндалер, уайт-спирит, этилацетат. Основными показателями определяющими качество растворителей являются: внешний вид, плотность, содержание воды, летучесть, температура вспышки и др. Некоторые характеристики наиболее распространенных растворителей приведены в таблице 23.

Таблица 23

Свойства растворителей

Характеристика растворителей	Растворитель	
	Бензин	Этилацетат
Плотность, г/см ³	0,73	0,901
Температура кипения, °C	> 80	77,0
Скорость испарения	3,5	2,9
Допустимая концентрация в воздухе, мг/л.	0,3	0,2

Примечания: Скорость испарения (летучесть) показывает, во сколько раз данный растворитель испаряется медленнее этилового эфира.

В виду того, что растворители это горючие жидкости, образующие взрывоопасные смеси, а некоторые и токсичны, необходимо при работе с ними соблюдать правила техники безопасности и противопожарной охраны.

§ 26. Рулонные и листовые материалы

К ним относятся рулонные битумные и дегтевые материалы (на основе битумных, дегтевых, резино-битумных или битумно-полимерных вяжущих) материалы на синтетических смолах (пластики, пластмассы, плитки) листовые материалы, а также листы металлические.

Все эти виды материалов, как мы уже отметили (§§ 23) относятся к оклеивочной изоляции. Данная изоляция используется для защиты стальных, бетонных и железобетонных поверхностей и емкостей обычно от кислотных вод или может служить в качестве прослойки, или положена под более массивные и прочные футеровки или обшивки.

Рулонные и листовые материалы на основе битумных и дегтевых вяжущих различают:

- основные, получаемые обработкой основы органическими вяжущими (картона, целлюлозы, стеклоткани, стекловолокна, бесшовного картона, фольги и т.д.);
- безосновные, получаемые прокаткой термопластичных смесей вяжущих с наполнителями и добавками.

Рубероид - кровельный и изоляционный материал изготавливается путем пропитки картона или целлюлозы мягкими нефтяными битумами, с последующим покрытием с обеих сторон тугоплавким битумом, с втопленной поверхью минеральной посыпкой.

Рубероид не обладает достаточной прочностью, так как в плоских кровлях и закрытых гидроизоляционных слоях, он плесневеет, теряет эластичность, непроницаемость, становится хрупким и ломким.

Пергамин - кровельный и гидроизоляционный материал, получаемый пропиткой тонкого кровельного картона мягким нефтяным битумом. Химически менее стоек чем рубероид, применяют его для нижних слоев многослойных кровель, а также паранизоляции.

Толь - кровельный и гидроизоляционный материал, получаемый обработкой кровельного картона дегтевыми продуктами. Различают толь с минеральной посыпкой (покрывной) и толь-кожу (беспокровный). По сравнению с рулонными материалами на битумной основе толь менее долговечен, поэтому находит применение для временных сооружений, для подземной изоляции. Дегтевые материалы в условиях постоянной влажности более гнилоустойки, чем битумные.

В виду того, что пергамин, рубероид и толь в качестве

гидроизоляционных материалов оказывается недостаточно эластичными, гибкими, прочными и стойкими в условиях высокой влажности, в современном строительстве применяют специальные рулонные материалы для гидроизоляции, имеющие более стойкую и долговечную основу. Важнейшими из этих материалов являются гидроизол, изол, бризол, Борулин, фольгоизол, стеклорубероид и др.

Гидроизол — беспокровный материал из эбестовой бумаги, пропитанной нефтяным окисленным битумом. Он обладает более высокой механической прочностью, химической стойкостью к окислению, водостойкостью и теплостойкостью, чем рубероид.

Изол — кровельный и гидроизоляционный материал, получаемый из резинобитумного вяжущего, пластификатора, наполнителя и эбеста. Применяют для гидроизоляции конструкций зданий, плоских кровель по горячей битумной мастике.

Бризол — рулонный безосновный гидроизоляционный материал, получаемый из смеси нефтяного битума, камельчатой резины, эбеста и пластификатора. Применяется в основном для антикоррозионной защиты магистральных трубопроводов.

Борулин — рулонный гидроизоляционный материал, изготовленный путем перемешивания на каландрах тугоплавкого битума с большим количеством длиноволокнистого эбеста. Применяется в качестве гидроизоляционного антикоррозионного оклеечного материала. Борулин стойк в кислотах низких и средних концентраций, а также в щелочах любых концентраций.

Стеклорубероид — гидроизоляционный материал, получаемый путем двустороннего нанесения органического вяжущего на стекловолоконный холст. Ткань из щелочного стекла устойчива к действию минеральных кислот (кроме плавиковой и фосфорной), а ткань из безщелочного стекла устойчива к действию воды и слабозеро-сильных сред ($\text{pH} = 5 + 9$). Применяется в качестве кровельного и гидроизоляционного, устойчивого и надежного в службе материала.

Фольгоизол — двухслойный рулонный материал, состоящий из тонкой рифленой фольги, покрытой слоем битумно-резинового или полимербитумного вяжущего, смешанного с минеральным наполнителем. Толщина фольги 0,08 — 0,3 мм., битумно-резинового слоя 0,8 — 4 мм.

К рулонным гидроизоляционным материалам на основе син-

тетических выжудих относятся поливинилхлоридные, полиэтиленовые, полиизобутиленовые и другие.

Поливинилхлоридная пленка - изготавливается из пластифицированной и стабилизированной поливинилхлоридной смолы. Применяется в виде мятких листов и рулонов шириной 800 - 1200 мм., толщиной 0,13 - 0,30 мм.

Поливинилхлоридные пластифицированные пленки эластичны, водостойки, химически стойки, обладает малыми паро- и водопроницаемостью. Они легко приклеиваются холодными клеевыми составами к бетону, дереву, кирпичу, цементной стяжке, а также легко склеиваются между собой.

Полиэтиленовая пленка - изготавливается из полиэтилена высокого давления методом экструзии с последующим вальцеванием или пневматическим растяжением. Рулоны этой пленки имеют ширину 800 - 900 мм., 1200 - 1230 мм., 1400 - 1420 мм., толщина пленки от 0,2 до 0,085 мм., длина рулона не более 25 м.

Полиэтиленовая пленка отличается гнилостойкостью и высокой химической стойкостью в различных агрессивных средах. Она может применяться в качестве гидроизоляции фундаментов. При полной изоляции бетона пленкой в нем сохраняется влага, что способствует повышению прочности и плотности бетона.

В таблице 23 приводятся некоторые показатели, характеризующие свойства гидроизоляционных материалов из полиэтилена и поливинилхлорида.

Таблица 23.

Основные свойства полиэтилена и поливинилхлорида

Показатели	Полиэтиленовая пленка при толщине, мм.				
	поливинилхлоридный пластикат	полиэтилен листовой	0,06	0,085	0,2
Объемная масса, г/см ³	1,3-1,5	0,92	-	-	-
Предел прочности при растяжении, МПа	10-12	10-17	15	14	10
Относительное удлинение при разрыве, %	100-150	200-450	300	300	400
Температура плавления, °С	160-120	110-120	-	-	-

Полиизобутелен — изготавливается из смеси битума, полиизобутелена фенолформальдегидной смолы, асбеста и талька. Выпускается несколько марок гидроизоляционного материала с полиизобутеленом (ГИИ). Некоторые физико-механические свойства ГИИ приведены в таблице 24.

Таблица 24

Физико-механические свойства ГИИ

Наименование показателей	Значения показателей для марок		
	ГИИ-8	ГИИ-10	ГИИ-12
Предел прочности при разрыве, кг/см ²	12	12	10
Растяжимость, %	30-50	50-100	70-90
Ширине рулонов, мм	800-1000	800-1000	800-1000
Толщина пленки, мм	1,5	1,5	1,5

Гидроизоляционные материалы с полиизобутеленом применяются для гидроизоляции туннелей железных дорог и метро, платин гидростанций, подземных и наземных металлических трубопроводов.

§ 27. Окрасочные материалы, мастики, наклеиваемые покрытия

Гидроизоляционные работы с применением siliceзных и стучных материалов отличаются большой трудоемкостью и требуют большого количества ручного труда. Поэтому наиболее перспективной и отличающейся технико-экономической эффективностью является безрулонная гидроизоляция.

К разновидностям безрулонной гидроизоляции следует отнести: окрасочную и мастичную, изоляцию замазками и растворами.

Для окрасочной гидроизоляции применяют:

- легтебитумные и битумно-полимерные окрасочные составы;
- масляные и маслосодержащие лаки и краски;
- полимерные окрасочные составы;
- окрасочные составы на минеральной основе.

Окрасочная гидроизоляция имеет толщину покрытия не более 0,5 мм и назначается для нанесения на изолируемые поверхности со

сторону воздействия воды и применяется обычно для защиты монолитных и сборных конструкций.

Положительными характеристиками окрасочной гидроизоляции следует считать ее малую стоимость, простоту нанесения покрытия, возможность повышения степени механизации (по сравнению с рулонной), легкую возобновляемость и относительную доступность материалов.

К недостаткам окрасочной изоляции можно отнести то, что покрытия эти недостаточно плотны, обладают малой температуростойкостью, трескаются при повышенных температурах, неэффективны при сильном агрессивном воздействии среды, а также требуют периодического возобновления (через 1-3 года).

Жидкие битумы представляют собой остаток от перегонки или переработки нефти. Их получают также разжижением твердых битумов соляритом, керосином, мазутом и другими растворителями. Это позволяет применять их в жидком виде.

Для улучшения изоляционных свойств возможно смешивание битума с резиной и хризотил-асбестом. Такая композиция обладает повышенной пластичностью, упругостью, морозостойкостью и замедленными темпами старения.

Вместо жидкого битума часто применяют битумные эмульсионные смеси из битума и воды. Содержание битума 50-60%. Устойчивая дисперсная система получается введением в смесь эмульгаторов или стабилизаторов.

В качестве эмульгаторов и стабилизаторов используют различные материалы органического и минерального происхождения: мыла, жирные кислоты, древесные смолы, крахмал, силикат натрия, асидол и др.

Эмульсии удобны тем, что ими без подогрева можно пропитывать различные материалы (бетон, кирпич). После испарения воды битумные частицы в порах материала создают водонепроницаемую, стойкую и прочную пленку.

Битумозные окрасочные составы применяют для защиты бетонных и железобетонных, каменных и металлических, а также других строительных конструкций. Их наносят на сухую, тщательно очищенную от пыли и грязи поверхность. Не следует наносить эти составы при температуре окружающего воздуха ниже 0°C и на увлажненную или

промерзшую поверхность.

Приготавливаемые лаки и краски на основе битумов и пеков широко используются как для наружных, так и для внутренних изоляционных работ. Для наружных антикоррозионных покрытий применяют комбинации битума с высыхающими маслами, а также с синтетическими смолами и кремнийорганическими.

В качестве комбинированного окрасочного материала можно использовать составы на основе эпоксиодно-каменноугольных смол (ЭКС). Эти составы состоят из смеси эпоксидной и каменноугольной смол, растворимых в органических растворителях с добавлением в отдельных случаях пластификатора и наполнителей.

Защитные покрытия на основе состава ЭКС обладают высокими физико-механическими свойствами и химической стойкостью в различных агрессивных средах. Так, например, водопоглощение не превышает 0,2%, проницаемость для жидкостей полностью отсутствует и т.д.

Эпоксиодно-каменноугольные составы служат для защиты металлических и железобетонных сооружений, трубопроводов и других строительных конструкций.

Состав ЭКС: каменноугольная смола 48-50%; эпоксидная смола (Эд-20, Эд-40) - 24-26%; полиэтиленполиамин - 7-8%; каменноугольный сольвент (растворитель) - 17-21%.

Лакокрасочные материалы приготавливают из пленкообразователей, пластификаторов, красящих веществ, наполнителей, растворителей, разбавителей, в некоторых случаях сиккативов и отвердителей.

3 Пленкообразователями называются летучие природные или искусственные продукты, способные после высыхания образовывать на поверхности тонкую сплошную прочную пленку. Основными пленкообразующими для химически стойких лакокрасочных материалов являются синтетические смолы.

Пластификаторами называются вещества, повышающие эластичность красочных пленок. Пластификаторы должны иметь незначительную летучесть, обладать хорошей растворяющей способностью в отношении смол, быть устойчивыми к действию света и коррозионных сред, обладать способностью смешиваться с растворителями в любых соотношениях. Наиболее широко для химически стойких синте-

тических лакокрасочных материалов применяют дибутилфталат, трикрезилфосфат, совол и хлорпарафин.

Красящие вещества бывают минерального или органического происхождения. Красящие вещества, способные растворяться в пленкообразователях, называются красителями, нерастворяющиеся - пигментами. Для получения прочной и ровной пленки необходимо, чтобы размер частиц пигмента не превышал толщины пленки.

Растворители - это летучие жидкости (бензин, уайт-спирит, керосин, толуол, сольвент), применяемые для растворения пленкообразователей и улетучивающиеся в процессе высыхания лакокрасочного покрытия. Растворитель должен обладать определенной скоростью улетучивания, хорошими растворяющими свойствами, минимальной токсичностью.

Разбавители представляют собой жидкости, которые вводят в лакокрасочные составы для уменьшения расхода растворителя. Во избежание расслоения лакокрасочного состава соблюдают определенные соотношения между количеством разбавителя и растворителя.

Сиккативы - материалы, вводимые в состав масляных лаков, эмалевых и масляных красок для ускорения их высыхания. В качестве сиккативов используют вещества, в состав которых входят металлы: кобальт, марганец, свинец, цинк, кальций и др.

Отвердители - добавки, вводимые в состав некоторых лакокрасочных материалов на основе синтетических смол (эпоксидных, фенолформальдегидных) для отверждения этих смол.

3 При антикоррозионных работах применяют отвердители (полиэтиленполиамин, гексаметилендиамин, диэтилентриамин, смеси аминов), не требующие нагрева.

Защитные лакокрасочные материалы разделяются на лаки, краски, эмали и грунтовки.

Лаки представляют собой растворы пленкообразующих в летучих органических растворителях, образующие на поверхности при высыхании твердую блестящую пленку.

Краски получают при введении в состав лакокрасочных материалов, кроме компонентов входящих в лаки, тонкодисперсных нерастворимых пигментов, наполнителя и пластификатора.

Эмали приготавливают путем введения в лаки пигментов. В отличие от красок эмали содержат меньше наполнителя, имеют

лучший тон, блеск и разлив.

Грунтовки состоят из пленкообразующих материалов, растворителя, пигментов и пластификаторов. Грунтовка играет роль подслоя с целью обеспечения должного сцепления между защищаемой поверхностью и наносимым затем лакокрасочным покрытием. Состав грунтовок определяется характером защищаемой поверхности, видом и свойствами покровных лакокрасочных материалов, а также природой агрессивной среды.

Многообразие видов и составов грунтовок, эмалей, красок и лаков, при их непрерывном увеличении, не дает возможности ознакомиться с ними детально. Сведения о них можно подчерпнуть из любых справочников по гидроизоляционным материалам.

Следует отметить, что за последнее время в строительстве нашли широкое применение лакокрасочные материалы на основе фенолформальдегидных, карбамидных, полиуретановых, акриловых, фуриловых смол, а также с применением каучуков полиэтилена, хлорсульфополиэтилена, фторпроизводных этилена и др.

Кроме лаков, эмалей и красок для нанесения защитных покрытий применяют органосиликатный состав ВП-30, который представляет собой суспензию кремнийорганического полимера и минеральных добавок в толуоле. Этот состав предназначен для окраски металлических и неметаллических поверхностей. Покрытия получаемые из ВП-30 обладают значительной термо-морозо- и атмосферостойкостью, хорошей адгезией к металлам и строительным материалам, высокой механической прочностью и гидрофобностью. Они выдерживают резкие перепады температур от -60 до + 300°C.

К окрасочным материалам на минеральной основе следует отнести: цементные и полимерцементные, известковые и др.

Цементные краски - смесь сухого портландцемента с пигментом и добавками, улучшающими схватываемость краски, повышающими эластичность и адгезию цементного покрытия. Цементные краски атмосферостойки, для гидрофобизации в состав краски вводят алюминиевые или кальциевые соли жирных кислот.

Полимерцементные краски состоят из цемента, эмульсии синтетических смол, пигментов и наполнителей. Эти краски отличаются хорошей адгезией, высокой атмосферостойкостью, твердением

при малой влажности воздуха. Некоторые характеристики и составы полимерцементных красок приведены в табл. 25.

Таблица 25.

Составы и свойства полимерцементных красок

Компоненты и характеристики	Краски	
	: поливинил- ацетатная.	: полихлорвини- ловая.
Пигментированная эмульсия	I,0-I,2	I,7-I,8
Сухая смесь, в том числе	7,2-8,3	2
портландцемент	4,2	2
известь - пушонка	0,9	-
песок	I,5-3	-
микрорасбест	0,2	-
стеарат кальция	0,05	-
растворитель	-	0,3-0,4
Срок службы, годы	6-8	6-8
Расход краски, г/м ²	500-1500	500-1500
Скорость высыхания при 20°C, ч.	2	2
Стоимость II.руб.	220	180

Полимерцементные краски используются в основном для наружной окраски металлических, бетонных, каменных и других строительных конструкций.

Известковые краски состоят из известковой суспензии и щелочестойкого пигмента. Несмываемая красочная пленка получается в результате перехода гидрата окиси кальция в карбонат. Для образования прочной пленки CaCO_3 необходимо обеспечить условия для медленного высыхания красочного состава. Более стойкие известковые краски приготавливают с добавкой олифы либо стеарина.

Силикатные краски представляют собой суспензию щелочестойких минеральных пигментов и наполнителей в калийном (жидком) стекле. Силикатные краски на жидком стекле атмосферостойки и имеют широкую палитру цветов. Краски состоят из I,5 вес.ч. жидкого калийного стекла и I вес.ч. смеси наполнителей (тальк технический, мел, цинковые белила) и 0,4 - 0,7 в.ч. пигмента. Стойкость силикатных красок значительно повышается гидрофобиза-

цией их кремнийорганическими соединениями типа ГЖК-94 и др.

Мастичные покрытия на основе безрулонных гидроизоляционных материалов применяются для:

- наружной и внутренней гидроизоляции подземных частей зданий и сооружений;
- гидро- и пароизоляции стен, междуэтажных перекрытий помещений в том числе с влажным режимом эксплуатации;
- устройства кровельных покрытий жилых, промышленных и сельскохозяйственных зданий.
- грунтовок изолируемой поверхности и т.д.

Мастичная гидроизоляция представляет собой упруго-пластичное покрытие, выполненное из одного или нескольких слоев битумно-эмульсионных, битумно-полимерных или полимерных материалов. Мастичные покрытия обладают высокой паро- и водонепроницаемостью, хорошей адгезией с защищаемыми поверхностями и повышенной атмосфероустойчивостью.

В настоящее время для защиты бетонных, металлических и других строительных конструкций применяют покрытия наносимые напылением металла, полимеров, силикатных материалов.

Покрытие поверхности напылением металла называют металлизацией. Металлизировать напылением можно любую поверхность: из стали, меди, алюминия, бетона, керамики, стекла, древесины, пластмассы и др.

Изоляция поверхности путем напыления осуществляется с помощью электрометаллизатора, т.е. аппарата, в котором металлическая проволока расплавляется при помощи электрической дуги или газа. Сжатым воздухом расплавленный металл распыляется и наносится тонкой пленкой на поверхность. Толщина пленки должна быть в пределах 0,01 - 0,1мм. Пленка не подвергается коррозии и обладает влагуостойчивостью.

Применение газопламенного напыления полимерами (эмульсионный полистирол, полиамидная и поливинилхлоридная смолы, порошковый полиэтилен, акрилаты и др.) на различные поверхности позволяет получить монолитное покрытие, которое хорошо защищает конструкции от действия кислот, щелочей и других агрессивных воздействий. Напыление производят с помощью специальных аппара-

тов, в которых полимерный материал в виде порошка или пасты под давлением сжатого воздуха проходит через плена. Частицы порошка размягчаются и, попадая на покрываемую поверхность, срашиваются с ней.

Давление сжатого воздуха 2 - 3 атм., толщина напыляемой пленки 0,5 - 1 мм.

Напылением силикатных и других материалов можно создать на металлических и каменных поверхностях покрытия отличающиеся высокими антикоррозионными, непроницаемыми для воды и агрессивных жидкостей, жаростойкими и другими специальными свойствами.

Последние достижения науки и техники в области высоких температур позволяют наносить металлические и силикатные покрытия с помощью плазменной дуги. Сущность такого способа заключается в подаче сухих порошкообразных материалов в высокотемпературную струю, в которой они мгновенно нагреваются до температуры оплавления, после чего наносятся на поверхность.

§ 28. Виды объемной и специальной гидроизоляции

При строительстве сооружений эксплуатирующихся в неагрессивной водной среде или же емкостей для воды целесообразно применять бетоны с повышенной плотностью или подтернутых пропитке, а также бетоны с гидрофобными или кремниорганическими добавками.

Для изготовления бетона, находящегося постоянно в воде, следует применять преимущественно шлакопортландцемент или пуццолановый. Основным условием обеспечения плотности бетона является тщательное вибрирование, вакуумирование, а также введение в бетонную смесь различных добавок (хлорного железа - 0,1 - 1%, алкмината натрия, бентонитовой глины - 1 - 3%, ГКД-94-0,1-0,2% от массы цемента).

Основные свойства плотных бетонов приведены в таблице 26

С целью повышения водонепроницаемости, морозостойкости и долговечности бетонов в их состав вводят гидрофобизирующие вещества.

В качестве гидрофобизирующих веществ могут быть:

- пластифицирующие (СДБ, ВРП-1) - с целью снижения начального водосодержания, уменьшения расхода цемента, улучшения удобоукладываемости смеси, повышения водонепроницаемости, морозостойкости и прочности бетона;

Свойства плотности бетона

Бетоны по плотности	Характеристики плотности бетона		
	марка по водо-непроницаемости	водопоглощение по массе	коэффициент пористости, не более
нормальный	В - 4	5,7 - 4,8	0,6
повышенный	В - 6	4,7 - 4,3	0,5
особоплотный	В - 8 и более	4,2 и менее	0,45 и менее

- воздухововлекающие СНВ - смола нейтрализованная воздухововлекающая, СИД - синтетическая поверхностно-активная добавка) - с целью улучшения однородности, связности и удобоукладываемости бетонной смеси, повышения морозостойкости, трещиностойкости и водонепроницаемости;

- пластифицирующе-воздухововлекающие (М-милонит, ГСК-Ю, ГСК-11, ПАД-1-пластификатор алифатный) - с целью снижения начального водосодержания, уменьшения расхода цемента, улучшения удобоукладываемости и однородности смеси, повышения водонепроницаемости и морозостойкости, трещиностойкости и прочности бетона.

Введение этих добавок в бетонную смесь позволяет получить мелкокристаллическую структуру цементного камня и объемную гидрофобизацию стенок капиллярных ходов и замкнутых пор.

Гидроизоляционные и прочностные характеристики бетона можно повысить протиткой или обработкой его поверхности силикатами, расплавами термопластов, синтетическими смолами и т.д.

Силикатизация поверхности бетона осуществляется периодической обработкой его вначале раствором жидкого стекла, а затем, после суточной выдержки и сушки, 30%-ным раствором хлористого кальция. Цикл повторяется 2-3 раза. За счет поглощения углекислоты воздуха жидким стеклом происходит окремнение последнего и образуется водонепроницаемый защитный слой.

Обработка поверхности и протитка бетона расплавами термопластов (битума, петролатума, разбавленных смол и т.д.) осуществляется в открытых ваннах или автоклавах при температуре 80-200°C.

Глубина проницания зависит от свойств пропитывающего состава. Такие вещества как битум и петролатум пропитывают бетон на глубину всего 1-5см, а жидкие мономеры (стирол или метилметакрилат) на 10-20см.

Из-за дефицитности и большой стоимости мономеров необходимо добиваться их экономичного расходования и, по возможности, ограничиваться поверхностной пропиткой бетона. В результате пропитки достигают водо- и газопроницаемости и, соответственно, долговечности бетонных и железобетонных конструкций.

Пропитка бетонов может осуществляться также с применением полимеров (эпоксидные, фурановые смолы, полиэфирстирол, полиметилметакрилат и др.).

Из специальных гидроизоляционных материалов следует отметить также как герметики, гидроантискоррозионные и гидротеплоизоляционные.

В последнее время для герметизации швов применяют полимерные герметизирующие материалы, обладающие высокой эластичностью, адгезией к бетону, воздухо- и водонепроницаемостью.

По составу вяжущего полимерные герметики делятся на полисульфидные (тиоколовые), полиизобутиленовые, бутилкаучуковые, полихлорпреновые, полиуретановые, кремнийорганические, акриловые.

Некоторые характеристики герметизирующих мастик приведены в табл. 27.

К гидроантискоррозионным покрытиям следует отнести материалы применяемые для антикоррозионной защиты бетона и металла:

- покрытия на основе полимерных материалов;
- защитные покрытия на основе композиций каменноугольной и эпоксидной смолы и эпоксидно-пеновых составов;
- лакокрасочные покрытия на основе кремнийорганических лаков;
- нанесение силикатных торкретрастворов;
- защита закладных деталей металлизацией и горячим цинкованием;
- защита закладных деталей и сварных соединений цементно-полимерными и другими составами и мастиками.

К гидротеплоизоляционным материалам относятся легкий асфальтобетон, битумоперлит, гидрофобные порошки.

Легкий асфальтобетон готовят из битумных вяжущих

в смеси с легкими минеральными или органическими заполнителями. Он сочетает в себе тепло- и гидроизоляционные свойства. Примерный расход битума на 1 м² легкого асфальтобетона 100 - 200 кг/м².

Таблица 27.

Характеристики некоторых герметизируемых мастик

Виды мастик	Сопротивле- ние разрыву не менее кгс/см ²	Деформатив- ность при разрыве не менее, %	Водопогло- щение по массе, %	Допустимые температу- ры эксплуатации, °С.
Мастика полиизобу- тиленовая УМС-50	0,1	200	0,8	-50 +70
Трехкомпонентная мастика (однокомпонентная) 5I-УТО-40	5	100	3	-40 +70
Трехкомпонентная мастика (двухкомпонентная) КБ-0,5	3	170	-	-50 +70
Пенополиуретановый заливочный герметик	2	180	2, - 2,5	-30 +70
Бутилкаучуковые нет- вердеющие мастики	0,1	150	0,8	-40 +70
Силиконовая мастика	20	150	-	-55 +50

Битумперлит получаемый на основе нефтяного битума и вспученного перлитового песка имеет объемную массу 300 - 400 кг/м³. Эксплуатационная температуростойчивость битумперлита от - 50 до + 60°С. Применение находит для теплогидроизоляции кровель зданий, изоляции при бесканальной прокладке трубопроводов, изготовления листовых материалов.

Гидрофобные порошки можно получить на основе битумов и минеральных дисперсных веществ. Ими могут служить зола-унос, вспученный перлитовый песок, кварцевый песок и другие минеральные порошки.

Объемная масса гидрофобных порошков зависит от массы исходного порошка, так например у гидрофобной зольи 500-600 кг/м³, а коэффициент теплопроводности 0,11 - 0,13 вт/м²град.

Основные преимущества гидрофобных порошков: простота изготовления и возможность укладки при любой температуре, отсутствие горячих процессов при производстве работ. Эти порошки обладают теплоизоляционными и гидрофобными свойствами; используется в качестве засыпки при устройстве кровель и ограждений конструкций подвала.

ГЛАВА VII. КОРРОЗИЯ И СТОЙКОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.

§ 29. Коррозия и стойкость древесных материалов

Древесина как строительный материал характеризуется малой объемной массой, малой теплопроводностью, высокой прочностью, упругостью, стойкостью в среде агрессивной даже для металлов и бетона. Вместе с тем древесина обладает и рядом недостатков. Она легко возгораема, обладает анизотропностью. В условиях переменной и высокой влажности она вздувается, подвергается разбуханию, короблению и растрескиванию. Кроме того древесина может иметь природные пороки, которые резко снижают ее качество.

В строительстве наиболее широкое применение имеют хвойные породы: сосна, ель, лиственница, пихта и кедр. Древесина лиственных пород обладает меньшей стойкостью и однородностью.

Древесные материалы в зависимости от их стойкости подразделяются на:

- очень стойкие (лиственница, сосна, дуб);
- среднестойкие (ель, пихта, бук, береза);
- малостойкие (береза, ольха и др.).

Древесина применяется для изготовления несущих строительных конструкций, различных столярных изделий и деталей. Кроме того древесина используется для различных емкостей, труб, сборников и аппаратов в химической, пищевой и текстильной промышленности.

В зависимости от условий эксплуатации долговечность древесины может колебаться от нескольких лет до двух тысяч лет.

Даже малостойкие древесные материалы в среде постоянного сухого воздуха могут сохраняться сотни лет.

Коррозионная стойкость древесины в воздухе и в воде очень высока, так же породы как лиственные и дуб, сохраняют срок службы в воде до 500 и более лет. Стойкость древесины в воде можно объяснить незначительной концентрацией растворенного в ней воздуха. И наоборот, древесине, находящаяся в зоне изменения уровня воды, т.е. подвергаясь регулярному наводнению водой и высушиванию, быстро выходит из строя.

Особенность древесины как пористого материала и имеющего анизотропное строение влияет на диффузионные процессы газов действующих на нее. Диффузия газа тем больше, чем меньше объемная масса древесины. Наибольшее количество газов перемещается вдоль волокон и в радиальном направлении, наименьшее — поперек волокон. Характер воздействия некоторых газов на древесину приводится в табл.28.

Таблица 28.

Воздействие газов на древесину

газы и его компоненты	образование агрессивных веществ	результаты воздействия газов
Хлористый водород (HCl)	соляная кислота	интенсивное наводнение волокон древесины.
Хлор (Cl ₂)	соляная кислота	окисляет и хлорирует лигнин, отбеливает и разлагает целлюлозу.
Сернистый ангидрид (SO ₂)	серная кислота	влажная древесина подвергается частичному гидролизу.
Аммиак (NH ₃)	—	сильно адсорбируется древесиной. Растворяет смолу и жиры.

Древесина хвойных пород содержит смолу и поэтому обладает большей химической стойкостью, чем древесина лиственных пород. Поэтому прочность древесины лиственных пород уменьшается на 10 - 60% при воздействии растворов с $pH = 0,2 - 1,0$.

Древесина отличается значительной стойкостью при действии кислот. Так если железо и бетон интенсивно разрушаются при $pH \leq 5$, то древесина поддается разрушающему действию кислот только при $pH \leq 2$.

Пары кислот при относительной влажности и нормальной температуре слабо воздействуют на древесину хвойных пород, а горячие пары разрушают целлюлозу и другие компоненты древесины.

Повысить химическую стойкость древесины можно пропиткой фенолоформальдегидными или сурьмяными смолами, а также нанесением на поверхность лакокрасочных составов, напылением полимеров и металлов.

Разбавленные растворы щелочей ($pH = 8 - 10$) при обычной температуре вызывают усиленное набухание древесины, омыление смолы и растворение углеволокна. При увеличении концентрации щелочи в условиях обычной температуры растворяется некоторое количество лигнина. Повышение температуры и увеличение давлений при этом вызывает полное растворение лигнина в древесине, что ведет к потере механической прочности изделий.

Деревянные изделия и конструкции должны быть защищены главным образом от воздействия влаги (атмосферной, грунтовых вод, конденсационной и эксплуатационной), т.к. при чрезмерном увлажнении начинаются процессы гниения.

Гниение древесины, инициируемое которого является различные грибы, происходит при определенных условиях: повышенной влажности древесины - (20-70%), относительной влажности окружающего воздуха выше 85% при отсутствии вентиляции и температур от - 5 до + 40°C. При температуре ниже 0°C грибок не развивается, но и не погибает. Температура выше + 60°C действует на грибы губительно.

Для увеличения срока службы древесину необходимо обрабатывать антисептиками - химическими средствами, предупреждающими зарождение и развитие дереворазрушающих грибов. Антисептирование древесины производят водорастворимыми, маслянистыми и приготовленными в органических растворителях антисептиками и антисептическими пастами.

Антисептиками, применяемыми в водных растворах, являются

фтористый натрий, кремнефтористый натрий и др. Применяют также водные растворы натриевых и калиевых солей, сернохлорной аммонии, железный и медный купорос.

Маслянистые антисептики — это препараты, полученные при переработке нефти или твердого топлива (креозотовое масло, карбодимеум, антраценовое масло). Преимуществом маслянистых антисептиков является невыщелачиваемость их при действии влаги.

Антисептиками, применяемыми в органических растворителях, являются: пентахлорфенол, оксидифенил, нефтенат меди.

В качестве растворителей применяют соляровое и каменноугольное масла, мазут, керосин.

Антисептические пасты, в зависимости от состава, бывают: битумные, экстрактовые и др.

Антисептирование древесины и выбор антисептиков зависит от вида древесины и условий эксплуатации. Антисептировать древесину можно поверхностным окрашиванием или обмачкой, пропиткой под давлением, погружением в ванну с антисептиком и др.

§ 30. Процессы деструкции полимеров

Полимерные материалы, отличающиеся высокой химической стойкостью, все более широко применяются в строительстве для защиты зданий и сооружений.

Недостатками полимеров с точки зрения антикоррозионной защиты является ограниченная устойчивость к воздействию высоких температур ($50 - 90^{\circ}\text{C}$ для термопластичных и около 150°C для термореактивных), значительное снижение химической стойкости по мере роста температуры агрессивной среды, значительный коэффициент линейного расширения, горючесть и подверженность старению в условиях длительной эксплуатации.

Полимерные материалы обнаруживают значительную большую склонность к старению, чем неорганические строительные материалы. Признаком старения является ухудшение со временем технических свойств материалов под действием внешних факторов. Эти факторы могут носить физический, химический или биологический характер.

Наиболее агрессивными факторами, вызывающими деструкцию полимеров могут быть: свет, тепло, влага, ионизирующее излучение, химические воздействия, а также микро- и макроорганизмы.

В результате процессов старения уменьшается молекулярная масса полимеров, выделяются летучие продукты, материалы становятся хрупкими, легко трескаются, ухудшаются их механические и другие свойства, изменяется окраска и т.д.

Тепловые воздействия на термопластичные полимерные материалы в течение продолжительного времени приводят к их термическому распаду. Так, например, под действием повышенной температуры (но ниже температуры размягчения) на поливинилхлорид происходит отщепление молекул HCl , материал обесцвечивается, теряет упругость, повышается хрупкость. Интенсивная деструкция эпоксидных смол, вызванная нагреванием в присутствии кислорода, начинается при температуре $150 - 200^{\circ}C$.

Действие света, особенно ультрафиолетовых лучей, также вызывает изменения в структуре полимеров. Воздействие световых лучей обычно происходит одновременно с другими атмосферными факторами (теплом, кислородом, влагой), что значительно усиливает деструкционные процессы. Озон, несмотря на весьма низкие концентрации его в воздухе, является основным фактором при старении в атмосферных условиях. В большинстве случаев процессы старения протекают на поверхности полимеров, т.е. где происходит поглощение света, кислорода или озона. Поэтому целесообразно применять такие конструкции, где бы полимер был укрыт от света и окисления.

Диффузия жидкостей и газов в полимерах зависит не только от плотности материала, но и от температуры, времени воздействия и давления жидкостей и газов. Наибольшее значение имеет диффузия кислорода и влаги из воздуха. Вода поглощается не только смолами, но и наполнителями, а также проникает в неплотности между зернами наполнителя и смолой. Поглощение воды приводит к уменьшению прочности, ухудшению электрических свойств, а часто и к снижению адгезионной способности.

Биологические факторы могут быть причиной микробиологической коррозии, вызывая нежелательные изменения свойств полимерных материалов. На устойчивость их к биологической коррозии в значительной степени влияют наполнители. Если они органического характера (древесная мука, бумажные и текстильные прокладки и т.д.), то это способствует развитию микроорганизмов. Отдельные составляющие полимеров (пластификаторы, стабилизаторы, красите-

ли) также могут служить питательной средой для микроорганизмов. Для повышения стойкости полимеров в них вводят токсичные материалы или только такие пластификаторы и добавки, которые задерживают или значительно ограничивают развитие микроорганизмов.

Для уменьшения или предотвращения явления старения можно воспользоваться стабилизацией полимеров. Это достигается введением в состав полимеров дисперсных частиц хромата свинца, окиси железа, но лучше тонкодисперсной сажи. Эти добавки увеличивают срок службы полиметилена в атмосферных условиях в несколько раз (рис. 12).

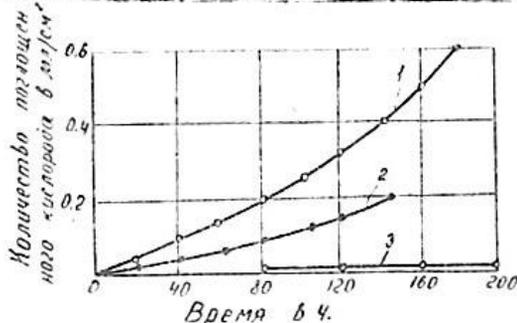


Рис. 12. Влияние добавок на скорость окисления полиметилена.

1—без добавок; 2—введение 2% окиси свинца;
3—введение 2% сажи.

§ 31. Полимерные материалы, применяемые для защиты от коррозии

Полимерные материалы, в качестве антикоррозионных, нашли широкое применение в строительстве благодаря высокой химической стойкости и атмосферостойкости, надежности в эксплуатации, простоте производства антикоррозионных и ремонтных работ.

Используемые в строительстве полимерные материалы и синтетические смолы подразделяются по механизму их образования на полимеризационные и поликонденсационные, а по отношению к действию положительных температур — на термопластичные (термопласты) и термореактивные (реактопласты). Полимерные материалы отличающиеся высокой эластичностью выделены в отдельную группу — эластомеры.

Многие полимерные материалы хорошо сцепляются с металлом, бетоном, деревом, кирпичом и стеклом, что определяет высокую эффективность при применении их в качестве клеев, облицовок, окрасочных и гидроизоляционных покрытий. Однако наиболее важным свойством полимерных материалов является их высокая и практически универсальная химическая стойкость.

Полимерные материалы используемые в антикоррозионной технике можно классифицировать по номенклатуре и по области применения (табл. 29).

Плиточные антикоррозионные материалы применяемые в строительстве различают:

- полиметилметакрилатные - обладают высокой химической стойкостью и долговечностью. Плитки могут быть различного цвета и крепятся к основанию полимеризуемыми пастами на основе акрилатов;
- винилитовые - стойкие в условиях воздействия кислот, в том числе плавиковой. Применяют эти плитки для футеровки конструкций, отличаются они высокой теплопроводностью;
- поливинилхлоридные - они не подвержены влиянию концентрированных кислот и щелочей, устойчивы к воздействию углеводородов, хлора, озона, минеральных масел и растворов солей. Вода, также как и растворы кислот и щелочей малой концентрации, вызывают разбухание. Поливинилхлоридные плитки выдерживают изменения температур от -40 до $+80^{\circ}\text{C}$.

Таблица 29.

Виды антикоррозионных материалов и области их применения

Виды антикоррозионных полимерных материалов.	область применения
Плиточные материалы	В качестве облицовки строительных конструкций, работающих в условиях агрессивной среды.
Листовые и рулонные	Для приклейки к бетону, кирпичу и другим поверхностям резервуаров, бассейнов, при защите полов и иных строительных конструкций от агрессивных сред.
Мастики, замазки, пасты и полимербетоны	Защита строительных конструкций, изделий, технологического оборудования эксплуатируемого в условиях агрессивных сред и повышенной температуры.
Лакокрасочные покрытия	Защита от коррозии строительных изделий и конструкций, а также различного оборудования.

Листовые полимерные антикоррозионные материалы используются в строительстве более широко, чем плиточные, так как при этом уменьшается протяженность стыковочных швов и сокращается ручная труд.

Из большого многообразия антикоррозионных листовых полимерных материалов следует отметить следующие:

- винипласт - выпускает 3-х марок (не прозрачный - ВН, прозрачный - ВП, не токсичный - ВНТ). Размеры листов (в мм.) длина - 1300 - 1500, ширина 500 - 650, толщина 2-20. Обладает химической стойкостью, в том числе при повышенных температурах;
 - полиизобутелен представляет собой каучукоподобный материал, полученный в результате химической обработки газа изобутелена с различными катализаторами. для повышения механической прочности в состав вводят наполнители: сажу и графит. В результате обработ-
- 50.

ки этой смеси на вальцах получают листовый материал, который обладает высокой химической стойкостью к большинству кислот, растворам щелочей и различных солей.

Недостатком полиизобутелена является его невысокая теплоустойчивость (до 60°C) и хладотекучесть (способность удлиняться или выдвигаться при нормальных температурах под действием длительной нагрузки);

- поливинилхлоридный пластикат изготавливают из поливинилхлоридной смолы в смеси с пластификатором и добавками. Этот листовый материал устойчив к действию воды, растворов кислот, щелочей и солей, а также многих органических соединений и растворителей. Набухание пластиката в воде составляет 0,3%, тогда как поглощение гидрораствора доходит до 5%, а битумных рулонных материалов - до 40%.

Для антикоррозионных работ пластикат применяют в виде листов толщиной от 1 до 5 мм;

- пенопласт - термопластичный, высокомолекулярный полиэфир, обладающий повышенной теплоустойчивостью, а также способностью к сварке и оклеиванию. Пенопласт стоек к действию концентрированных азотной, серной, плавиковой, соляной кислот, щелочей и различных органических соединений.

Свойства пенопласта характеризуются следующими показателями: плотность - $1,4 \text{ г/см}^3$, предел прочности при растяжении - 40 - 55 МПа, рабочая температура применения - 120°C . Листы изготавливаются размерами 1400 x 2000 мм и толщиной 3 - 4 мм.

К рулонным антикоррозионным полимерным материалам относятся бризол, изол, полиизобутеленовый материал ГМП, поливинилхлоридный пластикат, а также пленочные материалы на основе полиамидов, полиэтилена и др. Характеристики вышеперечисленных материалов приведены в гл. VII § 26.

Данные о полимерных материалах антикоррозионного назначения используемых в виде окрасочных материалов, мастик и паут приведены в гл. VII § 27.

За последнее время в строительстве широкое применение находят полимербетоны, которые по своим характеристикам соответствуют антикоррозионным материалам.

Согласно классификации предложенной В.В.Патуровым, бетоны на основе или с добавками полимерных материалов можно разделить

на четыре группы: полимербетоны, полимерсиликатные, полимерцементные и бетонополимеры.

Полимербетоны — это конгломератные составы, получаемые на основе синтетических смол и химически стойких наполнителей и заполнителей без использования неорганических вяжущих и воды. Полимербетоны содержат в своем составе не менее трех фракций наполнителей и заполнителей (мелкодисперсные размеры частиц менее 0,15 мм, заполнители — песок с размером зерен до 5 мм, и щебень с размером зерен до 50 мм). Полимербетоны предназначены для изготовления несущих химически стойких конструкций и имеют объемную массу 1200 — 2100 кг/м³. Находят также применение легкие и очень легкие полимербетоны с объемной массой 600 — 1200 кг/м³ и 400—600 кг/м³ соответственно.

Полимерсиликатные бетоны представляют собой кислостойкие бетоны на основе жидкого стекла, в состав которых в процессе приготовления вводят полимерные добавки. Введение в состав этих бетонов фурфурового спирта или некоторых других олигомеров делает полимерсиликатные бетоны практически непроницаемыми для растворов разлчных кислот.

Полимерцементные бетоны — это искусственные материалы, вяжущими для которых является цемент, глин в смеси водорастворимыми смолами или водными суспензиями натуральной или синтетического каучука.

При добавлении полимеров и минеральных вяжущих повышаются ряд физико-механических характеристик, повышается стойкость к агрессивным средам, но уменьшается водонепроницаемость.

Бетонополимеры представляют собой цементные бетоны, которые после завершения процессов твердения и структурообразования подвергаются вакуумной сушке и пропитке различными мономерами с последующей их полимеризацией в поровой структуре бетона.

ГЛАВА IX. ВЛИЯНИЕ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ БЕТОНА КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ.

§ 32. Производство бетона в жаркое время года

Климатические условия в южных районах нашей страны с высокой температурой воздуха в летнее время 40—45°С (в поверхнос-

той и того больше), при относительной влажности среды — IV — 20% можно считать суровыми для возведения зданий и сооружений из бетона и железобетона. К факторам усиливающим коррозионные процессы следует также отнести воздействие и влияние засоленности грунтов сульфатами магния, натрия и кальция.

Резкая континентальный климат этих районов с частыми сменами плюсовых и минусовых температур, от -50 до $+50^{\circ}\text{C}$ представляет свои требования на технологии изготовления изделий и конструкций и ведения строительства.

Известно, что для повышения температуры для достижения требуемой удобоукладываемости бетонной смеси необходимо ввести дополнительное количество воды затворения или увеличить расход электроэнергии на вибрирование (рис. 13). На практике чаще всего идут по пути увеличения расхода воды. В этом случае прочность бетона, как правило, понижается.

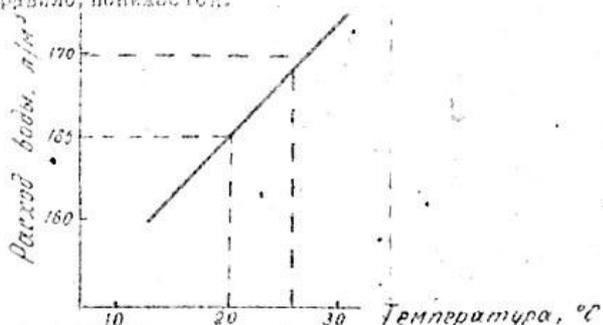


Рис. 13. Зависимость расхода воды от изменения температуры.

Снижение прочности в результате перерасхода воды, необходимой для достижения такой же удобоукладываемости, составляет примерно 1% на каждые 2°C повышения температура.

Для получения равноподвижной бетонной смеси при повышенных температурах необходимо увеличить расход воды в тяжелом бетоне примерно до 10% (при $t^{\circ} = 35^{\circ}\text{C}$). Вместе с тем, увеличение расхода воды для получения требуемой подвижности бетонной смеси без изменения расхода цемента приводит к нарушению В/Ц и, как указывалось выше, понижению прочности бетона. Этого можно избежать если в

соответствии с главой СНиП Ш-15-76 вводить в бетонную смесь пластифицирующие, воздухововлекающие, пластифицирующе-воздухововлекающие и комплексные добавки, или же увеличить расход цемента до 10%.

Бетонная смесь в жаркую и сухую погоду быстро теряет со временем свою подвижность и тем больше, чем выше температура. Это происходит вследствие ускорения гидратации и схватывания цемента. Бетон получается микро- и макропористым, т.е. с дефектной структурой. Процессы гидратации цемента протекают неполностью, бетон не успевает приобрести запроектированные физико-механические свойства. В связи с этим период времени от завершения приготовления смеси до окончания укладки, не должен превышать 30-60 мин. для смесей, имеющих температуру 25°C, 15 - 30 мин., для смесей с температурой 30°C и 10 - 15 мин для смесей с температурой 35°C, т.е. при повышении температуры с 25°C до 35°C сроки схватывания сокращаются почти вдвое.

Для бетонных смесей на пористых заполнителях максимально допустимая продолжительность перевозки и их укладки составляет соответственно 20-40, 10-20 и 5-10 мин. При 40°C схватывание не только быстро протекает, но и носит довольно беспорядочный характер.

Особо следует отметить влияние, на быстрое изменение подвижности бетонной смеси, ускорение гидратации и схватывание цементного теста, температуры самой смеси и экзотермических процессов. Тепловыделение начинается практически сразу же с началом схватывания. На интенсивность выделения тепла в значительной степени оказывает влияние первоначальная температура бетона.

Установлено, что бетонная смесь с температурой 35-40°C при нахождении ее в среде при 20°C более интенсивно теряет свою подвижность, чем смесь с температурой 20-25°C в среде при 40°C.

Испарения воды из бетонной смеси зависит от температурно-влажностного режима окружающей среды. Так при температуре воздуха 20°C, влажности 70% и скорости ветра 4,5 м/сек скорость испарения составляет около 0,3 кг/м²-ч., а при температуре 35°C, влажности 30% и скорости ветра 4,5 м/сек эта величина увеличивается в 4 раза.

Скорость испарения влаги из бетона зависит не только от указанных выше факторов, но и от влажности среды, состава бетона, вида цемента, заполнителей и добавок, количества воды затворения, В/Ц и последующего ухода за бетоном.

Потери воды из бетонной смеси могут быть велики, если окружающая среда имеет низкую относительную влажность (рис. 14).

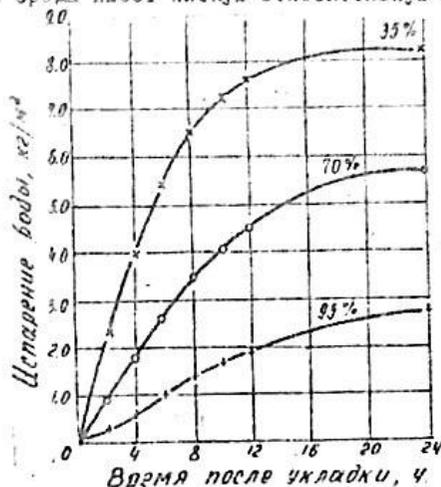


Рис. 14
Потери воды из цементного раствора в зависимости от относительной влажности воздуха (В/Ц = 0,6, $t = 30^{\circ}\text{C}$)

Основное требование, которому должны удовлетворять цементы в условиях частых и резких смен температуры и влажности окружающей среды — достаточная атмосферостойкость. При сравнении результатов исследований различных цементов установлено, что эти свойства зависят от одних и тех же факторов — структуры цементного камня, ее плотности, газонепроницаемости, способности сопротивляться переменным усадочным деформациям без нарушения связности.

Для приготовления бетона в условиях жаркого и сухого климата целесообразнее использовать цементы с невысоким содержанием C_3A . Следует избегать использование в этих условиях цементов с большой удельной поверхностью, способствующих интенсивному образованию трещин и большим усадочным явлениям.

Одной из причин, способствующей образованию поверхностных трещинам разрушению бетона в условиях сухого жаркого климата, явля-

ется возникновение напряжений от непроявившейся капиллярной усадки. Эти напряжения существенно снижают прочность при изгибе, а появляются и развиваются они при попеременном увлажнении и высыхании бетона.

Снижение трещинообразования бетона можно добиться добавлением в бетонную смесь поверхностно-активных веществ, главным образом гидрофобизирующего типа, добавкой за счет уменьшения поверхностного натяжения на микроменисках жидкости в капиллярах и увеличения угла смачивания, способствуют повышению трещиностойкости. Установлено, что наиболее эффективными добавками являются ГИЖ-10, ГИЖ-11 и водорастворимая полиамидная смола. Введение этих добавок повышает прочность бетона или марку на 10-20% и снижает значение коэффициента трещиностойкости до 1.

Помимо уменьшения трещинообразования добавки типа ГИЖ повышают морозостойкость бетона, а полиамидная смола - водонепроницаемость. В целом, за счет комплексного воздействия поверхностно-активных добавок, увеличивается срок службы бетонных и железобетонных конструкций в условиях сухого жаркого климата.

Одним из главных факторов получения долговечного бетона в условиях сухого жаркого климата является уход за ним после укладки. Эта завершающая технологическая операция по уходу за свежесуловленным бетоном, позволяет уменьшать влияние деструктивных физических процессов на ранних стадиях твердения и главным образом пластической усадки бетона, оказывающей большое влияние на формирование структуры, прочность и долговечность.

По рекомендации С.А.Миронова установлено две периода ухода за свежесуловленным бетоном: предварительный и основной.

Предварительный период заключается в защите бетона при помощи влагопроницаемых или влагосмких материалов от воздействия атмосферных осадков, солнечной радиации и ветра. Бетон при этом должен приобрести прочность 3 - 5 кгс/см².

Основной период, определяющийся временем за которое бетон достигает 50-70%-ной марочной прочности, заключается в создании условий твердения благоприятных для формирования долговечной структуры и предотвращения преждевременных потерь воды затворения. Для этого применяют классические методы, такие как:

систематическое увлажнение поверхности, покрытие увлажненным песком, опилками и брезентом, полимерными листами или пленкой. Выдерживает бетон в таких условиях не менее 7-10 суток.

Наиболее эффективным методом можно считать применение пленкообразующих материалов наносимых путем разбрызгивания на поверхность свежеуложенного бетона. Эти материалы могут содержать пластики, образующие экран от солнечной радиации, препятствуя повышению температуры самого бетона. Так как поверхность бетона под воздействием солнца может нагреваться до 70-80°C.

Бетон, не подвергнутый уходу, треснет в течение первых суток до 50 - 70% воды затворения, причем основная часть ее уделится на бетону в первые 6 - 7 часов твердения. Такое обезвоживание бетона ведет к уплотнению структуры новообразований, которое уменьшает проход влаги и непротрагированным частицам цемента, вследствие чего происходит торможение или полное прекращение гидратации воздуха и снижение в дальнейшем прочности бетона.

Перспективным направлением в производстве монолитного бетонирования в условиях сухого жаркого климата следует считать тепловую обработку, позволяющую ускорить твердение бетона. Осуществляется такая тепловая обработка установками непрерывного действия с форсированным внесением тепла в бетонную смесь.

§ 33. Производство бетона в холодное время года

Стойкость бетона к различного рода воздействиям, в том числе и отрицательной температуре, в значительной мере определяет долговечность выполненных из него изделий и конструкций, а также срок их службы.

При бетонировании в холодное время, необходимо учитывать следующие факторы влияющие на долговечность бетона: степень насыщения бетона водой, капиллярно-пористую структуру, бетона, возраст и прочность бетона к моменту замораживания, скорость и температуру замерзания, состав бетонной смеси и технологию производства зимних работ.

Известно, что в бетонах часть (25-30%) первоначально введенной воды затворения расходуется на гидратацию цементного камня. Большая часть воды испаряется при твердении образуя капиллярно-пористую структуру бетона. Поэтому, если не происходит его

увлажнения, количество воды подверженной замерзанию будет со временем уменьшаться.

Для создания плотной структуры бетона, являющейся более стойкой к действию мороза, необходимо уменьшать водоцементное отношение и уплотнять бетонные смеси до заданной плотности. Бетон содержит капилляры всевозможных диаметров, поры, пузырьки вовлеченного воздуха, которые заполняются водой - и она заполняется с различной скоростью при различных температурах.

Согласно классификации, предложенной С.В.Шестоперовым, капилляры в бетоне можно условно разделять на активные и пассивные. К активным следует отнести те капилляры, в которых вода, переходит в лед с возникновением напряжения, вызывающего разрушение структуры цементного камня. Пассивными капиллярами считать те, в которых независимо от того переходит ли в них вода в лед или нет, не возникает напряжения, способствующие деструктивным процессам.

Обычно для нормального твердения бетона необходимо иметь температуру окружающей среды 15 - 20°C. При понижении температуры замедляются сроки схватывания и твердения бетонной смеси. Если при температуре 15 - 20°C схватывание начинается через 2-4 часа, то при 2 - 3°C срок удлинится до 18 - 20ч. Прочность бетона, твердеющего при различных температурах и интервалах времени, может быть ориентировочно определена по табл. 30 (данные С.А. Миронова).

Таблица 30.

Зависимость относительной прочности бетона от температуры и времени твердения

температура твердения, °C	Сроки твердения бетона, сут.					
	3	5	7	10	15	28
5	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,80
10	0,20	0,32	0,44	0,52	0,65	0,92
15	0,30	0,45	0,60	0,70	0,80	1,00
25	0,37	0,54	0,70	0,77	0,85	1,05
35	0,45	0,60	0,72	0,77	0,85	-

Примечание: за единицу принята прочность бетона в возрасте 28сут. твердеющего при 15°C.

Влияние отрицательной температуры на бетон не опасно, если ей подвергается бетонная смесь до начала схватывания, т.е. еще в пластичном состоянии. После оттаивания и твердения в теплой среде, чтобы восстановить первоначальную плотность и проектную прочность бетона, необходимо его повторное вибрирование. Замерзание бетона между началом и концом схватывания влечет за собой значительное понижение его прочности после оттаивания, и в процессе дальнейшего твердения. Объясняется это структурными дефектами в бетоне, возникшими за счет давления льда и отжимаемой этим льдом воды, а также разрывом связей между поверхностью заполнителей и не полностью затвердевшим цементным камнем.

Влияние замораживания бетона после конца схватывания определяется его прочностью в этот момент. Чем раньше затвердевший бетон подвергнется действию мороза, тем опаснее это для него. Минимальная прочность, которую бетон должен приобрести к моменту замораживания зависит от марки бетона и времени выдерживания при нормальной температуре твердения. Так для бетона марки 200 на портландцементе эти значения составляют: 40% от марочной прочности в 3-5 суток, для марки 300 соответственно 35% и 2-3 суток, т.е. с увеличением марки бетона, уменьшается первоначальная прочность и сокращается время выдерживания.

При выборе вяжущего для изготовления изделий и конструкций для зимнего бетонирования необходимо выбирать быстротвердеющие и высокопрочные портландцементы с минимальным содержанием глина. Надо также ограничивать применение портландцементов с минеральными добавками. Рекомендуется при зимнем бетонировании использовать ускорители твердения цемента — кальций азотнокислый, хлористый кальций, нитрит-нитратные щелочи, для повышения плотности бетона, а также ускорения твердения бетона при пониженной положительной температуре. При отрицательных температурах окружающей среды применять противоморозные добавки — соль двойную азотнокислого кальция и мочевины, аммиачную воду — для сохранения жесткой фазы бетона.

Введение в бетонные смеси при зимнем бетонировании воздухововлекающих и пластифицирующих добавок позволяет снизить расход воды (до 15%) при той же удобоукладываемости, а также уменьшает расслоение и водоотделение бетонной смеси. Снижение расхода воды

на 1% увеличивает прочность бетона примерно на 1%. Введение вышеперечисленных добавок позволяет ускорить сроки твердения бетона и набора достаточной прочности им перед воздействием отрицательной температуры.

Используя различные методы зимнего бетонирования возможно производить бетонные работы в холодное время года даже при низких температурах минус 10-15°C. Это достигается подогревом компонентов бетона (воды до 60-80°C, заполнителей 40-50°C) или самой бетонной смеси до 30-40°C. Более высокая температура бетонной смеси может вызвать загустевание ее, а введение добавочного количества воды приведет к понижению прочности бетона.

Современным способом получения горячей бетонной смеси является электроподогрев ее в смесителе или бункере непосредственно перед укладкой в конструкцию. В бетонную смесь помещают электроды при помощи которых разогревают ее до температуры 50-70°C. Такую бетонную смесь необходимо сразу же укладывать и уплотнять.

Одним из возможных и доступных способов зимнего бетонирования является введение в состав бетона легко растворимых в воде солей: хлористого кальция ($CaCl_2$) и хлористого натрия ($NaCl$) и др. При использовании этих солей необходимо вводить в смеси ингибиторы, замедляющие коррозию арматуры в железобетоне. Применяемые полученные за последнее время добавки НКК (натрий, нитрит кальция), НКХ (нитрит, нитрат кальция и хлористый кальций) устраняют коррозию арматуры, вызываемую хлорид-ионами. Введение солей и добавок позволяет снизить точку заморозки воды и обеспечивает твердение бетонной смеси даже при минус 20-30°C.

Наряду с подогревом смеси паром, введением химических добавок применяется и электропрогрев с помощью как внутренних так и внешних электродов. Электрический ток можно также пропускать непосредственно и по самой арматуре. При размещении электродов в бетоне необходимо обеспечить равномерный прогрев бетона до температуры 60°C (повышать температуру нужно не более чем на 5°C в час) и сохранение воды затворения для процессов гидратации.

Кроме перечисленных способов зимнего бетонирования возможно применение тепляков. При этом вокруг бетонируемой конструкции создается временное сооружение (из деревянных металлических,

тканевых или надувных материалов), в котором тепло поддерживается подогревом. В этих сооружениях необходимо также создавать влажностный режим окружающей среды, т.к. чрезмерная температура может вызвать обезвоживание бетона.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ "СТОЙКОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ". X)

Настоящие методические указания предназначены для выполнения лабораторно-исследовательских работ и проведения НИР со студентами. Указания знакомит студентов специальности 1207 с методами изучения коррозионной стойкости вяжущих, бетона и арматуры.

Методические указания составлены в соответствии с программой специального курса "Стойкость и долговечность бетонных и железобетонных изделий и конструкций" и рекомендуются при изучении курса, подготовки и сдачи лабораторных работ, зачетов и экзамена.

По завершению работы студенты полученные результаты заносят в таблицы, строят графики зависимостей, делают выводы и используют в дальнейшем при подготовке докладов на конференции, конкурсы и публикации.

✓ Лабораторная работа № 4: "Использование комплексных химических добавок для бетонов стойких в водной среде".

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В связи с ростом объема строительства водохозяйственных и гидроэнергетических сооружений большое значение приобретает вопрос повышения эффективности использования бетона в конструкциях. Обеспечение их проектной прочности и долговечности в значительной мере зависит от полноты учета влияния условий эксплуатации сооружений на кинетику изменения свойств бетона.

Основным условием долговечности бетона является его высокая плотность, при которой затрудняется проникание агрессивных агентов, в частности воды, в его капиллярно-пористую структуру. С другой стороны, та же вода обуславливает развитие самоуплотнения бетона.

62. X). Методические указания разработаны автором учебного пособия.

Долговечность сооружений, работающих в условиях фильтрации речных и грунтовых вод, во многих случаях определяется интенсивностью выщелачивающей коррозии. СНиП II-28-78 устанавливает довольно жесткие ограничения максимальных значений В/Ц бетона, напора воды и ширины допускаемого раскрытия трещин в конструкциях.

Одним из эффективных путей повышения плотности и соответственно долговечности бетонов работающих в водной среде является использование различных химических добавок позволяющих повысить его водонепроницаемость, морозостойкость и механическую прочность. Применение добавок особо важно если к бетону предъявляются требования по водонепроницаемости марки В4 и выше, и морозостойкости Мра 150 и выше.

Для улучшения свойств бетонной смеси и бетона, а также снижения расхода цемента в качестве химических добавок следует применять:

- пластифицирующие - с целью снижения начального водосодержания, уменьшения расхода цемента, улучшения удобоукладываемости смеси, повышения водонепроницаемости и прочности бетона;
- воздухововлекающие - с целью улучшения однородности, связности и удобоукладываемости бетонной смеси, повышения морозостойкости, трещиностойкости и водонепроницаемости;
- пластифицирующе-воздухововлекающие - с целью снижения начального водосодержания, уменьшения расхода цемента, улучшения удобоукладываемости и однородности смеси, повышения водонепроницаемости, морозостойкости, трещиностойкости и прочности бетона;
- ускорители твердения цемента - для нейтрализации замедляющего действия поверхностно-активных добавок на процесс гидратации цемента и повышения плотности бетона, а также ускорения твердения бетона при пониженной положительной температуре;
- замедлители схватывания - для предотвращения раннего загустевания смеси в процессе производства работ при повышенной температуре и низкой относительной влажности окружающей среды;
- противоморозные - для сохранения жидкой фазы бетона при отрицательной температуре окружающей среды.

Анализ результатов исследования и применения добавок в бетонах показывает, что во многих практически важных случаях наиболее перспективны комплексные добавки. Можно назвать несколько причин по которым однокомпонентные добавки в бетон, несмотря

на простоту их изготовления и технологичность при использовании, уступает многокомпонентным.

Первая из них заключается в том, что комплексные химические добавки обладают полифункциональностью действия т.е. способность влиять сразу на несколько характеристик бетона.

Вторая причина — это возможность с их помощью существенно улучшить какой-либо эффект, предельно достигаемый при введении однокомпонентной добавки.

Третья причина заключается в том, что при введении комплексных химических добавок удается резко уменьшить или практически полностью устранить нежелательное побочное действие каждой составляющей комплексной добавки.

В качестве химических добавок необходимо применять следующее:

- а) пластифицирующие — СДБ, ВРН-Г;
- б) воздухововлекающие — СНВ (Смола нейтрализованная воздухововлекающая), СНД (Синтетическая поверхностно-активная добавка);
- в) пластифицирующе-воздухововлекающие — М_Г (Мылонафт), ГКЖ-Ю, ГКЖ-И, ПАЦ-Г (Пластификатор адипиновый);
- г) ускорители твердения — НК (Кальций азотнокислый), НКН (Нитрит-нитратные целолки);
- д) замедлители схватывания — СДБ, ГКЖ-Ю, ГКЖ-И, М (Мочевина);
- е) противоморозные — НК + М; НКН + М; НКМ — (Соль двойная азотнокислого кальция и мочевины), аммиачная вода.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование по подбору комплексных химических добавок для бетонов стойких в водной среде.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Выбор состава комплексных химических добавок и определение ориентировочного количества их в бетоне.

В зависимости от вида бетона и условий его твердения назначают индивидуальные или комплексные добавки, руководствуясь данными приведенными в таблице 1.

Химические добавки следует применять в виде концентрированных растворов или в виде растворов рабочих концентраций в зависимости от вида добавок, степени их растворимости и характеристики применяемых дозирующих механизмов. Твердые виды добавок должны быть предварительно растворены в воде до определенной концентрации.

Растворы химических добавок вводят в бетонную смесь совместно с водой затворнения. Дозировку растворов производят по объему или по массе.

Для проведения экспериментов с целью определения оптимального количества компонентов комплексной химической добавки можно воспользоваться таблицей 2.

Количество сухого вещества в растворах индивидуальных добавок зависит от концентрации и плотности растворов, которая определяется ареометром при температуре 20°C.

После выбора состава комплексной химической добавки и определения дозировок компонентов ее проводят анализ и делают выводы по разделу.

II. Подбор состава бетона с химическими добавками

Определение состава бетона с химическими добавками следует производить в два этапа. На первом этапе определяют состав гидротехнического бетона без добавок в следующей последовательности:

- устанавливают оптимальный гранулометрический состав заполнителей (песка и щебня);
- определяют величину допустимого доцементного отношения;
- находят минимально необходимое количество цемента.

Для подбора состава гидротехнического бетона должны быть известны требуемая консистенция бетонной смеси, величины плотности цемента ($\rho_{ц}$), песка ($\rho_{п}$) и щебня ($\rho_{щ}$), предельная крупность зерен и гранулометрический состав щебня и песка.

Расчет расхода материалов на 1 м³ бетона рекомендуется производить методом абсолютных объемов в следующем порядке:

Таблица I.

Вид и условия твердения бетона	Индивидуальные и комплексные химические добавки
Монолитный, обычные летние	СДБ, ПАЩ-I, ВРП-I; СДБ+СНВ; СДБ+СПД; ПАЩ-I+СНВ; ПАЩ-I+СПД; ВРП-I+СНВ, ВРП-I+СПД.
Монолитный, сухой жаркий климат	СДБ, ГРКЖ-IO, ГРКЖ-II, M _T ; СДБ+ГРКЖ-IO; СДБ+ГРКЖ-II; СДБ+M _T ; СДБ+M; ГРКЖ-IO+M; ВРП-I+ГРКЖ-IO; ВРП-I+ГРКЖ-II; ВРП-I+СНВ; ВРП-I+СПД; СДБ+СНВ; СДБ+СПД; СДБ+НК; СДБ+ННК.
Монолитный, зимние	ПАЩ-I+НК+M; ПАЩ-I+ННК; ПАЩ-I+СПД+ННК; ПАЩ-I+СНВ+ННК; Аммиачная вода.
• Сборный, тепловая обработка	ПАЩ-I; ВРП-I; СДБ+СНВ+ННК; СДБ+СПД+ННК; СДБ+СНВ+ННК; СДБ+СПД+ННК; ПАЩ-I+СНВ; ПАЩ-I+СПД; ВРП-I+СНВ; ВРП-I+СПД; СДБ+ННК; СДБ+ННК.

а) На основании установленных величин В (воды) и В/Ц вычисляют расход цемента и объем цементного теста:

$$Ц = \frac{В}{В/Ц} \text{ кг.} \quad V_{ц.т.} = \frac{Ц}{\rho_{ц.т.}} + В \text{ л.}$$

б) Вычисляется суммарный объем заполнителей:

$$V_3 = 1000 - V_{ц.т.} \text{ л.}$$

в) Определяется объем и масса песка:

$$V_{п.} = \gamma \cdot V_3 \text{ л.} \quad П = \rho_{п.} \cdot V_{п.} \text{ кг.}$$

Таблица 2.

Вид дообавки	Наименование дообавки	Пределы дозировок (% сухого вещества от массы цемента) для бетонов			Среднеарithmeticкое значение на цементях	Среднеарithmeticкое значение на цементях
		нижелемкий	среднеарithmeticкий	выселемкий		
Пластификаторы	СДБ	0,1; 0,15; 0,2	0,15; 0,2; 0,25	0,1; 0,15; 0,2	0,15; 0,2; 0,25	
	ВР-I	0,015; 0,02; 0,025	0,02; 0,025; 0,03	0,01; 0,015; 0,02	0,015; 0,02; 0,025	
Воздуховозле-катель	СДБ, СДБ-I	0,01; 0,015; 0,02	0,015; 0,02; 0,025	0,01; 0,015; 0,02	0,015; 0,02; 0,025	
	У-I, У-II	0,15; 0,2; 0,25	0,15; 0,2; 0,3	0,1; 0,15; 0,2	0,15; 0,2; 0,25	
Ускорители	СДБ	0,1; 0,15; 0,2	0,1; 0,2; 0,3	0,1; 0,15; 0,2	0,15; 0,2; 0,25	
	У-I, У-II	0,4; 0,5; 0,6	0,5; 0,6; 0,7	0,4; 0,5; 0,6	0,5; 0,6; 0,7	
Замедлители схватывания	У-I, У-II	0,1; 0,15; 0,2	0,1; 0,15; 0,2	0,1; 0,15; 0,2	0,15; 0,2; 0,25	
	У-I, У-II	0,1; 0,15; 0,2	0,1; 0,15; 0,2	0,1; 0,15; 0,2	0,15; 0,2; 0,25	

У - оптимальное содержание доли песка в смеси заполнителей (от 0,3 до 0,35)

г) Вычисляется объем и масса крупного заполнителя:

$$V_{\text{ш}} = V_s - V_n \quad \text{л}; \quad \text{Ш} = \rho_{\text{ш}} \cdot V_{\text{ш}} \quad \text{кг.}$$

В заключительном расчете расходы материалов проверяются соответственно по объему компонентов в единице объема:

$$\frac{Ц}{\rho_{ц}} + B + \frac{П}{\rho_{п}} + \frac{Щ}{\rho_{щ}} = 1000 \quad \text{л.}$$

и определяется объемная масса бетонной смеси:

$$\gamma_c = Ц \cdot \rho_{ц} + П \cdot \rho_{п} + Щ \cdot \rho_{щ} + B \quad \text{кг/м}^3$$

Но окончательный состав должен обеспечить требуемые консистенцию бетонной смеси, прочность, водонепроницаемость и морозостойкость бетона.

Но вторым этапом производится подбор состава бетона с добавками, при этом соблюдаются следующие требования:

- водопотребность бетонной смеси с добавкой, оцениваемая по показателю ее активности, должна быть одинаковой с консистенцией бетонной смеси без добавки;
- В/Ц бетонной смеси с добавкой не должно быть больше В/Ц бетонной смеси без добавок. При этом при пластифицирующе-воздуховыводящей или воздуховыводящей добавке В/Ц бетонной смеси должно быть не менее 0,4, а меньше, чем у бетонной смеси без добавки;
- со временем после ввода в смесь заполнителей в бетоне с добавкой, должно быть такое же количество в бетоне и без добавки.

Контроль осуществляется путем ориентировочные дозировки добавок при определении их оптимальных количеств в бетоне принимаются по таблице 2, более путем проб, т.е. вводимые в бетонную смесь в указанных количествах добавки находят их оптимальное количество, при этом добиваясь уменьшения расхода цемента и воды, сохраняя постоянным В/Ц, без изменения характеристик прочности на сжатие, водонепроницаемости и морозостойкости.

По завершении экспериментов необходимо произвести анализ полученных данных, построить графики и сделать общие выводы по работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Разработка составов влакнощелочных вакуирующих для приготовления бетонов стойких в агрессивных средах.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Основным материалов для современного строительства остается

ся бетон и железобетон. Надо учесть, что в отличие от стальной конструкции, которая после заделки идет на переработку, бетонная и железобетонная отправляются на свалку. Значит удлинению срока службы бетона и железобетона т.е. его долговечности, соответствует потребность страны в цементе, металле и нерудных материалах, не считая затрат энергии, труда и денежных средств.

Одним из видов вяжущих веществ отличающихся высокой стойкостью в условиях магnezийной и сульфатной агрессии, в водах с низкой гидрокарбонатной жесткостью и других агрессивных средах являются шлакощелочные цементы. Такие свойства вяжущего делают бетоны на их основе коррозионностойкими т.е. более долговечными.

Шлакощелочные цементы - гидравлические вяжущие вещества, твердеющие в воде и на воздухе, получаемые путем затвердения молотого доменного или электротермофосфорного гранулированного шлака раствором соединений щелочных металлов - натрия или калия, дающих щелочную реакцию.

В качестве щелочных компонентов шлакощелочных цементов могут использоваться едкие щелочи R OH , несиликатные соли слабых кислот R_2CO_3 , R_2SO_3 , R_2S , RF , силикатные соли типа $\text{R}_2(0,5-2,0)\text{SiO}_2$; алюмосиликатные соли типа $\text{R}_2\text{O Al}_2\text{O}_3$.

Оптимальное содержание щелочного компонента в шлакощелочном вяжущем в пересчете на сухое вещество составляет 5-10% от массы шлака. Плотность водного раствора щелочных компонентов для приготовления вяжущих колеблется от 1,5 до 1,3 г/см³, при 15-30% концентрации по массе.

В производстве шлакощелочных цементов более экономичным следует считать применение не чистых химических продуктов, а отходы различных производств - содовой и содощелочной плавки, содопоташная смесь, метасиликат натрия, фтористый натрий, шлы электрофильтров цементных заводов и т.д.

В качестве минеральной части вяжущего используются доменные и электротермофосфорные гранулированные шлаки. Эти шлаки должны соответствовать требованиям ГОСТ 3476-74 "Шлаки доменные и электротермофосфорные гранулированные для производства цементов". Для шлакощелочных цементов применяются молотые шлаки с удельной

поверхностью не менее $3000 \text{ см}^2/\text{г}$.

Физико-химические процессы при твердении шлакощелочных цементов протекают в системе $R_2O-RO-R_2O_3-SiO_2-H_2O$ где R_2O - щелочные оксиды (Li_2O, Na_2O, K_2O), RO - щелочноземельные (MgO, CaO, SrO, BaO), R_2O_3 - амфотерные оксиды ($Al_2O_3, Fe_2O_3, Cr_2O_3$). Продукты их гидратации представляют собой кристаллические твердые растворы гидратов щелочных алюмосиликатов и амфотерных силикатов кальция.

В продуктах гидратации шлакощелочных цементов не содержатся характерные для портландцемента новообразования - свободная известь, высокоосновные гидросиликаты, гидросиликаты и гидросульфалюминаты кальция. В связи с этим они отличаются высокой прочностью, которая в зависимости от химической природы щелочного компонента достигает до 150 МПа .

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Подбор оптимального вида и количества щелочного компонента.

Определение характеристик шлакощелочного цемента.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Подготовить исходные материалы: молотый гранулированный электротермоизоляционный шлак с удельной поверхностью $3500-4000 \text{ см}^2/\text{г}$, щелочные компоненты ($NaOH, KOH, Na_2SO_3, K_2CO_3$) в виде растворов 15% концентрации, песок вольский, формы: $40 \times 40 \times 160 \text{ мм}$.

2. Шлак тщательно перемешать с вольским песком (соотношение 1:3). Подготовленную смесь затворить 15%-ным раствором щелочных компонентов. Получить однородную смесь.

3. Приготовленную смесь уложить в предварительно смазанные формы и уплотнить на лабораторной виброплощадке со стандартными частотой и амплитудой.

После изготовления образцы в формах хранят 24 часа в ванне с гидравлическим раствором, затем вынимают из форм и испытывают в определенные сроки.

Образцы предназначенные для тепловлажностной обработки помещаются в пропарочную камеру или автоклавы в формах через 2 - 4 часа после изготовления.

4. Перед испытанием у образцов определяют линейные размеры. Образцы водного хранения вынимают из воды и не позднее чем через 1 час подвергают испытанию, предварительно насухо вытирают.

Результаты проведенных исследований заносят в таблицу 3.

Зависимость прочности полученного цемента от вида и количества щелочного компонента рекомендуется изобразить графически.

Необходимо сделать выводы по работе.

Таблица 3.

Характеристики, единица измерения.	ВИД ЩЕЛОЧНОГО КОМПОНЕНТА			
	NaOH	KOH	Na ₂ CO ₃	K ₂ CO ₃
1. Плотность раствора, г/см ³				
2. Расход щелочного компонента, %, г.				
3. Предел прочности при изгибе, МПа				
4. Предел прочности при сжатии, МПа				
5.				
6.				

Примечание: в таблицу 3 можно вводить дополнительно исходные и полученные данные как по горизонтали, так и по вертикали.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТ № 6

Определение коррозионной стойкости щелочного цемента ускоренным методом

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Коррозия раствора и бетона представляет собой процесс его разрушения вследствие химического или физико-химического взаимодействия с агрессивной средой.

Степень воздействия различных агрессивных сред на бетон нормируется СНиП II-25-80 и определяется:

- для газовых сред - видом и концентрацией газов, их растворимостью в воде, влажностью и температурой;
- для жидких сред - величиной и концентрацией агрессивных агентов, температурой, значением напора или скорости жидкости у поверхности конструкции;
- для твердых сред (соли, аэрозоли, льды, грунты) - дисперсностью, растворимостью в воде, пористостью, влажностью окружающей среды.

Многообразие свойств агрессивных сред и процессов коррозии затрудняет выбор объективного метода борьбы с коррозией.

По классификации В.М.Москвина, которая является общепризнанной, коррозионные процессы могут быть разделены на три основных вида.

Первый вид коррозии связан с взаимодействием бетона и внешней водной средой с малой временной жесткостью. Сопровождается оно растворением и выносом основных компонентов цементного камня. Наиболее растворимым компонентом является гидрат окиси кальция, образующийся при гидратации C_3S .

Второй вид коррозии объединяет все процессы взаимодействия бетона с внешней средой, содержащей химические вещества, которые вступая в обменные реакции с компонентами цементного камня, образуют не обладающие вязучими свойствами легкорастворимые соли или аморфную массу. К этому виду относят коррозию бетона, при его взаимодействии с растворами кислот, в том числе угольной, магnezия, серной и др.

Третий вид коррозии связан с накоплением в порах и капиллярах бетона солей с последующей их кристаллизацией. Образование твердой фазы характеризуется увеличением объема, что в свою очередь вызывает внутренние напряжения и деструктивные явления в бетоне.

Обычно на бетонные и железобетонные конструкции изготовленные из вяжущих минерального происхождения, одновременно могут воздействовать несколько агрессивных факторов, но один из них будет основным.

Следует отметить, что при том многообразии коррозионных

сред которые могут взаимодействовать на бетонные и железобетонные конструкции, действующие стандарты не предусматривают методов определения коррозионной стойкости бетона. Поэтому существует различные рекомендации по методам определения коррозионной стойкости. Поскольку во многих случаях коррозионная стойкость бетона прежде всего зависит от вида и свойства цемента и полученного из него цементного камня, то и предлагаемая работа основана на испытании малых образцов из цементного камня исследуемого шлакоцементного вяжущего.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определение коррозионной стойкости шлакоцементного цемента (по сравнению с портландцементом) ускоренным методом.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. По результатам работы № 5 выбрать оптимальный состав шлакоцементного цемента.

2. Из состава 1:3 (портландцемент:стандартный рязский песок), при В/Ц = 0,4 изготавливают балочки размером 40 x 40 x 160 мм. Такие же балочки изготавливают из оптимального состава шлакоцементного цемента.

Образцы выдерживают 24 часа в нормальных условиях, затем распалубливают и помещают в воду.

3. После 14 суток хранения часть образцов погружают в 5%-ный раствор Na_2SO_4 , часть в 16-ный раствор MgSO_4 , а часть испытывают для определения $R_{p,m}$, (можно в R_p).

4. Испытать образцы, находящиеся в агрессивных растворах через 14, 70, 126 и более суток, определяя коэффициент стойкости (K_c).

Степень коррозионной стойкости (K_c) представляет собой отношение $R_{p,m}$, образцов после каждого срока их выдерживания в агрессивном растворе к $R_{p,m}$, образцов, твердевших в воде 14 суток. Образцы считаются выдержавшими испытания, если в возрасте 126 сут. $K_c \geq 0,8$.

На основании результатов проведенных испытаний вычерчиваются графики зависимостей (например $R_{p,m}$ от вида цемента, агрессивности среды и возраста испытаний; коэффициента стойкости

от вышеуказанных факторов и др.).

По выполненным исследованиям необходимо сделать соответствующие выводы и рекомендации.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

Определение сохранности арматуры в бетоне электрохимическим методом х).

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основным направлением технического прогресса в промышленном и гражданском строительстве является его индустриализация основанная на широком применении эффективных сборных железобетонных конструкций.

Долговечность бетона, как на тяжелых так и на пористых заполнителях, зависит главным образом от коррозионной стойкости и способности бетона защищать арматуру.

Исследования показали, что защитные свойства бетона по отношению к арматуре могут быть разнообразными. Они зависят от химической природы бетона и его проницаемости для агрессивных веществ.

Химическая природа бетона обусловлена видом вяжущего, заполнителей, добавок, режимом твердения, а проницаемость толщиной и плотностью защитного слоя.

Во всех случаях, любая коррозия арматуры в бетоне возможна только при низкой плотности и влажной среде, а присутствие агрессивных сред может только повышать интенсивность данного процесса.

Известно, что в подавляющем большинстве случаев коррозия металлов происходит по электрохимическому механизму, как результат работы большого числа микрогальванических элементов возникающих на металлической поверхности вследствие действия окружающей среды и неоднородности металла.

Практически в железобетоне всегда имеют место условия для возникновения коррозионного процесса. Это связано с тем, что технические металлы имеют неоднородную структуру, неодинаковы и условия контакта поверхности стали с бетоном. Кроме того бетон представляет собой капиллярно-пористое тело с активной и гидро-

х). Работа подготовлена асс. Э. Р. Усипяцем.

фильной внутренней поверхностью, он почти всегда содержит физически связанную, т.е. капиллярную и осмотическую воду, которая служит электролитом — проводником между анодными и катодными участками поверхности стали.

При работе микрогальванического элемента одновременно протекают два электродных процесса.

1. Анодный — процесс перехода ионов металла в раствор. При этом остается соответствующее количество электронов на поверхности металла.

2. Катодный — процесс ассимиляции избыточных электронов атомами или молекулами электролита (деполяризаторами), которые при этом восстанавливаются.

Указанные процессы протекают сопряженно и замедление одного из них приводит к торможению другого.

Между поверхностью металла и электролитом возникает определенная разность потенциалов, что связано с образованием двойного электрического слоя, т.е. несимметричного распределения заряженных частиц у границы раздела фаз. Если энергия гидратации ионов достаточна для разрыва связей между ион-атомами металла с электронами и ион-атомы переходят в раствор, то остается эквивалентное число электронов сообщаемое поверхности металла отрицательный заряд.

В последующем отрицательные заряды притягивают катионы металла из раствора. На границе раздела возникает двойной электрический слой, что и вызывает некоторую разницу потенциалов между металлом и раствором электролита. В том случае, если энергия связи с кристаллической решеткой больше энергии гидратации, то на поверхности металла могут разряжаться катионы из раствора электролита, в результате чего поверхность металла приобретает положительный заряд, образующийся двойной слой с анионами раствора.

Для оценки влияния различных факторов на скорость коррозии необходимо иметь сведения о равновесном состоянии системы, учитывая, что при протекании тока через электрод равновесное состояние нарушается.

При работе коррозионного микроэлемента протекание электрического тока обусловлено разностью потенциалов катода и анода.

Потенциал электрода изменяется в зависимости от величины и направления внешнего тока.

После замыкания микрогальванической цепи величина коррозионного тока быстро падает и через определенное время становится постоянной. В виду того, что величина омического сопротивления в данном случае мала и является неизменной, то уменьшение силы коррозионного тока объясняется только уменьшением разности начальных значений потенциалов. Такое изменение потенциала в результате протекания тока называется поляризацией. Вещества, уменьшающие поляризацию называются деполяризаторами.

Для определения скорости и характера электродных процессов измеряют потенциал электрода в зависимости от плотности проходящего через него тока, соответственно получая при этом анодные или катодные поляризационные кривые. В большинстве случаев скорость коррозии стали в бетоне определяется скоростью анодных процессов.

ЦЕЛИ РАБОТЫ

Снятие анодных поляризационных кривых стали в бетоне.
Определение коррозионной стойкости арматуры в бетоне.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Применяемые приборы: потенциостат, милливольтметр, потенциометр, термометр, амперторный мост переменного тока. Испытуемый электрод, погруженный в электролит или находящийся в бетоне, включается в электромеханическую цепь. Изменяя величину потенциала наблюдая за изменением тока в цепи - потенциостатический метод или, изменяя величину тока, наблюдая за изменением потенциала - гальваностатический метод. По двум параметрам строят поляризационную кривую. Результаты измерения оформляют в виде графиков в координатах: по оси абсцисс - плотность тока в $\text{мкА}/\text{см}^2$, по оси ординат потенциал в мВ.

Электрохимическая ячейка состоит из стеклянного стакана в который опущен образец и дополнительный цилиндрический электрод из нержавеющей стали. В отдельной емкости с насыщенным раствором хлористого калия помещают каломельный электрод... Стаканы соединяют между собой проводом, электрическим ключом в вид

II - образной трубки диаметром 3-5 мм с краем, которая заполняется раствором хлористого калия.

Для проведения лабораторной работы необходимо изготовить не менее 6 образцов - близнецов из исследуемой бетонной смеси размером 70 x 70 x 140 мм.

По оси бетонного образца располагается электрод из арматуры диаметром 5 мм и длиной 160 мм. Таким образом, чтобы толщина защитного слоя до торца стержня была не меньше чем до боковой поверхности. Поверхность электрода предварительно шлифуют тонкой шкуркой и обезжиривают окунанием в ацетон с последующей протиркой.

Перед снятием поляризационных кривых бетонные образцы насыщают водой в вакууме и изолируют место выхода стали из бетона лакокрасочным покрытием.

Подготовленный образец устанавливается в электрохимическую ячейку и определяет величину стационарного потенциала.

В дальнейшем с помощью потенциостата начинают изменять потенциал со скоростью 6 В/ч, измеряя величину тока через каждые 50 - 100 мВ изменения потенциала. Поляризацию электрода производят от стационарного потенциала 100 мВ или величины тока 500 мкА/см².

После снятия поляризационной кривой с помощью моста переменного тока следует измерить сопротивление между рабочим и вспомогательными электродами. При построении кривой из величины потенциала необходимо вносить поправку на омическое сопротивление, которое получается умножением величины сопротивления на величину тока.

Сталь в бетоне пассивна, если при потенциале - 300мВ по насыщенному каломельному электроду плотность тока не превышает 10мкА/см², если плотность тока равна 10-25мкА/см², то сталь находится в неустойчивом пассивном состоянии, т.е. с течением времени при наличии агрессивной среды сталь может корродировать, если плотность тока более 25мкА/см² - сталь интенсивно корродирует.

По завершению экспериментальной части работы необходимо построить графики зависимости величины плотности тока от потенциала и сделать выводы.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Алексеев С.И. Коррозия и защита арматуры в бетоне. М., Стройиздат, 1966.
2. Баденов К.И. Технология бетона. М., "Высшая школа", 1978.
3. Бондара А.И., Браун В.Л., Мельниченко И.Р. Полимерные эпоксидные материалы. М., Стройиздат, 1979.
4. Девяко А.И. Бетон и железобетон в строительстве (переход к армированному). М., Стройиздат, 1980.
5. Гаврилов А.А. Коррозия и долговечность строительных материалов в строительстве. Учебное пособие, часть 1, МВУЗ ГИИЭР, Ташкент, 1979.
6. Гаврилов А.А., Тулитанов А.А. Разработка составов лакокрасочных материалов на основе электроосфорного глини, сборник научных трудов Ташкентского политехнического института, выпуск № 307, Ташкент, 1980.
7. Кондопольский В.С., Шкалько А.А., Рапопорт К.Б. Долговечность бетонов в работе с сухим жарким климатом в засоленных грунтах. "Изв.", УЗПИ, Ташкент, 1967.
8. Кудрявцев В.И. Коррозия цементно-бетона в гидротехнических сооружениях. Т. 1. Ленинград, Госстройиздат, 1966.
9. Кудрявцев В.И. Долговечность строительных материалов. М., "Высшая школа", 1979.
10. Мельниченко И.Р. Армирование бетона. М., Стройиздат, 1980.
11. Мельниченко И.Р., Гаврилов А.А., Алексеев С.И., Гаврилов В.А. Армирование бетона и железобетона, методы их защиты. М., Стройиздат, 1980.
12. Мельниченко И.Р., Луков А.И. Основы металлургии и теории сварки. М., "Высшая школа", 1978.
13. Луков А.И. по производству бетонных работ в условиях сухого жаркого климата. М., ИИЭТ, 1977.

14. Руководство по обеспечению сохранности арматуры в конструкциях из бетона на морских побережьях. М., НИИДБ, 1979.
15. Руководство по применению химических добавок в бетоне для гидротехнических сооружений в подкормочном строительстве. ВТР-С-2-78, Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР, Киев, 1979.
16. Слободяник И.Я. Строительные материалы и изделия, Киев, "Вида школа", 1973.
17. СНиП II-28-73. Защита строительных конструкций от коррозии. М., Стройиздат, 1974.
18. Справочник по химии цемента. Ленинград, Стройиздат, 1980.
19. Технология бетонных работ в условиях сухого жаркого климата. М., НИИДБ, 1979.
20. Чехов А.И. Коррозионная стойкость материалов. Ленинград, "Промінь", 1980.
21. Шестоперов С.В. Долговечность бетона. М., Автотрансиздат, 1960.
22. Вякоцелочные цементы, бетоны и конструкции. Тезисы докладов научной Всесоюзной конференции. Киев, 1979.
23. Яременко И.Г. Искра Л.И. Справочник по гидроизоляционным материалам. "Буд і величність", 1979.

О Г Л А В Л Е Н И Е

стр.

	ГЛАВА VI. ИСПОЛНИТЕЛЬСКОЕ ВОССТАВЛЕНИЕ ВОЛОК НА ДЛЯТО НАСТУПЬ ПИЩА	- 3
	§ 19. Золотой элемент бетона	- 3
	§ 20. Золотой элемент бетона и факторы на нее и ее долговечности	- 5
	§ 21. Золотой элемент бетона и факторы на нее влияние	- 9
	§ 22. Влияние термовлажностной обработки на свойства бетона	- 18
115	ГЛАВА VII. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ И ЗАЩИТЫ ОТ КАРКОЗИИ	- 20
	§ 23. Виды и свойства видов гидроизоляции	- 20
	§ 24. Вязкие материалы	- 22
	§ 25. Полимерные материалы для гидро- изоляции	- 26
	§ 26. Рулонные и листовые материалы	- 29
	§ 27. Порошковые материалы, мастики, наполняющие покрытия	- 32
	§ 28. Виды объемной и специальной гидроизоляции	- 39
	ГЛАВА VIII. ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛНЯЮЩИХ В СООБРАЩЕНИИ	- 43
	§ 29. Долговечность и стойкость древесных материалов	- 43
	§ 30. Долговечность полимеров	- 46
	§ 31. Полимерные материалы, применяемые для защиты от коррозии	- 48
113	ГЛАВА IX. ВЛИЯНИЕ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ БЕТОНА КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ	- 52
	§ 32. Производство бетона в жаркое время года	- 52
	§ 33. Производство бетона в холодное время года	- 57

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ	-62
№ 4 Использование комплексных химических добавок для бетонов стойких в водной среде	-62
№ 5 Работы составов шлакощелочных вяжущих для приготовления бетонов стойких в агрессивных средах	-68
№ 6. Определение коррозионной стойкости шлакощелочного цемента ускоренным методом	-71
№ 7. Определение сохранности арматуры в бетоне электрохимическим методом	-74
Литература	-18

Редактор: Сахань И.Г.

Р 05022 Подписано к печати 22 01 81 Заказ № 255
 Формат бумаги 60x84 1/16 Объем 5 н.л. Тираж 200 экз.
 Цена 50 коп.

Ротапринт ТашПИ, г.Ташкент. ул. Якуба Коласа, 16





Цена 50 коп.