ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ
МОСКОМАРХИТЕКТУРА

ПОСОБИЕ

к МГСН 2.09-03

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

2004

ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ
МОСКОМАРХИТЕКТУРА

П О С О Б И Е

к МГСН 2.09-03

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

2004

Предисловие

Настоящее Пособие по защите от коррозии бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений

1. Разработано:

Научно-исследовательским, проектно-конструкторским и технологическим институтом бетона и железобетона (НИИЖБ) - Руководитель работы доктор техн. наук, проф. Степанова В.Ф., ответственный исполнитель кандидат техн. наук Булгакова М.Г., исполнители кандидат техн. наук Розенталь Н.К., инж. Соколова С.Е.

В подготовке материала принимали участие: Научно-исследовательский институт транспортного строительства (ОАО ЦНИИС) - Евланов С.Ф., Рояк Г.С., Ласкина И.Г., НИЦ «Стройнаука» - Савин В.И., ЗАО «Триада-холдинг» - Шилин А.А., Золотарев И.А., Зайцев М.В., ГПУ «Мосэкомониторинг» - Симутникова Е.Г.

2. Подготовлено к утверждению и изданию Управлением перспективного проектирования, нормативов и координации проектно-изыскательских работ Москомархитектуры.

3. Утверждено и введено в действие приказом Москомахитектуры от 15.07.2004 г. № 109.

Настоящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Москомархитектуры.

Содержание

	Стр.
Введение	5
1. Область применения и общие положения	6
2. Нормативные ссылки	9
3. Степень агрессивного воздействия среды на элементы транспортных сооружений	13
4. Требования к материалам и конструкциям (первичная защита)	20
Технологические требования к бетону и его составляющим	20
Требования к стальной арматуре	25
Расчетно-конструктивные требования	27
5. Защита от коррозии поверхностей бетонных и железобетонных конструкций (вторичная защита)	31
6. Защита от коррозии поверхностей стальной арматуры, закладных деталей и связей	36
7. Защита от коррозии элементов конструкций в узлах сопряжений и деформационных швах	42
8. Защита от коррозии бетонных и железобетонных конструкций при реконструкции и ремонтно-восстановительных работах	51
9.Требования безопасности	58
Приложение 1. Перечень бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений и ориентировочный срок их службы	59
Приложение 2. Уровень загрязнения атмосферного воздуха на наиболее загруженных участках автомагистралей г. Москвы	60
Приложение 3. Противогололедные реагенты, применяемые на автомагистралях г. Москвы	61
Приложение 4. Лакокрасочные тонкослойные материалы для защиты железобетонных конструкций от коррозии и рекомендуемая область применния	62
Приложение 5. Лакокрасочные толстослойные композиции, комбинированные системы, пропиточно-кольматирующие защитные материалы и область их применения	64
Приложение 6. Технические характеристики некоторых рулонных гидроизоляционных материалов	67
Приложение 7. Эффективность различных защитных покрытий по ряду значимых показателей	68
Приложение 8. Материалы для защиты стальной арматуры и стальных закладных деталей и соединительных элементов	70
Приложение 9. Основные показатели и приборы для диагностических исследований	71
Приложение 10. Некоторые свойства материалов для заделки повреждений	75

Введение

Настоящее Пособие разработано к МГСН 2.09-03 «Защита от коррозии бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений», содержит материалы, детализирующие отдельные положения норм при новом строительстве, а также ряд положений, связанных с эксплуатацией, ремонтом и реконструкцией транспортных сооружений.

Пособие составлено на основе анализа последних достижений в области защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций применительно к условиям эксплуатации транспортных сооружений в городе Москве.

1. Область применения и общие положения

1.1. Настоящее пособие разработано в развитие МГСН 2.09-03 «Защита от коррозии бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений» и относится к городским транспортным сооружениям (мостам, путепроводам, эстакадам и тоннелям на автомобильных дорогах, подземным и надземным пешеходным переходам, плитам дорожных покрытий, элементам обустройства автомобильных дорог), которые проектируются и возводятся из бетонов на минеральных вяжущих в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01 «Бетонные и железобетонные конструкции», СНиП 2.05.02 «Автомобильные дороги», СНиП 2.05.03 и СНиП 3.06.04 «Мосты и трубы», СНиП 2.06.08 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений», МГСН 5.02 «Проектирование городских мостовых сооружений», СНиП 32-04 «Тоннели железнодорожные и автодорожные», СНиП 2.06.07 «Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения».

Пособие содержит материалы, детализирующие отдельные положения норм по защите от коррозии при новом строительстве, а также ряд положений, связанных с эксплуатацией, ремонтом и реконструкцией транспортных сооружений.

1.2. В Пособии не рассматриваются вопросы защиты от коррозии:

- конструкций сооружений железных дорог, метрополитенов и аэродромов;
- элементов для отвода сточных вод и прокладки коммуникаций;
- опор контактной сети и электроосвещения дорог;
- вызываемой блуждающими токами;
- бетонных и железобетонных конструкций из специальных бетонов (полимербетонов, кислотостойких, жаростойких бетонов).

1.3. Защита от коррозии подземной и подводной частей фундаментов, опор мостов, опор путепроводов, а также поверхностей конструкций подземных тоннелей и подпорных стенок, контактирующих с грунтом, выполняется в соответствии с требованиями СНиП 2.03.11, МГСН 2.08, СНиП 2.02.01.

1.4. При проектировании защиты от коррозии восстанавливаемых или реконструируемых сооружений следует учитывать материалы мониторинга и предусматривать выполнение работ по обследованию и анализу коррозионного состояния отдельных конструкций и их элементов, а также всего сооружения в целом.

1.5. Трубопроводы наземных коммуникаций с агрессивными веществами, проходящие по конструкциям транспортных сооружений, необходимо размещать в специальных каналах или коробах с доступом для систематического осмотра.

Сточные лотки, приямки, коллекторы городских коммуникаций, транспортирующие агрессивные жидкости, следует располагать на расстоянии не менее 1м от опорных частей конструкций транспортных сооружений.

1.6. Защита от коррозии бетонных и железобетонных конструкций осуществляется мерами первичной и вторичной защиты.

Первичная защита предусматривает сочетание определенных требований, предъявляемых непосредственно к материалам, из которых изготавливается конструкция, и к самой конструкции. Реализация этих требований в процессе проектирования и изготовления конструкций сооружений транспорта максимально гарантирует длительную эксплуатационную пригодность. Первичная защита выполняется на весь период эксплуатации конструкции.

Вторичная защита предусматривает мероприятия по защите от коррозии поверхностей бетонных и железобетонных конструкций со стороны непосредственного воздействия агрессивной среды, имеет ограниченный срок службы и должна возобновляться по истечении последнего.

К мерам первичной защиты относятся:

- применение материалов надлежащей коррозионной стойкости для бетона, инъекционных растворов, арматуры, неизвлекаемых каналообразователей и др.;
- применение добавок, повышающих коррозионную стойкость бетона и его защитную способность по отношению к стальной арматуре;
- подбор эффективных составов бетона;
- снижение проницаемости бетона различными технологическими приемами;
- применение технологических мер, повышающих качество бетона в процессе его изготовления и ухода, максимально устраняющих образование усадочных трещин, обеспечивающих надлежащее выполнение работ по инъецированию каналов с напрягаемой арматурой;
- сохранность материалов и конструкций в процессе транспортирования, хранения, монтажа;
- выбор вида и класса арматурных сталей;
- выбор рациональных геометрических очертаний и форм конструкций и их соединений;
- установление дополнительных ужесточающих требований к трещиностойкости и предельно допустимой ширине раскрытия трещин;
- принятие толщины защитного слоя бетона у арматуры с учетом проницаемости бетона, обеспечивающих сохранность арматуры;
- рассмотрение сочетания нагрузок с позиций допустимого длительного раскрытия трещин и т. п.

К мерам вторичной защиты относятся нанесение или устройство на поверхностях конструкций:

- лакокрасочных покрытий;
- пропиточно-кольматирующих составов;
- рулонных, листовых материалов;

- облицовочных материалов;
- мембран и т.п.

1.7. Заданный срок службы конструкций должен обеспечиваться прежде всего мерами первичной защиты. Вторичная защита применяется в том случае, когда предусмотренная первичная защита не в состоянии обеспечить сохранность конструкции во времени.

Перечень элементов конструкций транспортных сооружений и их ориентировочный срок службы, принятый с учетом данных МГСН 5.02, приведен в ***Приложении 1***.

1.8. Проектирование защиты строительных конструкций от коррозии в общих случаях выполняется в следующем порядке:

а) Устанавливается вид и характер агрессивных воздействий на элементы транспортных сооружений по анализу данных:

– геохимических характеристик грунтов и грунтовых вод в районе строительства;

– характеристик агрессивных компонентов (по виду и концентрации газов, твердых и жидких сред) в атмосфере окружающего воздуха и на горизонтальных поверхностях конструкций;

– по наличию в районе строительства зданий и сооружений с потенциальной возможностью загрязнения воздушной среды, грунтов и грунтовых вод и т.п.

б) На основании этих сведений устанавливается степень агрессивного воздействия среды к бетону и железобетону.

в) Для данного вида и степени агрессивного воздействия среды устанавливаются требования к исходным материалам для бетонных и железобетонных конструкций и дополнительные требования к элементам сооружения технологического и расчетно-конструктивного характера (первичная защита).

г) Выбирается вид и способ защиты от коррозии поверхностей конструкций и элементов (вторичная защита) в случаях, когда их долговечность на стадии проектирования не может быть обеспечена мерами первичной защиты.

Для сооружений транспорта, возводимых в г. Москве, условия эксплуатации по среде и оценка степени агрессивного воздействия среды к бетону и железобетону приведены в разделе 3, требования к исходным материалам для бетонных и железобетонных конструкций (первичная защита) – в разделе 4, вид и способы защиты от коррозии поверхностей конструкций (вторичная защита) – в разделе 5 настоящего пособия и в его приложениях.

1.9. Выбор способа защиты должен производиться на основании технико-экономического сравнения вариантов, исходя из минимума приведенных затрат, включающих расходы на возобновление защиты, текущий и капитальный ремонты конструкций и другие, связанные с эксплуатацией затраты.

1.10. Геометрические очертания конструкций и элементов и их соединения рекомендуется принимать такой формы, при которой исключается или уменьшается возможность скопления пыли и влаги.

1.11. Строительное сырье и материалы для защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций подлежат гигиенической оценке (экспертизе) с оформлением санитарно-эпидемиологического заключения на данный вид продукции.

1.12. Защита от коррозии поверхностей бетонных и железобетонных конструкций должна осуществляться с учетом требований по пожарной безопасности СНиП 21-01 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»

Выбор антикоррозионных материалов следует выполнять с учетом их пожарно-технических характеристик (пожарной опасности) и совместимости с огнезащитными материалами (см. раздел 9).

2. Нормативные ссылки

В настоящем пособии использованы ссылки на следующие нормативные документы:

1. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия.
2. СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений.
3. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции.
4. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии.
5. СНИП 3.04.03-85. Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии.
6. СНиП 2.05.02-92. Автомобильные дороги.
7. СНиП 2.05.03-84*. Мосты и трубы.
8. СНиП 2.06.07-87. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения.
9. СНиП 2.06.08-87. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.
10. СНиП 3.04.03-85. Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии.
11. СНиП 3.06.04-91. Мосты и трубы.
12. СНиП 21-01-97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
13. СНиП 23-01-99. Строительная климатология.
14. СНиП 32-04-97. Тоннели железнодорожные и автодорожные.
15. СНиП II-3-79**. Строительная теплотехника.
16. СНиП III-4-80 Техника безопасности в строительстве.
17. МГСН 5.02-99. Проектирование городских мостовых сооружений.
18. МГСН 2.09-03. Защита от коррозии бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений.
19. ГОСТ 12.1.044-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
20. ГОСТ Р 12.1.052-97. ССБТ. Паспорт безопасности вещества (материала). Основные положения.

21.ГОСТ 12.3.002-75. ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.
22.ГОСТ 12.3.005-75 ССБТ. Работы окрасочные. Общие требования безопасности.
23.ГОСТ 12.3.035-84. ССБТ. Строительство. Работы окрасочные. Требования безопасности.
24.ГОСТ 380-94. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.
25.ГОСТ 969-91. Цементы глинозёмистые и высокоглинозёмистые. Технические условия.
26.ГОСТ 3067-88*. Канат стальной двойной свивки типа ТК конструкции 6х9(1+6+2)+1х9(1+6+12). Сортамент.
27.ГОСТ 3068-88*. Канат стальной двойной свивки типа ТК конструкции 6х37(1+6+12+18)+1х37(1+6+12+18). Сортамент.
28.ГОСТ 3090-73*. Канаты стальные. Канат закрытый несущий с одним слоем зетообразной проволоки и сердечником типа ТК. Сортамент.
29.ГОСТ 5781-82. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций (с изменениями 1994г).
30.ГОСТ 6665-91. Камни бетонные и железобетонные бортовые. Технические условия.
31.ГОСТ 7348-81*. Проволока из углеродистой стали для армирования предварительно напряженных железобетонных конструкций.
32.ГОСТ 7675-73*. Канаты стальные. Канат закрытый несущий с одним слоем клиновидной и одним слоем зетообразной проволоки и сердечником типа ТК. Сортамент.
33.ГОСТ 7676-73*. Канаты стальные. Канат закрытый несущий с двумя слоями клиновидной и одним слоем зетообразной проволоки и сердечником типа ТК. Сортамент.
34.ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.
35.ГОСТ 8269.0-97. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний.
36.ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. Технические условия.
37.ГОСТ 9.039-74. ЕСЗКС. Коррозионная агрессивность атмосферы.
38.ГОСТ 9.301-86. Покрытия металлические. Общие требования.
39.ГОСТ 9.308-88. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля.
40.ГОСТ 9.407-84*. ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Методы оценки внешнего вида.
41.ГОСТ 9.909-86. Металлы, сплавы, покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы испытаний на климатических испытательных станциях.
42.ГОСТ 10060-95. Бетоны. Методы определения морозостойкости.
43.ГОСТ 10178-85*. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия.

44.ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
45.ГОСТ 10884-94. Сталь арматурная термомеханически упрочнённая для железобетонных конструкций.
46.ГОСТ 12004-81. Сталь арматурная. Методы испытаний на растяжение.
47.ГОСТ 12.1.016-79*.ССБТ. Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентрации вредных веществ.
48.ГОСТ 12730.3-78. Бетоны. Метод определения водопоглощения.
49.ГОСТ 12730.5-84*.Бетоны. Методы определения водонепроницаемости.
50.ГОСТ 13015.0. Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. Общие технические требования.
51.ГОСТ 13840-68*. Канаты стальные арматурные 1х7. Технические условия.
52.ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы контроля качества.
53.ГОСТ 15140-78*. Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии.
54.ГОСТ 17608-91. Плиты бетонные тротуарные. Технические условия.
55.ГОСТ 17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.
56.ГОСТ 17625-83. Конструкции и изделия железобетонные. Радиационный метод определения толщины защитного слоя бетона, размеров и расположения арматуры.
57.ГОСТ 18105-86. Бетоны. Правила контроля прочности.
58.ГОСТ 21924-84. Плиты железобетонные для покрытия городских дорог. Технические условия.
59.ГОСТ 22266-94. Цементы сульфатостойкие. Технические условия.
60.ГОСТ 22690-87. Бетон тяжелый. Метод определения прочности эталонным молотком Кашкарова.
61.ГОСТ 22783-77. Бетоны. Методы ускоренного определения прочности на сжатие.
62.ГОСТ 22904-93. Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения защитного слоя бетона и расположения арматуры.
63.ГОСТ 23732-79. Вода для бетонов и растворов. Технические условия.
64.ГОСТ 24211-03. Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия.
65.ГОСТ 26134-84*. Бетоны. Ультразвуковой метод определения морозостойкости.
66.ГОСТ 26633-91. Бетон тяжелый и мелкозернистый. Технические условия.
67.ГОСТ 28570-90. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций.
68.Временная инструкция по технологии зимней уборки проезжей части улиц и проездов с применением химических противогололедных реагентов и щебня фракции 2-5мм УЖКХ Правительства Москвы, 2002г.
69.Руководство по устранению дефектов и лечению трещин в крупноразмерных железобетонных конструктивных элементах транспортных сооружений. ЦНИИС, Москва, 2002г.

70.ПОТ РМ 017-2001. Межотраслевые правила по охране труда при окрасочных работах.
71.ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.
72.СТО АСЧМ 7-93. Прокат периодического профиля из арматурной стали.
73.EN 10138 «Европейские нормы проектирования. Напрягаемая арматура», ч.1. Общие положения; ч.2 Проволока; ч.3. Канаты (стренды).
74. EN 13391. Mechanical tests and reguirements for post- tensioning sistems.
75.Пособие по проектированию защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций (к СНИП 2.03.11-85)/НИИЖБ.-М.:ЦИТП, 1989.
76. Руководство по определению и оценке прочности бетона в конструкциях зданий и сооружений/ ЦНИИСК им. Кучеренко, НИИЖБ. – М.: Стройиздат. 1979.
77. Руководство по определению прочности бетона в изделиях и конструкциях методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 21243-75. – М.: Стройиздат, 1977.
78. Руководство по ультразвуковому контролю качества сварных стыковых и тавровых соединений арматуры и закладных деталей железобетонных конструкций/ НИИЖБ, МВТУ им. Баумана. – М., 1981.
79. Рекомендации по контролю железобетонных конструкций неразрушающими методами/ Оргтехстрой. – М., 1989.
80. Рекомендации по методам определения коррозионной стойкости бетона/ НИИЖБ. – М., 1988.
81. Рекомендации по натурным обследованиям железобетонных конструкций/ НИИЖБ. – М., 1972.
82.ММ7-83. Защита от коррозии в строительстве/СЭВ. – М.,1983.
83.Рекомендации по определению прочности бетона эталонным молотком Кашкарова /М., Стройиздат, 1985.
84. Методические рекомендации по обследованию коррозионого состояния арматуры и закладных деталей в железобетонных конструкциях/НИИЖБ. – М.,1978.
85. Методические рекомендации по усилению железобетонных конструкций на реконструируемых предприятиях/НИИСП.- Киев,1984.
86. Рекомендации по проектированию усиления железобетонных конструкций зданий и сооружений реконструируемых предприятий. Надземные конструкции и сооружения/М., Стройиздат, 1992.
87. Технические рекомендации по применению преобразователя ржавчины ИФХАН-58ПР для модификации продуктов коррозии на поверхности арматурных сталей и стальных элементов железобетонных конструкций
88. Техническая инструкция на применение цинкнаполненных композиций ЦИНОЛ и ЦИНОТАН для защиты от коррозии стальных закладных деталей, соединительных элементов и гибких связей железобетонных конструкций жилых, гражданских и общественно-бытовых зданий.

3. Степень агрессивного воздействия среды на элементы транспортных сооружений

3.1. Оценка степени агрессивных воздействий среды на элементы сооружений производится с учетом климатических характеристик района строительства в соответствии со СНиП 2.03.01, СНиП II-3 и вида агрессивной среды. Согласно СНиП II-3 Москва относится к «нормальной» зоне влажности. Однако для конструкций мостов через реки города, а также сооружений, располагающихся в низинах или в непосредственной близости к водоемам с большим зеркалом воды, условия по влажности соответствуют «влажной» зоне.

3.2. Строительные конструкции и элементы сооружений транспорта города Москвы подвергаются воздействию:

– газообразной среды в виде загрязненной атмосферы окружающего воздуха;

– твёрдой среды в виде пыли и грязи, осаждающихся на наружных поверхностях конструкций;

– жидкой среды в виде атмосферных осадков с учетом растворения в них агрессивных веществ из воздуха и с поверхности грунта и конструкций, в том числе противогололедных реагентов, моющих средств, применяемых при уборке конструкций и т.п.

3.3. Агрессивность *газообразных* сред для бетонных и железобетонных транспортных сооружений обусловлена загрязнениями за счет выбросов автомобильного транспорта (~90%) и агрессивными компонентами, содержащимися в окружающем воздухе (водорастворимые диоксиды серы, азота, углерода и пыль сложного химического состава), из которых значительную часть составляют выбросы объектов теплоэнергетики. Наибольшие концентрации загрязнений воздушного бассейна города характерны для наиболее загруженных участков Садового кольца, Третьего транспортного кольца, вылетных магистралей и в тоннелях, особенно на конечных участках тоннелей.

Данные по уровню загрязнений атмосферного воздуха на автотрассах города и на прилегающих к ним территориях за 2002-2004гг. приведены в ***Приложении 2***. Представленные в приложении усредненные значения базируются на результатах Единой системы экологического мониторинга, выполняемого в городе посредством систематических замеров автоматическими стационарными станциями контроля (АСКЗ), передвижной лаборатории и данных метеостанций МГУ.

Тенденция увеличения загрязнения воздушного бассейна города вследствие выбросов автомобильного транспорта сохраняется.

В соответствии со СНиП 2.03.11 агрессивные газы в зависимости от вида и концентрации подразделяются на четыре группы – А, В, С и Д.

В районах расположения автомагистралей города концентрации в воздухе диоксида углерода относятся к группе газов А, а диоксида азота и серы – к группе В. По отношению к бетону упомянутые газообразные среды не аг-

рессивны, так как не образуют кальциевых солей при взаимодействии с составляющими цементного камня, приводящих к коррозии бетона.

По отношению к стальной арматуре в железобетоне оксид азота и диоксид углерода во влажных условиях (например при высокой влажности воздуха, при воздействии атмосферных осадков в виде дождя и мокрого снега и т.п.) могут быть агрессивны, так как при растворении создают кислую среду, нейтрализующую щелочность бетона, что приводит сначала к депассивации стальной арматуры, а затем к развитию процессов коррозии.

3.4. Агрессивность ***твердых*** сред для бетонных и железобетонных транспортных сооружений обусловлена наличием взвешенных веществ, содержащих сернистые и др. химически активные соединения; пыли и грязи, сорбирующих агрессивные компоненты из воздуха, с поверхности земли и дорожных покрытий; частиц противогололёдных реагентов, наносимых в зимнее время на поверхности дорожных покрытий и тротуаров.

Перечень применяемых противогололедных реагентов с указанием компонентов, влияющих на коррозионное состояние бетона и железобетона, приведено в ***Приложении 3***.

Твердые среды агрессивны по отношении к бетону и железобетону только в присутствии жидкой, туманообразной, пленочной или сорбированной влаги.

Поэтому к ***жидким*** средам, помимо дорожных моющих средств и нефтепродуктов (проливы жидкого топлива и масел), относятся также растворы твердых веществ из воздуха и противогололёдных реагентов.

Для конструкций транспортных сооружений агрессивность к бетону твердых и жидких сред проявляется прежде всего в условиях наличия испаряющих поверхностей (нижние наземные части опор эстакад, путепроводов, тоннелей и подпорных стенок, опоры мостов в зоне переменного уровня воды и т.п.). Это провоцирует возникновение сложного вида физической коррозии бетона III вида:

- образование и накопление в порах бетона малорастворимых солей, характеризующихся увеличением объема при переходе в твердую фазу;
- давление в порах бетона при переходе в лед замерзающей воды и растворов солей при воздействии знакопеременных отрицательных температур (в осенний, зимний и весенний периоды времени года), что зачастую приводит к раннему размораживанию бетона.

Агрессивность твердых и жидких сред по отношению к стальной арматуре железобетонных конструкций определяется доступом через трещины и пористую структуру защитного слоя бетона атмосферной влаги и растворов агрессивных солей (особенно хлорсодержащих) к поверхностям арматуры, в результате чего развиваются процессы коррозии арматуры.

3.5. Степень агрессивного воздействия среды определяется сочетанием условий эксплуатации по температуре и влажности (включая попеременное замораживание и оттаивание) с агрессивными воздействиями окружающей среды.

По сочетанию различных условий эксплуатации по окружающей среде все бетонные и железобетонные элементы конструкций автодорог могут быть подразделены на три категории (категории условий эксплуатации), в соответствии с которыми оценивается степень агрессивного воздействия среды.

К ***первой категории*** (1) следует относить конструкции и их элементы, которые в процессе эксплуатации защищены от непосредственного попадания атмосферных осадков, но при этом подвержены воздействию наружной температуры и влажности окружающего воздуха и агрессивных газов. К конструкциям первой категории можно отнести элементы стен и перекрытий протяженных (более 60 м) тоннелей, путепроводов,конструкций, находящихся в закрытой части подземных и наземных переходов, не подвергающиеся воздействию жидкостей с проезжей части дорог, в том числе заносимых колесами автотранспорта.

Ко ***второй категории*** (2) следует относить все конструкции и их элементы, эксплуатирующиеся на открытом воздухе, которые подвержены воздействию атмосферных осадков и агрессивных газов, за исключением конструкций и их элементов, отнесенных к третьей категории.

К ***третьей категории*** (3) следует относить конструкции и их элементы, эксплуатирующиеся на открытом воздухе, подвергающиеся воздействию атмосферных осадков и агрессивных газов и имеющих контакт с твердыми и жидкими агрессивными средами, а также элементы конструкций, на которые непосредственно попадают загрязнения с колес автотранспорта. К третьей категории относятся: дорожные покрытия из монолитного и сборного бетона и железобетона, нижние части подпорных стенок, опоры эстакад и путепроводов, стен тоннелей (на участках, примыкающих к портальной части), большая часть элементов обустройства автомобильных дорог, а также опоры мостов в зоне переменного уровня воды, наружные грани плит и крайних балок пролетных строений.

Принадлежность элементов конструкций к категории условий эксплуатации приведена в **Таблице 3.1.**

3.6. Агрессивность воздействия среды эксплуатации как по отношению к бетону, так и по отношению к стальной арматуре, во многом определяется степенью непроницаемости бетона. Для любых конструкций транспортных сооружений, находящихся на открытом воздухе, марка бетона по водонепроницаемости должна приниматься не менее W4.

Оценка агрессивности среды по отношению к бетону и железобетону элементов конструкций транспортных сооружений произведена с учетом комплексного воздействия газообразных, твердых и жидких сред в сочетании с воздействием циклического замораживания и оттаивания при температурах, соответствующих климатической зоне города Москвы.

Степень агрессивного воздействия комплексных сред приведена в **Таблице 3.2** с привязкой к категориям условий эксплуатации по среде Минимальные марки бетона по водонепроницаемости при данной оценке находятся в интервале W4 – W8. Требуемые значения минимальных марок бетона по

Таблица 3.1

Принадлежность элементов конструкций к категории условии эксплуатации

Сооружение	Конструкции сооружения и их составные части	Местоположение участков	Категория условий эксплуатации (по п. 3.5)
1	2	3	4
Мосты	Опоры	На открытом воздухе, под водой	2
		В зоне переменного уровня воды[1)]	3
	Ригели, пролетные строения		2
	Плита проезжей части и элементы водоотвода		3
	Подпорные стенки	На открытом воздухе	2
		В зоне контакта с жидкой средой[2)]	3
Путепроводы, эстакады	Опоры	На открытом воздухе	2
		В зоне контакта с жидкой средой[2)]	3
	Ригели, пролетные строения		2
	Плита проезжей части		3
	Подпорные стенки	На открытом воздухе	2
		В зоне контакта с жидкой средой[2)]	3
	Лестничные сходы		3

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
Тоннели	Стены, перекрытия, колонны	Внутри протяженных тоннелей[3)]	1
		На участках, примыкающих к портальной части:	
		- на открытом воздухе	2
		- в зоне контакта с жидкой средой[2)]	3
	Плита проезжей части	Внутри протяженных тоннелей[3)]	2
		На участках, примыкающих к портальной части[4)]	3
Наземные автомагистрали	Плита дорожного покрытия	Однослойная или верхний слой покрытия	3
Подземные переходы (пешеходные сооружения тоннельного типа)	Стенки, лестничные сходы	Внутри протяженных переходов[3)]	1
		На участках, примыкающих к выходам:	
		- на открытом воздухе	2
		- в зоне контакта с жидкой средой[2)]	3
	Ригели, плита покрытия	Внутри протяженных переходов[3)]	1
		На участках, примыкающих к выходам	2

Продолжение таблицы 3 1

1	2	3	4
Закрытые надземные переходы (пешеходные мосты)	Опоры	На открытом воздухе	2
		В зоне контакта с жидкой средой[2)]	3
	Пролетные строения, ригели		2
	Плита пешеходной части		2
	Лестничные сходы		2, 3
Элементы обустройства автомобильных дорог	Дорожные ограждения (наружные ограждения и ограждения разделительных полос - блоки и плиты ограждений, сигнальные столбики, бортовые камни, тротуарные блоки), карнизы, водоотводные лотки и др.		3
	Шумозащитные экраны	На открытом воздухе	2
		В зоне контакта с жидкой средой[2)]	3

Примечания

1) За зону переменного уровня воды для опор мостов принимается участок опоры, располагающийся от 0,5 м ниже уровня промерзания воды до 1,0 м выше верхнего уровня ледохода.

2) За зону контакта с жидкой средой принимаются участки конструкций, располагающиеся на высоте до 1,5 м от горизонтальной поверхности проезжей или пешеходной части.

3) К протяженным тоннелям и подземным переходам относятся сооружения длиной соответственно более 60 м и 30 м.

4) За участки тоннелей, примыкающих к портальной части и подземных переходов, примыкающих к входам и выходам, принимаются части сооружений, протяженностью не менее 20 м и 10 м соответственно.

водонепроницаемости рассматриваются в разделе "Требования к материалам и конструкциям".

Таблица 3.2

Степень агрессивного воздействия комплексной среды

Категория условий эксплуатации (по п. 3.5)	Степень агрессивного воздействия среды к бетону и железобетону конструкций в зоне влажности			
	нормальная		влажная	
	к бетону	к железобетону	к бетону	к железобетону
1	неагрессивная	слабоагрессивная	неагрессивная	слабоагрессивная
2	неагрессивная	слабоагрессивная[1)]	слабоагрессивная[2)]	среднеагрессивная
3	сильноагрессивная			

1) На участках протяженных тоннелей, примыкающих к портальной части, воздействие среды - среднеагрессивное.

2) С учетом влияния знакопеременных температур на влажный бетон, находящийся на открытом воздухе.

Степень агрессивного воздействия сред для конструкций из бетонов марок по водонепроницаемости W10 и выше, относящихся к 1 и 2 категориям условий эксплуатации, может понижаться по сравнению с данными Таблицы 3.2 в зависимости от применяемых бетонов и степени их изученности

3.7. В случаях, когда части одной конструкции эксплуатируются в разных условиях агрессивного воздействия среды, степень агрессивного воздействия для всей конструкции целесообразно принимать по наиболее агрессивной среде.

Такие случаи характерны для большой части конструкций транспортных сооружений. Так, например, воздействию сильноагрессивных жидких сред, относящихся к третьей категории по среде эксплуатации, подвержены только нижние части опор эстакад и путепроводов, подпорных стенок, участки стен открытых конструкций лестничных сходов в подземные переходы и т п.). Участки конструкций, на которые воздействуют сильноагрессивные жидкости, составляют, как правило, порядка 1,0-1,5м от верха проезжей или пешеходной части. В то же время, выше лежащие части упомянутых конструкций находятся в условиях воздействия слабо- или среднеагрессивной среды.

При выборе решения о защите конструкций (выполнять ли всю конструкцию или только ее часть с повышенными требованиями, обеспечивающими защиту в сильноагрессивной среде) следует руководствоваться эконо-

мической целесообразностью, исходя из показателей, характеризующих технологичность, стоимость и трудоемкость материалов и работ, установленных межремонтных сроков службы конструкций.

4. Требования к материалам и конструкциям (первичная защита)

Первичная защита реализуется посредством выполнения требований технологического и расчетно-конструктивного характера, а также мероприятиями, перечень которых приведен в п.1.6 настоящего пособия.

Технологические требования к бетону и его составляющим

4.1. Бетонные и железобетонные конструкции транспортных сооружений должны изготавливаться из материалов, обеспечивающих их коррозионную стойкость на весь расчетный срок службы при своевременном возобновлении защиты поверхностей конструкций, если таковая предусмотрена нормами или проектом.

Срок службы бетонных или конструктивно-армированных элементов обустройства автомобильных дорог (сигнальные столбики, бортовые камни и др.) и дорожных покрытий, относящихся к 3 категории условий эксплуатации, должен обеспечиваться мерами первичной защиты.

4.2. Требования к материалам для приготовления бетона.

В качестве вяжущего для бетона рекомендуется применять портландцемент по ГОСТ 10178, с содержанием трехкальциевого алюмината не более 8%. Массовая доля щелочных оксидов (Na_2O+K_2O) в пересчете на Na_2O ($Na_2O+0{,}658\ K_2O$) не должна превышать 0,6%.

Допускается также применение цементов (вяжущих) низкой водопотребности ЦНВ (ВНВ) с содержанием минеральных добавок не более 10%-15%, цементов в сочетании с добавками органо-минеральных композиций серии «МБ» и «ЭМБЭЛИТ», напрягающих и безусадочных цементов и других вяжущих, приготовленных на цементной основе. При этом необходимо соответствие этих материалов утвержденным документам на них и наличие данных по обеспечению коррозионной стойкости и морозостойкости бетона на указанных вяжущих и стойкости арматуры в этих бетонах. Более подробные сведения о бетонах с повышенными эксплуатационными свойствами приведены в п. 4.3.6 настоящего пособия.

В качестве мелкого заполнителя должен применяться песок, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 26633 и ГОСТ 8736.

В качестве крупного заполнителя должен применяться фракционированный щебень из изверженных горных пород, гравий и щебень из гравия, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 26633 и ГОСТ 8267,.

Химические добавки, вводимые в бетонную смесь, должны удовлетворять требованиям ГОСТ 26633 и ГОСТ 24211.

Вода для приготовления бетонной смеси должна соответствовать требованиям ГОСТ 23732.

4.3. Бетон для конструкций транспортных сооружений должен отвечать требованиям ГОСТ 26633, а также соответствующих стандартов и технических условий на конструкции и изделия.

Коррозионная стойкость бетона и железобетона существенно зависит от его проницаемости, основным показателем которой является марка бетона по водонепроницаемости, оцениваемая методами ГОСТ 12730.5.

4.3.1. Марка бетона по водонепроницаемости конструкций транспортных сооружений, контактирующих с агрессивными средами, принимается не ниже значений, приведенных в **Таблице 4.3.**

Для конструкций с повышенными требованиями к непроницаемости, (несущие и ограждающие конструкции тоннелей, подземных переходов тоннельного типа и облицовки), независимо от степени агрессивного воздействия среды, марка бетона по водонепроницаемости принимается не менее W12.

Для бетона элементов обустройства автомобильных дорог и водоотводных лотков марку бетона по водонепроницаемости следует принимать не менее W6.

4.3.2. Марка бетона по морозостойкости назначается в зависимости от жесткости режимов эксплуатации по среде с учетом среднемесячной температуры наиболее холодного месяца ($-10{,}2^0$ С для г. Москвы). Минимальные значения марок бетона по морозостойкости железобетонных конструкций толщиной до 0,5 м приведены в **Таблице 4.1.**

Марка бетона по морозостойкости массивных бетонных конструкций (толщиной более 0,5 м) 1 и 2 категорий условий эксплуатации принимается соответственно не менее F100* и F200*, а конструкций массивных бетонных опор мостов в зоне переменного уровня не менее F200**.

4.3.3. Требования к маркам бетона по водонепроницаемости и морозостойкости должны быть не менее значений, указанных в действующих нормативных документах (см. п. 1.1).

Бетоны конструкций транспортных сооружений, подвергающихся воздействию воды или растворов солей и знакопеременных температур (3 категория условий эксплуатации), следует изготавливать с обязательным применением воздухововлекающих или газообразующих добавок, а также комплексных добавок на их основе. Объем вовлеченного или выделяющегося воздуха в бетонной смеси для изготовления конструкций и изделий должен соответствовать значениям, указанным в ГОСТ 26633.

4.3.4. Выравнивающий и защитный слои мостового полотна пролетных строений рекомендуется выполнять из мелкозернистого бетона класса по прочности не ниже В25, водонепроницаемостью не ниже W6. Морозостойкость защитного слоя должна быть не ниже F300** (см. примечания к Таблице 4.1).

4.3.5. Химические добавки, вводимые в состав бетонных смесей, должны быть не токсичны и не вызывать загрязнений окружающей среды.

Не допускается введение хлористых солей в состав бетона для железобетонных конструкций с напрягаемой и ненапрягаемой арматурой, бетонов,

Таблица 4.1

Минимальные марки бетона железобетонных конструкций по морозостойкости

Категория условий эксплуатации (по 3.5)	Минимальная марка бетона по морозостойкости[1)]	Примечания
1	F100*	-
2	F300*	-
3	F300** F200** F200**	- для несущих конструкций, - для элементов обустройства автомобильных дорог, - для дорожных покрытий (однослойных или верхнего слоя многослойных)

1). * Марки бетона по морозостойкости указаны применительно к испытаниям по первому базовому методу ГОСТ 10060;

** Марки бетона по морозостойкости указаны применительно к испытаниям по второму базовому методу ГОСТ 10060 для бетона дорожных и аэродромных покрытий.

выравнивающих и защитных растворов, растворов для инъецирования каналов или для замоноличивания швов и стыков армированных конструкций, равно как и в состав вяжущего и воды затворения.

4.3.6. Бетоны повышенных эксплуатационных свойств.

В конструкциях транспортных сооружений рекомендуется применение бетонов с повышенными эксплуатационными свойствами, которые достигаются различными приемами большей частью технологического характера.

Такие бетоны могут быть получены при применении поликомпонентных модификаторов серии «МБ», к которым относяться:

- Модификатор бетона МБ-01 (ТУ 5743-073-46854090-98),
- Модификатор бетона МБ-С (ТУ 5743-083-46854090-98),
- Модификатор бетона «Эмбэлит» (ТУ 5870-176-46854090-04).

Модификаторы предназначены для применения в тяжелых и мелкозернистых бетонах и представляют собой порошкообразные композиционные материалы на органо-минеральной основе полифункционального действия. Их минеральная часть представлена микрокремнеземом (для МБ-01), смесью микрокремнезема с кислой золой-уноса (для МБ-С), термообработанным каолином, гипсом или их смесью с кислой золой-уноса и микрокрем-

неземом (для Эмбэлит), а органическая часть – суперпластификатором С-3 или его смесью с регуляторами твердения.

В соответствии с техническими условиями разные типы модификаторов подразделяются на марки. Маркировка модификаторов отражает их состав по процентному содержанию суперпластификатора в массе продукта и составляющие минеральной части.

Выбор марки, вида и дозировки модификатора зависит от цели его применения. Пластифицирующая способность «МБ» возрастает с увеличением в его составе дозировки суперпластификатора, а эксплуатационные характеристики бетонов зависят от сочетания и количества различных компонентов в минеральной части «МБ».

Модификаторы серии «МБ» позволяют получать высокопрочные бетоны с кубиковой прочностью 40-100 МПа (классы В30-В80) и выше, в т.ч с высокой ранней прочностью при нормальном хранении – до 40 МПа в возрасте 1 суток.

Применение модификаторов «МБ» в бетонах на обычных портландцементах М400 или М500 и обычных заполнителях из твердых пород обеспечивают нерасслаиваемость и сохраняемость высокоподвижных смесей (марок по удобоукладываемости П4-П5) и высокие эксплуатационные свойства бетонов.

Основой улучшения свойств бетонов является их высокая непроницаемость (марка по водонепроницаемости W12-W20 и выше) и низкая реакционная способность модифицированного цементного камня по отношению ко многим компонентам агрессивной среды, которые определяют повышение целого ряда показателей бетона.

Ниже представлены свойства бетонов, характеризующие их высокое качество, на примере бетонов с ***МБ-01 и МБ-С***.

Так, применение упомянутых модификаторов повышает:

- непроницаемость бетона для воды и газов, в том числе для растворов хлористых солей;
- морозостойкость,
- сульфатостойкость и кислотостойкость;
- защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре и т д

Введение в состав бетонов модификаторов без структурообразующих добавок обеспечивает марку бетона по морозостойкости на уровне F200 - F300. Совместное применение модификатора и структурообразующих добавок позволяет получать бетоны с высокими марками по морозостойкости: F600 – F1000 (по первому базовому методу ГОСТ 10060).

Высокая непроницаемость модифицированных бетонов, изготовленных на среднеалюминатном портландцементе, в определенных случаях обеспечивает такую же степень сульфатостойкости, какой обладают бетоны, изготовленные на низкоалюминатном (сульфатостойком) портландцементе.

Наличие модификаторов в составе бетона препятствует взаимодействию щелочей цемента с реакционноспособным кремнеземом заполнителя; при дозировке модификатора в количестве до 20% от массы цемента бетон обладает надежной пассивирующей способностью по отношению к стальной арматуре. При дозировках выше 20% следует применять ингибиторы коррозии стали.

Основным преимуществом бетонов с модификаторами *Эмбэлит* является компенсация усадки бетонов за счет использования компонентов расширяющего действия (каолин и гипс) в составе модификатора. Снижение деформаций усадки особенно важно для мелкозернистых бетонов, для конструкций и сооружений большой протяженности (основание дорог и бетонные дорожные покрытия), а повышение усадочной трещиностойкости – для сооружений повышенной непроницаемости, таких как трубы и тоннели и т.п.

Эксплуатационные характеристики бетонов возрастают с увеличением доли расширяющей композиции в составе минеральной части.

Для получения бетонов с компенсированной усадкой оптимальная дозировка модификатора в зависимости от его марки составляет от 10 до 20%..

Наряду с пластифицирующим, стабилизирующим и водоудерживающим действием на бетонные смеси Эмбэлит улучшает перекачиваемость и стабильность консистенции бетонных смесей во времени.

При возведении массивных конструкций применение модификатора способствует понижению тепловыделение бетона.

Важным дополнительным положительным фактором производства и применения модификаторов «МБ» является решение экологической проблемы – утилизация пылевидных отходов ферросплавных производств и тепловых электростанций.

Применение модификаторов серии «МБ» не требует специального оборудования, а процессы приема, хранения и подачи материала укладываются в обычные схемы, существующие на заводах для цемента.

Степень агрессивного воздействия газообразных сред на бетон, изготовленный с модификаторами «МБ», при наличии обоснования, возможно принимать на ступень ниже по сравнению с данными, приведенными в МГСН 2.09.

За счет низкой проницаемости бетонов в ряде случаев возможно отказаться от поверхностной защиты бетона конструкций.

Бетоны с модификаторами серии «МБ» применены при строительстве транспортных тоннелей, путепроводов, мостов и на других крупных объектах города Москвы.

4.3.7. Основными техническими требованиями к растворам для инъецирования каналов в преднапряженных конструкциях с натяжением на бетон являются текучесть, оседание (уменьшение объема), морозостойкость и прочность.

Ведущим фактом, характеризующим степень надежности защиты от коррозии напрягаемой арматуры, является полнота заполнения каналов раствором, определяемая во многом величиной оседания, которая не должна превышать 2%.

Обеспечение текучести и оседания достигается применением в инъекционных растворах пластифицирующих, воздухововлекающих и газообразующих добавок. Рекомендуется введение в раствор отечественных добавок типа ЛСТП, ЛСТЕ и импортных добавок Tricosal и Flow Cable.

Прочность раствора в возрасте 7 суток должна составлять не менее 20Мпа, а в возрасте 28 суток - не менее 30Мпа.

Для заполнения каналов необходимо выбирать материалы и добавки для растворов, не вызывающие наводораживания предварительно напряженной арматуры в процессе твердения и эксплуатации.

Для обеспечения морозостойкости растворов для каналов с бетонными стенками рекомендуется принимать водоцементное отношение не более 0,45, а с металлическими или полимерными стенками – не более 0,40.

Требования к стальной арматуре

4.4. В железобетонных конструкциях транспортных сооружений применяются отечественные арматурные стали по ГОСТ 380, ГОСТ 3067, ГОСТ 3068, ГОСТ 3090, ГОСТ 5781, ГОСТ 7348, ГОСТ 7675, ГОСТ 7676, ГОСТ 10884, ГОСТ 13840, СТО АСЧМ 7. Допускается применение зарубежной арматуры по EN 10138.

Железобетонные конструкции транспортных сооружений армируются:

- стержневой, проволочной и канатной стальной арматурой самозаанкеривающейся в бетоне или с дополнительной анкеровкой в виде различного рода анкерных устройств;
- стальными арматурными элементами, не имеющими сцепления с бетоном конструкций, располагающимися в каналах или вне конструкций – моностренды (одиночные канаты) или пучки из монострендов.

По степени опасности коррозионного повреждения арматурные стали подразделяются на три группы - I, II и III. Распределение видов арматурной стали по группам и принципиальная возможность их применения в различных категориях условий эксплуатации приведены в **Таблице 4.2.** Однако для определенных видов конструкций или элементов транспортных сооружений существуют ограничения по применимости отдельных видов и классов стальной арматуры.

Для предварительно напряженных железобетонных мостовых конструкций наиболее востребованными являются отечественные семипроволочные канаты К-7 из проволоки номинальным диаметром 5,0 мм, канаты К-7 диаметром 15,2 мм и зарубежные канаты по EN 10138 диаметром 15,2 мм и 15,7 мм повышенной прочности.

Таблица 4.2

Условия применения различных групп арматурных сталей

Группа стали	Класс арматурной стали[1)]	Категория условий эксплуатации (по п. 3.5)
I	А240, А300, А400, А500С$_{(гк)}$, А550В, А600, Ат600К, В-I, Вр-I	1, 2, 3
	А400С$_{(тм)}$, А500С$_{(тм)}$[3)], А500С$_{(хд)}$[3)], Ат600С	1, 2[2)], 3[2)]
II	Ат800К, Ат1000К В-II, Вр-II, К7, К19	1, 2, 3
III	А800, А1000, Ат800[3)], Ат1000 В-II, Вр-II, К7, К19 - при диаметре проволок менее 3,5 мм	1, 2

1) Значения индексов стержневых арматурных сталей:

"С" - стержневая арматура свариваемая (гк - горячекатаная, тм -термомеханически упрочненная, хд – холоднодеформированная);

"В" - стержневая арматура упрочненная вытяжкой;

"т" - стержневая арматура термомеханически упрочненная;

"К" - стержневая арматура термомеханически упрочненная, стойкая против коррозионного растрескивания.

2)В средне- и сильноагрессивной среде допускается к применению при экспериментальном обосновании.

3) Не рекомендуется к применению в ненапрягаемых элементах мостов без предварительного согласования с ОАО НИЦ Мосты.

Для предварительно напряженных конструкций пролетных строений мостов не следует применять проволоку класса ВII и ВрII диаметром менее 3,5 мм, в том числе для канатов.

4.4.1. В процессе поставки, транспортирования, хранения, производства работ с арматурной сталью, готовыми арматурными элементами (ненапрягаемыми и напрягаемыми), закладными изделиями, анкерными и соединительными устройствами необходимо исключать попадание на поверхности влаги, грязи, масел, агрессивных к стали веществ и наличие механических или коррозионных повреждений.

Арматурная сталь перед бетонированием не должна иметь коррозионных повреждений в виде слоистой ржавчины и язв. Допускается к применению ненапрягаемая арматура с легким налетом ржавчины (не более 100 мкм) и напрягаемая арматура с налетом ржавчины, легко удаляемой мягкой тканью.

Условия хранения напрягаемой арматуры, поставляемой без консервации и упаковки, следующие:

- для стержневой арматуры в ненапряженном состоянии - в закрытом помещении при относительной влажности воздуха не более 75%;

- для бухт или мотков канатов и проволоки - на стеллажах в горизонтальном положении, исключая контакт с бетонным полом, и без многократного перемещения арматуры с холода в тепло;

- срок хранения в ненапряженном состоянии с момента изготовления арматуры до натяжения не более 12 месяцев, а в напряженном состоянии до антикоррозионной защиты для стержневой арматуры, проволоки, арматурных канатов из параллельных проволок – не более 30 суток; для канатов (К-7, К-19) при диаметре проволок ≥ 3,5 мм – не более 15 суток.

Для напрягаемой арматуры, поставляемой с надежной консервационной защитой и в водонепроницаемой упаковке, при тех же условиях хранения, сроки хранения, включая напряженное состояние, могут быть пролонгированы.

4.4.2. В случае коррозионных повреждений и при нарушении указанных выше условий хранения арматурная сталь перед установкой в конструкцию проверяется на соответствие требованиям ГОСТов по следующим показателям - временное сопротивление при разрыве ($\sigma_в$), условный предел текучести ($\sigma_{0,2}$), относительное удлинение при разрыве (ε), число перегибов (n), а при наличии требований стандарта - на стойкость против коррозионного растрескивания и усталостную прочность (при расчете конструкций или отдельных элементов на выносливость).

Непосредственно после натяжения и инъецирования высокопрочной арматуры выступающие за пределы анкеров отрезки проволок и канатов, включая их торцы и анкера, надежно изолируются от попадания и миграции влаги внутрь каната.

Расчетно-конструктивные требования

4.5. Расчет железобетонных конструкций транспортных сооружений выполняется по соответствующим нормативным документам (см. п. 1.1.) с ужесточением некоторых требований, касающихся значений толщины защитного слоя бетона, категории требований к трещиностойкости, допустимой ширины непродолжительного и продолжительного раскрытия трещин и т.п.

4.5.1. Наиболее подверженными коррозионным поражениям элементами железобетонных конструкций являются стальная арматура, стальные закладные детали и связи. Основные причины повреждений коррозионного характера связаны с наличием в окружающей среде или в бетоне железобетонных конструкций агрессивных к стали компонентов и потерей бетоном защитных свойств по отношению к стали.

Защита стальных элементов железобетонных конструкций от коррозии обеспечивается главным образом бетоном защитного слоя. Сохранность стальной арматуры железобетонных конструкций в цементном бетоне в зна-

чительной степени обусловлена толщиной защитного слоя бетона и его непроницаемостью. Толщина защитного слоя бетона определяется наименьшим расстоянием от поверхности конструкции до поверхности ближайшего арматурного элемента.

Для напрягаемой арматуры, размещаемой в закрытых каналах, защитный слой бетона принимается относительно поверхности канала.

Минимально допустимые значения защитных слоев бетона до арматуры, кроме предварительно напряженной арматуры, располагаемой в открытых и закрытых каналах железобетонных конструкций, приведены в **Таблице 4.3.**

Таблица 4.3

Минимальные значения толщины защитного слоя бетона ($a_{зс}$) при марках бетона по водонепроницаемости (W) для бетонных и железобетонных конструкций

Категория условий эксплуатации (по 3.5)	Степень агрессивного воздействия среды	$a_{зс}$ (мм) и марка бетона по водонепроницаемости [1] для арматурной стали группы		
		I	II	III
1	неагрессивная	20/W4	20/W4	20/W4
	слабоагрессивная		25/W4	25/W6, 25/W8[2]
2	слабоагрессивная	25/W4	25/W6	25/W8
	среднеагрессивная	25/W6	25/W8 или 30/W6[3]	30/W8
3	сильноагрессивная	30/W8	30/W8 или 35/W6[3]	-

1) Над чертой - значения толщины защитного слоя, под чертой – марка бетона по водонепроницаемости;

2) Для проволоки и канатов при диаметре проволок менее 3,5мм.

3) Для проволоки и канатов элементов мостовых конструкций

При этом во всех случаях защитный слой бетона в конструкциях должен быть не менее величин, указанных в соответствующих нормативных документах на транспортные сооружения (см. пункт 1.1).

Для каналов диаметром 11 см защитный слой назначается не менее 50мм. При диаметрах каналов свыше 11 см принимаемая толщина защитного слоя проверяется расчетом на силовые воздействия и давление раствора при инъецировании канала.

В конструкциях из монолитного бетона толщина защитных слоев увеличивается на 5мм.

При применении самозаанкеривающейся оцинкованной арматуры или

арматуры с защитой другими покрытиями протекторного действия, не снижающими сцепление арматуры с бетоном, толщина защитного слоя бетона может быть уменьшена на 5мм.

Увеличение эффекта защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре достигается введением в бетон добавок-ингибиторов коррозии стали, которые усиливают защитное действие бетона.

Ингибиторы коррозии стали в бетоне применяются:

- в тонкостенных железобетонных конструкциях при малой толщине защитного слоя, когда имеется опасность полной его карбонизации,
- при использовании вяжущих с пониженными защитными свойствами,
- при воздействии хлоридных сред.

Для сталей, не склонных к коррозии под напряжением можно рекомендовать комплексные ингибиторы, изготовленные на основе нитрита натрия в сочетании с бурой, бихроматом натрия (калия), фосфатом натрия, нитрит-нитратом кальция и другие ингибиторы, эффективность которых подтверждена экспериментально.

4.5.2. Напрягаемая арматура сборных железобетонных конструкций с натяжением на бетон, как правило, располагается в закрытых каналах, образуемых преимущественно извлекаемыми каналообразователями из полимерных материалов.

При устройстве каналов с неизвлекаемыми каналообразователями рекомендуется применять неоцинкованные гибкие стальные рукава и гофрированные трубы из полимерных материалов (полиэтилен высокой плотности, полипропилен). Исключение оцинкованных каналообразователей вызвано опасностью наводороживания напрягаемой арматуры при контакте стали с цинковой поверхностью каналообразователей в результате образования коррозионных макропар, в которых стальная арматура служит катодом.

Неизвлекаемые каналообразователи из цельнотянутых стальных или полимерных труб допускается применять только на коротких участках в стыках между сборными блоками составных по длине пролетных строений и в местах перегибов и анкеровки напрягаемой арматуры.

Каналообразователи монолитных конструкций должны быть водонепроницаемыми по длине и сечению, и иметь возможность создавать перегиб радиусом ≥ 4 м.

Внутреннюю поверхность стальных каналообразователей на время хранения и транспортирования рекомендуется защищать от коррозии с последующим удалением защитного состава. В качестве защиты может применяться водорастворимая смазка типа СОЖ, удаляемая перед инъецированием, или другие материалы игибирующего действия.

Предварительно напряженные арматурные элементы плит проезжей части мостовых конструкций, укладываемые в так называемые «корыта» с последующим обетонированием, должны иметь защиту в виде водонепроницаемого каналообразователя.

4.5.3. При расчете по предельным состояниям второй группы категорию требований к трещиностойкости и предельно допустимой ширине не-

продолжительного (a_{crc1}) и продолжительного (a_{crc2}) раскрытия трещин следует принимать:

- для элементов железобетонных конструкций, расчитываемых по СНиП 2.03.01, с учетом данных Таблицы 4.4;

- для элементов железобетонных конструкций мостов и труб по данным СНиП 2.05.03.

Таблица 4.4

Категория требований к трещиностойкости и допустимая ширина раскрытия трещин

Группа стали	Класс арматурной стали[3]	Категория требований к трещиностойкости и предельно допустимая ширина раскрытия трещин a_{crc1} (a_{crc2}), мм в зависимости от категории условий эксплуатации[1), 2)]			
		1	2		3
		при степени агрессивного воздействия среды			
		слабой	слабой	средней	сильной
I	A240, A300, A400, A500$_{(сг)}$	3 / 0,25 (0,2)	3 / 0,2 (0,15)	3 / 0,15 (0,1)	3 / 0,1 (0,05)
	A550B, A600, Ат600К				
	B-I, Bp-I			Допускается к применению при экспериментальном обосновании	
	A400C$_{(тм)}$, A500C$_{(тм)}$, A500$_{(хл)}$, Ат600С				
II	Ат800К, Ат1000К	3 / 0,15 (0,1)	3 / 0,1 (0,05)	2 / 0,1	2 / 0,05
	B-II, Bp-II, K7, K19	2 / 0,1	2 / 0,05	2 / 0,05	1
III	A800, A1000, Ат800, Ат1000	2 / 0,1	2 / 0,05	1	Не допускается к применению
	B-II, Bp-II, K7, K19 при диаметре *проволок менее* 3,5 мм	2 / 0,05	2 / 0,05	1	

1) Понятия категории требований к трещиностойкости, продолжительного и непродолжительного раскрытия трещин приведены в СНиП 2.03.01.

2) Над чертой – категория требований к трещиностойкости; под чертой – допустимая ширина непродолжительного и продолжительного "в скобках" раскрытия трещин.

3) См примечания к таблице 4.2.

При определении ширины непродолжительного раскрытия трещин допускается ветровую нагрузку принимать в размере 30% от нормативных значений, приведенных в СНиП 2.01.07, за исключением конструкций, для которых ветровая нагрузка является определяющей (например, пилоны, ванты и др.).

Недопустимо образование продольных трещин от нормальных сжимающих напряжений в любых элементах конструкции.

Образование несиловых трещин, возникающих в условиях стесненной усадки бетона или в результате температурно-влажностных воздействий, должно быть минимизировано путем конструктивно-технологических мероприятий; ширина раскрытия поверхностных трещин не должна превышать значений регламентируемых ГОСТ 13015.0 и установленных стандартами или техническими условиями на конструкции конкретных видов.

5. Защита от коррозии поверхностей бетонных и железобетонных конструкций
(вторичная защита)

5.1. Защита от коррозии поверхностей конструкций транспортных сооружений требуется в следующих случаях:

- для железобетонных конструкций, относящихся к 1 категории условий эксплуатации, находящихся во влажной зоне и для железобетонных конструкций, относящихся ко 2 категории условий эксплуатации;
- для железобетонных конструкций, относящихся к 3 категории условий эксплуатации, за исключением монолитных и сборных плит дорожного покрытия.

Конструкции стен и перекрытий внутри тоннелей и подземных переходов защищаются материалами с учетом требований п.9.2.

Необходимость защиты элементов дорожного обустройства решается в зависимости от их конструктивного решения и срока службы.

Отказ от применения вторичной защиты решается отдельно в каждом конкретном случае при разработке проекта и согласовании решений с надзорными органами.

5.2. Защита от коррозии поверхностей бетонных и железобетонных конструкций должна предусматриваться со стороны непосредственного воздействия агрессивной среды. Защиту поверхностей конструкций следует назначать с учетом необходимости и возможности возобновления защитных покрытий.

5.3. По характеру взаимодействия с поверхностью бетона защитные системы могут быть условно подразделены на три вида:

1. Лакокрасочные:
   а) тонкослойные
   б) толстослойные эластичные
2. Пропиточно-кольматирующие:

а) на полимерной основе

б) на цементно-полимерной основе

3. Изолирующие:

а) рулонные, листовые, наплавляемые,

б) облицовочные плиточные или блочные,

в) мембраны.

Основные параметры отдельных видов вторичной защиты приведены в **Таблице 5.1.**

5.4. Лакокрасочные тонкослойные и толстослойные эластичные покрытия адгезионно связанные с поверхностью бетона, выполняют функции изоляции, предотвращая попадание влаги и агрессивных компонентов в тело бетона и требуют возобновления во времени.

Таблица 5.1

Основные параметры отдельных видов вторичной защиты

Виды вторичной защиты			Рекомендуемые материалы[1), 4)]	Параметры систем защиты		
№	Наименование			Глубина пропитки, мм	Толщина покрытия (слоя), мм	Срок службы, лет
1	а) Лакокрасочные тонкослойные		Приложение 4	–[3)]	до 0,2	2-5
	б) Лакокрасочные толстослойные		Приложение 5	–	0,25-20	10-15
2	Пропиточно-кольматирующие	а) на полимерной основе	Приложение 5	3-15	–	10-15
		б)на цементно-полимерной основе		3-30	1,5-5	более 20
3	Изолирующие рулонные и листовые		Приложение 6	–	–	–[2)]

1) В приложениях приведены материалы отечественного производства;

2) Сроки службы зависят от вида материалов и клеящих составов.

3) Кроме кремнийорганических жидкостей со слабо выраженным элементом пропитки.

4) В приложения 4, 5 и 6 настоящего пособия внесены ряд дополнений по защитным материалам, приведенным в приложениях Г, Д и И МГСН 2. 09.

Лакокрасочные материалы применяются, как самостоятельные защитные покрытия, так и в качестве грунтовочных или покрывных слоев комбинированных защитных систем. Комбинированные защитные системы, включающие в себя пропиточные композиции и покрывные лакокрасочные материалы, увеличивают защитное действие по сравнению с традиционными лакокрасочными покрытиями. Комбинированные системы должны удовлетворять требованиям по совместимости грунтовочных и покрывных слоев.

Характеристики рекомендуемых лакокрасочных тонкослойных материалов по типу пленкообразующего и их применение в зависимости от категории условий эксплуатации по среде приведено в Приложении 4. При этом толщина покрытия, наносимая на поверхность конструкций, должна составлять 0,08-0,15 мм для 1 категории условий эксплуатации по среде и 0,15-0,2 мм - для 2 категории.

Трещиностойкие лакокрасочные покрытия следует предусматривать для конструкций, деформации которых сопровождаются раскрытием трещин в пределах, указанных в Таблице 4.4. При этом защитное покрытие в местах перекрытия трещин должно сохранять непроницаемость для агрессивных компонентов среды и иметь надежную адгезию с бетоном у «берегов» трещин.

Уточненные характеристики рекомендуемых лакокрасочных толстослойных материалов и комбинированных систем покрытий, а также область их применения приведены в ***Приложениях 5 и 7***.

5.5. Пропиточно-кольматирующие составы на полимерной основе при нанесении на бетон проникают в поры и капилляры поверхностных слоев бетона с последующей полимеризацией без непосредственного химического взаимодействия с растворной частью бетона.

Пропиточно-кольматирующие составы на цементно-полимерной основе представляют собой сухие смеси, затворяемые водой. Жидкая составляющая нанесенного на поверхности раствора проникает вглубь бетона и в результате физико-химического взаимодействия с цементным камнем преобразуется в кристаллические нерастворимые или мало растворимые новообразования, кальматирующие поры и капилляры. Глубина преобразованного слоя бетона при этом составляет порядка 3-30 мм.

Основным назначением пропиточно-кольматирующих систем является создание поверхностного слоя конструкций повышенной водонепроницаемости.

5.6. Для защиты элементов транспортных сооружений в зависимости от условий эксплуатации по среде защитные покрытия и системы должны обладать: адгезией к бетону, атмосферостойкостью, паропроницаемостью и, при необходимости, химической стойкостью и декоративными свойствами.

Общие требования, предъявляемые к защитным покрытиям и системам и технологии их нанесения, включая требования по охране окружающей среды при производстве защитных работ, должны быть изложены в Технических условиях на материалы и системы, в проектной документации на конкретные объекты.

К пропиточно-кольматирующим системам, наносимым на бетонные поверхности, предъявляются дополнительные требования:

- их эффективность при защите поверхностей бетона по показателю водопоглощения бетона (по ГОСТ 12730.3) при нанесении покрытия на все поверхности образцов в испытаниях;
- их эффективность при защите поверхностей бетона по показателю водонепроницаемости (по ГОСТ 12730.5) при нанесении покрытия на поверхности образца в двух вариантах: со стороны давления воды и с противоположной стороны;
- их эффективность при защите поверхностей бетона по показателю морозостойкости бетона (по ГОСТ 10060) при нанесении покрытия на все поверхности образца.

Эффективность различных защитных покрытий по указанным показателям и область их применения в зависимости от категории условий эксплуатации приведены в ***Приложении 7***.

5.7. Для защиты поверхностей конструкций, относящихся к 3 категории условий эксплуатации по среде, следует применять комбинированные системы, состоящие из пропиточных и изолирующих материалов, общей толщиной не менее 0,2 мм.

При наличии условий капиллярного подсоса бетоном воды и агрессивных жидкостей защитные покрытия и системы следует наносить на все поверхности конструкций для полного исключения попадании жидкости в тело бетона.

Не допускается применение паронепроницаемых покрытий, так как они препятствуют удалению имеющейся в бетоне влаги, что приводит к преждевременному разрушению бетона при морозных воздействиях.

5.8. Изолирующие (листовые и рулонные материалы) могут применяться в качестве непроницаемого слоя, защищенного от механических повреждений. На вертикальных гидроизолируемых поверхностях в качестве защитного слоя рекомендуется применение защитно-дренирующего полотна (по ВСН 35-95).

При использовании мембран, не имеющих адгезионной связи с конструкцией, между бетоном и мембраной предусматривается пароизоляционный слой и дренаж для отвода конденсата. В эластичных мембранах в деформационных швах конструкций устройство компенсационных петель не обязательно.

Помимо изолирующих материалов, приведенных в приложениях, в транспортном строительстве могут применяться сертифицированные материалы типа «Изопласт», «Аэропласт», «Аэролист», «Алькорплан» и др.

Гидроизоляцию элементов мостового полотна, перекрытий и прохожей части надземных пешеходных переходов следует выполнять в соответствии с требованиями СНиП 2.05.03 и МГСН 5.02.

При использовании многослойной гидроизоляции необходимо соблюдать требования по совместимости применяемых в составе многослойной изоляции материалов.

5.9. Облицовочные штучные плитные или блочные изделия, следует применять для защиты нижних участков стен, опорных стоек и колонн транспортных сооружений. Облицовочные материалы для элементов конструкций, относящихся к 3 категории условий эксплуатации, должны обладать повышенной стойкостью к воздействию сложной жидкой агрессивной среды, морозостойкостью и обеспечивать защиту поверхностей конструкций от механических повреждений.

5.10. В целях обеспечения пожарной безопасности конструкции стен и перекрытий внутри тоннелей и подземных переходов в соответствии со СНиП 21-01 защищаются специальными составами, повышающими предел огнестойкости конструкций. Наличие огнезащиты в зависимости от вида и толщины слоя защищающего материала в ряде случаев может тормозить развитие коррозионных процессов арматуры и бетона за счет:

- удлинения периода до начала процессов карбонизации бетона углекислым газом окружающего воздуха,
- снижения концентрации ионов хлора у поверхностей конструкций,
- замедления процессов, связанных с коррозией бетона при наличии испаряющих поверхностей,
- смягчения жесткости температурных воздействий при замораживании и оттаивании бетона конструкций вследствие теплоизолирующих свойств огнезащитного слоя.

Одним их таких составов является штукатурный огнезащитный состав «Монолит» (ТУ 5762-022-40366225-00), повышающий предел огнестойкости бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений до трех часов и более.

5.11. Нанесение материалов, композиций и защитных систем осуществляется как ручными (кисть, валик, шпатель), так и механизированными методами (распылением).

При выборе метода нанесения необходимо учитывать следующее: метод должен быть технически допустимым для данного типа материала, соответствовать размерам и конфигурации конструкций, быть приемлемым с точки зрения организации работ, техники безопасности, экономичности и экологичности.

Использование ручных методов окраски целесообразно для небольших участков и узкого рельефа защищаемых поверхностей. К недостаткам нанесения ручным методом помимо невысокой производительности следует отнести значительные колебания в толщине наносимого покрытия.

При нанесении некоторых типов толстослойных покрытий, таких, как например, композиции, приведенные в *Приложении 5*, рекомендуется применять шпатель или валик.

При выполнении защиты на больших поверхностях конструкций рекомендуется применять механизированные методы нанесения материалов, основанные на их распылении – пневматическое распыление и безвоздушное распыление под высоким давлением (св. 5 МПа).

Методом пневматического распыления наносятся тонкослойные лакокрасочные материалы, а также пропиточные композиции (типа материалов, приведенных соответственно в ***Приложениях 4*** и ***5)***.

Методом безвоздушного распыления можно наносить практически все лакокрасочные материалы, которые не содержат легко выпадающих в осадок пигментов и наполнителей. Метод особенно эффективен при нанесении высоковязких (более 200 с по ВЗ-4) составов.

Метод безвоздушного распыления имеет существенные преимущества перед пневматическим распылением:

- экономию материала за счет уменьшения потерь на туманообразование;
- уменьшение трудоемкости работ в связи с получением толстых покрывных слоев;
- улучшению условий труда благодаря меньшему туманообразованию при снижении расхода растворителей.

5.12. Для защиты от коррозии применяются только сертифицированные материалы, композиции и защитные системы отечественного или зарубежного производства при наличии документального подтверждения их пригодности для условий эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений.

Выполнение работ по защите производится в соответствии с регламентами, согласованными с Заказчиком, проектной и эксплуатационной организациями. В регламенте кроме технологии устройства защиты, должны быть отражены методы пооперационного контроля качества и параметры, по которым производится приемка выполненных работ.

6. Защита от коррозии поверхностей стальной арматуры, закладных деталей и связей

6.1.Защита поверхностей ненапрягаемой и напрягаемой арматуры может предусматриваться на предэксплуатационный период (временная защита) и на весь эксплуатационный срок (постоянная защита).

Выбор способа постоянной или временной защиты должен быть строго обоснован для каждого конкретного случая.

6.1.1. Временная защита применяется главным образом для напрягаемой арматуры, предназначенной для натяжения на бетон и рассчитана на период от момента изготовления до момента инъецирования канала с арматурным элементом. Наиболее эффективными являются три направления временной защиты:

- обработка поверхности арматурных элементов специальными водорастворимыми жировыми ингибированными смазками, образующими мономолекулярную пленку, удаляемую водой или водощелочными растворами непосредственно перед инъецированием. Смазка наносится на арматуру заводом-изготовителем или поставщиком. Срок действия защиты до 1 года;

- деаэрация каналов с напряженной арматурой, выполняемая путем заполнения герметизированных каналов инертным газом, например, азотом. Срок действия такой защиты составляет 3-4 месяца, с возможным его продлением путем дополнительной поддувки инертного газа;

- заполнение каналов с напрягаемой арматурой (до или после натяжения) летучим ингибитором (жидким или порошкообразным на носителе).

6.1.2. Постоянная защита осуществляется, как правило, покрытиями, наносимыми на поверхность стержневой арматуры, отдельных проволок или канатов на заводе-изготовителе арматуры, заводе мостовых железобетонных конструкций или на строительной площадке.

При соблюдении требований первичной защиты самозаанкеривающаяся в бетоне арматура достаточно надежно защищена и не требует выполнения поверхностной защиты. Для усиления мер защиты или при ее недостаточности возможно применение защиты поверхностей стальных элементов.

Основные требования, которым должна отвечать постоянная защита арматуры и элементов стальных закладных деталей следующие:

- обеспечение надежной защиты от коррозии арматурной стали на весь срок ее работы при сохранении физико-механических свойств арматуры;

- равномерность покрытия по длине и сечению;

- хорошая адгезия к поверхности стали при обеспечении надлежащего сцепления самозаанкеривающейся арматуры с бетоном;

- обеспечение непроницаемости для жидкости и газа в течение всего срока защиты;

- термостойкость в диапазоне температур $+50^0C \div -50^0C$;

- эластичность и трещиностойкость покрытия, обеспечивающая возможность вытяжки при натяжении, перегиба арматуры при установке в проектное положение в конструкции, а также для намотки в бухту диаметром не более 2,0 м;

- абразивная стойкость покрытия напрягаемой арматуры, обеспечивающая ее сохранность при заводке в каналы и натяжении.

Протекторная защита стальной арматуры, имеющей сцепление с бетоном, обеспечивается нанесением на поверхность слоя цинка (толщиной 50-60 мкм) методом горячего цинкования.

Барьерная защита осуществляется порошковыми полимерными покрытиями (ППП), наносимыми в электростатической камере с полимеризацией при температуре около $+200^0C$. Для арматуры, имеющей сцепление с бетоном, применяют полимерные покрытия на основе эпоксидной смолы, а для арматуры, не имеющей сцепления с бетоном, - на основе полиэтилена.

6.1.3. Защита напрягаемых арматурных элементов, не имеющих сцепления с бетоном (типа монострендов, пучков монострендов, вант), осуществляется в заводских условиях с поставкой на производство в заранее сформированном защищенном виде.

Моностренды, пучки монострендов, ванты изготавливают и поставляют в соответствии с европейскими EN 10138 (ч.1-ч.3) национальными и аме-

риканскими нормами. Требования указанных норм различаются незначительно, а требования национальных поглощаются европейскими.

Ниже приводится система антикоррозионной защиты монострендов, вант, пучков на примере защиты, выполняемой фирмой Фрейссине (Франция), которая не имеет принципиальных отличий от защиты, применяемой другими фирмами Европы.

Система противокоррозионной защиты разработана таким образом, чтобы каждый стренд, элемент пучка или ванта на всем его протяжении, включая анкерные устройства, «хвосты» стрендов за гранью анкерных плит, все контактные поверхности и т.д., на каждом этапе монтажных работ и эксплуатации имели бы как минимум 2 барьера защиты.

Первый барьер, - когда каждая проволока каната К-7 (стренда) имеет цинковое покрытие, наносимое в заводских условиях (горячее цинкование).

Второй барьер – когда каждый стренд самостоятельно или в составе пучка, ванта имеет индивидуальную оболочку из ПЭВП (полиэтилен высокой плотности), наносимую методом экструдирования. Межпроволочные пространства и зазоры между стрендом и оболочкой заполняют антикоррозионным составом на основе нефтяного парафина.

Каждый пучок, вант из «n» стрендов имеет индивидуальную защитную оболочку из ПЭВП, наносимую методом коэкструдирования. Метод коэкструдирования дает возможность создавать 2-х слойную оболочку с неразделимыми слоями, внутренним мягким слоем черного цвета с переходными на анкера секциями и наружным более твердым слоем любого цвета по желанию потребителя («n» - может быть равным 12, 19, 31, 37, 55, 61, 73, 91, 127).

Защитная труба моностренда изготовлена из полиэтилена высокой плотности. Наружный диаметр и толщина должны соответствовать данным, приведенным в **Таблице 6.1.**

Внутренний слой вантовой защитной оболочки состоит из ПЭВП марки PE 3406C (по классификации ASTM Д3350) или PE80, что соответствует марке NF114. Минимальная толщина слоя 4,5 мм.

Внешний слой, окрашенный, толщиной 1,5 мм противостоит химическим, соляным воздействиям, а также ультрафиолетовому излучению.

Внешняя оболочка пучка или ванта может быть снабжена спиралевидным выступом высотой около 2 мм – буртиком, что придает ванту аэродинамическую устойчивость и дополнительную защиту от дождя и ветра. Характеристики защитной внешней трубы ванта (пучка) приведены в **Таблице 6.2.**

Оба комплекта стальных анкеров защищены: обработкой поверхности бихроматированием (первый барьер) и размещением в наружных герметичных защитных коробах и трубах, заполненных антикоррозионным составом на основе парафина (второй барьер).

Все контактные поверхности дополнительно защищены перекрывающими стальными трубами. Герметичность анкерных зон обеспечивается эластичными прокладками и пробками.

Система противокоррозионной защиты в сумме гарантирует 100 летний срок безотказной работы стрендов, пучков стрендов, вант.

Таблица 6.1

Характеристики защитной оболочки семипроволочного каната (моностренда)

№ п/п	Наименование параметров канатов	Технические характеристики (значения)	Нормативный документ на конструкцию и метод испытания
	Характеристики защитной оболочки		
1.	Минимальная толщина оболочки (δ), мм	1,5	EN 496
2.	Максимальный диаметр каната в оболочке (D), мм	19,5	EN 496
3.	Предел текучести оболочки при растяжении (при 23^{0}C), $\sigma_т$, МПа	не менее 18	ISO R 527
4	Относительное удлинение оболочки при разрыве при –20^{0}C (ε), %	не менее 15	ISO R 527
5.	Водонепроницаемость (W), час	24	XP A35-037 Прил.D
6.	Прочность оболочки на удар	Нет повреждений	

Таблица 6.2

Характеристики трубы пучка ванта (ПЭВМ)

№ п/п	Контролируемый параметр	Единица измерения	Нормируемое значение	Нормы на испытания, контроль
1.	Плотность материала трубы	г/см^3	0,941-0,955	ASTM D1505
2.	Предел текучести материала трубы при изгибе	Н/мм^2	≥550≤1100	ASTM D790
3.	Предел текучести материала трубы при растяжении	Н/мм^2	≥18≤28	ASTM D638
4.	Коэффициент плавления	г/10мин	≤1	ASTM D1238
5.	Допустимое гидростатическое внутреннее давление в трубе, не менее	Н/мм^2	8,6	ASTM D2837

6.2. Закладные детали железобетонных конструкций транспортных сооружений предназначены для стыковки конструкций между собой, организации температурно-деформационных швов, крепления элементов дорожного обустройства и т.п. Как правило, закладные детали решаются в виде стержневых (заанкериваемых или забуриваемых в бетон) и листовых элементов, закладных и забуриваемых метизов (болтов, шпилек, гаек).

Степень агрессивного воздействия среды по отношению к стали для условий эксплуатации 1, 2 и 3 категорий оценивается соответственно как слабо-, средне- и сильноагрессивные.

Закладные детали и соединительные элементы, эксплуатирующиеся на открытом воздухе, предпочтительно изготавливать из коррозионностойких видов сталей.

Все необетонируемые стальные закладные детали при любых условиях эксплуатации по среде, а также детали, располагающиеся в обетонируемых стыках, узлах сопряжений и деформационных швах, подвергающихся воздействиям, относящимся к 3 категории эксплуатации, подлежат защите от коррозии.

Толщины стальных элементов закладных деталей и связей (лист, полоса, профиль), подвергающихся коррозионным воздействиям, следует принимать не менее 8 мм, а арматурных стержней - не менее 12 мм.

Закладные детали и соединительные элементы, находящиеся в обетонируемых стыках и узлах сопряжений конструкций должны иметь защитный слой бетона и марку бетона по водонепроницаемости не ниже, чем в стыкуемых конструкциях.

Защита от коррозии поверхностей необетонируемых стальных закладных деталей и соединительных элементов сборных и монолитных железобетонных конструкций, относящихся к 1 и 2 категориям, осуществляется:

– цинковыми покрытиями, наносимыми методами горячего или холодного[1)] цинкования или газотермического напыления;

– комбинированными покрытиями (лакокрасочными[2)] по металлизационному слою).

Примечания:

1) Холодное цинкование представляет собой защиту от коррозии цинконаполненными композициями, наносимыми на поверхность металла методами, используемыми для лакокрасочных материалов: способами пневматического или безвоздушного распыления, окунанием, кистью, валиком.

Некоторые сведения о составах для защиты стальной арматуры, стальных закладных деталей и соединительных элементов приведены в ***Приложении 8***.

2) Возможно применение отсутствующих в СНиП 2.03.11 современных отечественных и зарубежных лакокрасочных материалов для защиты стали при надлежащем обосновании их стойкости к атмосферным воздействиям городской среды и совместимости с рекомендованными металлическими защитными покрытиями.

Варианты защиты от коррозии необетонируемых закладных деталей и соединительных элементов для различных категорий условий эксплуатации по среде приведены в **Таблице 6.3.**

Таблица 6.3

Варианты защиты необетонируемых закладных деталей и соединительных элементов

Категория условий (по п.3.5)	Вариант защиты
1	1. Горячее цинкование толщиной не менее 60 мкм. 2.Холодное цинкование толщиной не менее 80 мкм.
2	1. Горячее цинкование толщиной не менее 60 мкм с последующим окрашиванием лакокрасочными материалами толщиной не менее 150 мкм. 2. Газотермическое напыление цинка толщиной не менее 120 мкм, с последующим окрашиванием лакокрасочными материалами толщиной не менее 150 мкм. 3. Холодное цинкование толщиной не менее 80 мкм с последующим окрашиванием лакокрасочными материалами толщиной не менее 150 мкм.
3	Выполнять из нержавеющих сталей

Закладные детали и соединительные элементы, эксплуатирующиеся в условиях, соответствующих 3 категории, следует изготавливать из нержавеющих сталей. При отсутствии такой возможности вопрос защиты должен решаться отдельно в каждом конкретном случае. При этом толщины всех элементов закладных и соединительных деталей (пластин, уголков и диаметры анкерующих и соединяющих стержней) из обычной стали должны быть увеличены не менее, чем на 2 мм по сравнению с расчетными или конструктивными значениями.

Для защиты от коррозии скручивающихся деталей и метизов, эксплуатирующихся в условиях 2 категории, предусматриваются металлизационные покрытия толщиной до 50 мкм на основе алюминия, хрома, никеля с последующей окраской после монтажа.

Защиту от коррозии закладных деталей и соединительных элементов, предназначенных только для монтажа конструкций, допускается не производить при условии последующего окрашивания поверхностей, выходящих наружу.

Допускается не наносить защитные покрытия на участки закладных деталей и соединительных элементов, обращенные друг к другу плоскими по-

верхностями (типа листовых накладок), свариваемыми герметично по всему контуру.

Участки защитных покрытий, нарушенные при монтаже и сварке, а также сварной шов, должны быть защищены путем нанесения на поверхности тех же самых или равноценных составов покрытий требуемой толщины.

7. Защита от коррозии элементов конструкций в узлах сопряжений и деформационных швах

7.1.Система защиты конструкций в узлах сопряжения и их герметизация решается в зависимости от вида (типа) стыка. При разработке системы защиты следует рассматривать, как минимум, три основных вида соединений элементов конструкции:

- узлы сопряжения (стыки) элементов сборных конструкций;
- швы сопряжения элементов монолитных конструкций и «холодные» швы бетонирования;
- сопряжения элементов сборных и монолитных конструкций, обустраиваемые в виде деформационных (температурно-усадочных) швов.

Конструкция системы защиты выполняется в виде уплотнения зазора между сопрягаемыми элементами конструкции и его изоляции с целью исключения попадания агрессивных веществ в тело конструкции и внутрь защищаемого пространства.

В конструктивных решениях по уплотнению и защите стыковых соединений необходимо учитывать два важных момента:

- стыковое соединение должно обладать необходимой эластичностью,т.к. в любом соединении реализуется определенная часть деформаций сооружения;
- стыковое соединение должно иметь, как минимум, две ступени защиты, т.к ремонтопригодность этих узлов невысокая.

Для защиты узлов сопряжений (стыков) элементов сборных конструкций (балок и ригелей, подпорных стенок, плит покрытий, лотков, и т.п.) могут быть использованы следующие способы и приемы изоляции и уплотнения:

1 Заполнение зазора узла сопряжения безусадочным или расширяющимся составом на минеральном вяжущем.
2 Изоляция узла сопряжения (стыкового соединения) на поверхности конструкции эластичным материалом на минеральном вяжущем с дополнительным армированным защитным покрытием.
3. Изоляция узла сопряжения (стыкового соединения) эластичной полимерной гидроизоляционной лентой, монтируемой на поверхности конструкции с помощью специального клеевого состава.

4. Уплотнение зазора узла сопряжения специальным пенополиуретановым составом, нагнетаемым в уплотняемый зазор через устанавливаемые инъекционные устройства.
5. Установка в зазор узлов сопряжения специальных уплотняющих прокладок.

7.1.1. Основой системы защиты узлов сопряжения (стыков) сборных конструкций является обязательное заполнение зазора между сборными элементами раствором на минеральном вяжущем, с последующим уплотнением (чеканкой). Заполнение зазора выполняется на всю его глубину.

Для заполнения зазоров между сборными железобетонными элементами могут быть использованы безусадочные или расширяющиеся полимерцементные материалы, обладающие адгезией к поверхности бетона не менее 1,5 $Н/мм^2$.

Перед нанесением полимерцементного материала, для улучшения его адгезии к бетону, сопрягаемые поверхности стыкуемых элементов рекомендуется обработать праймером или связующим составом.

Заполнение зазоров между сборными элементами может выполняться специальными инъекционными составами на цементной основе с высокими показателями текучести (не ниже П3), быстрыми сроками схватывания и высокими прочностными характеристиками (не ниже В25), а также обладающими способностью к расширению или отсутствием усадки при твердении.

Для дополнительного уплотнения зазора между сборными железобетонными элементами целесообразно использовать пенополиуретановые составы. Эти составы благодаря низкой исходной вязкости и значительному увеличению в объеме при полимеризации обладают очень высокой проникающей способностью при уплотнении зазоров, скрытых полостей и других неплотностей.

В отвержденном виде пенополиуретановые материалы имеют достаточную механическую прочность, высокую химическую стойкость. Отдельные виды материалов обладают эластичностью после отверждения.

Для нагнетания с целью уплотнения зазоров могут применяться как однокомпонентные, так и двухкомпонентные составы. Пенополиуретановые составы нагнетают в уплотняемый зазор через систему линейных инъекторов или через одиночные инъекторы-пакеры.

Линейные инъекторы, представляющие собой протяженную систему из основной инъекционной трубки с полупроницаемой оболочкой и подающих трубок, устанавливаются в зазор между элементами обделки при его заполнении составами на минеральном вяжущем.

Нагнетание выполняют после набора необходимой прочности состава для заполнения зазора. Инъектируемый состав нагнетают в уплотняемый зазор через подающие трубки. После отверждения проинъектированного пенополиуретанового состава подающие трубки должны быть удалены и оставшиеся отверстия заполнены соответствующим составом.

При уплотнении зазоров инъектированием пенополиуретановых составов через инъецирующие пакеры, вначале бурят отверстия для монтажа па-

керов. Отверстия бурят под углом 30-45° к поверхности конструкции диаметром, соответствующим диаметру устанавливаемого пакера. Отверстия располагают на расстоянии ≈ ½ толщины бетонной конструкции от уплотняемого зазора. Глубина отверстия составляет не более 2/3 толщины конструкции с обязательным условием подсечения уплотняемого зазора.

В пробуренные отверстия устанавливают пакеры, через которые выполняют инъектирование пенополиуретановых составов для уплотнения стыковых соединений.

После полимеризации проинъектированного пенополиуретанового состава пакеры должны быть демонтированы, а оставшиеся отверстия заполнены соответствующим составом.

Изоляцию узла сопряжения (стыкового соединения) на поверхности конструкции следует выполнять эластичным полимерцементным материалом. Двухслойное гидроизоляционное покрытие из подобного материала толщиной 2-2,5 мм способно воспринимать деформации конструкции до 0,5 мм. При армировании гидроизоляционного покрытия специальной щелочестойкой полимерной сеткой величина воспринимаемых деформаций увеличивается в 2-2,5 раза. Применяемый для этих целей эластичный гидроизоляционный полимерцементный материал должен обладать относительным удлинением не менее 30% и адгезией к бетону не ниже 1,0 Н/мм^2. Требуемые характеристики достигаются использованием специальных материалов на минеральном вяжущем, для приготовления которых используется не вода, а специальная жидкость затворения.

Такая изолирующая система, обустроенная на поверхности железобетонной конструкции, устойчива к давлению воды величиной 1-1,5 атм.

При изоляции стыковых соединений сборных конструкций, где необходима устойчивость к большему давлению воды, следует применять гидроизоляционные ленты.

Используемые для этих целей гидроизоляционные ленты изготавливают из полимерных материалов, преимущественно из пластифицированного поливинилхлорида. Они имеют толщину 1-2 мм и относительное удлинение до 400%.

Ленты монтируют на поверхность бетона с помощью клеевого состава на экопсидной или другой основе. При такой системе изоляции стыковое соединение устойчиво к давлению воды > 7 атм, а его деформативность зависит от ширины неприклеенного участка ленты и ее эластомерных характеристик.

В особых случаях, когда на торцах стыкуемых элементов сборных конструкций имеются специальные углубления и когда при монтаже стыкуемые элементы конструкции подлежат обжатию, могут применяться специальные водонабухающие или эластичные уплотнительные прокладки.

Прокладки устанавливают в углубления перед сборкой элементов конструкции и после их обжатия при монтаже уплотняют стыковое соединение.

7.1.2. В конструкциях из монолитного железобетона защите и уплотнению подлежат «холодные» швы бетонирования, швы сопряжения в стыковых

соединениях между элементами, например, «колонна-ригель», «стенка-стенка», «колонна или стенка-плита основания» и т.п.

Система защиты «холодных» швов бетонирования и швов сопряжения выполняется в виде уплотнения швов в теле бетонной конструкции и дополнительной изоляции швов на поверхности. Для реализации этого решения могут быть применены следующие способы:

1.Расшивка швов и их чеканка (уплотнение) составами на минеральной основе.

2.Уплотнение швов пенополиуретановыми составами.

3.Установка уплотняющих прокладок и гидротехнических шпонок.

4.Изоляция швов на поверхности эластичными составами на минеральном вяжущем с дополнительным армированием.

5.Изоляция швов на поверхности гидроизоляционными лентами.

Расшивку швов выполняют на глубину и в ширину минимум 20 мм. Профиль расшитой полости должен быть ровным, без наплывов по краям и не V-образной формы. При возможности, профиль расшитой полости должен быть выполнен в виде «ласточкиного хвоста».

Расшитая полость подлежит заполнению безусадочными или расширяющимися материалами и композициями на цементной основе. Требования к этим материалам приведены выше.

Уплотнение швов с помощью пенополиуретановых составов производят через систему линейных инъекторов или пакеры, аналогично уплотнению зазоров стыковых соединений сборных конструкций. Единственным отличием является то, что при использовании системы линейных инъекторов, их устанавливают не в зазор между сборными элементами, а монтируют непосредственно на сопрягаемую торцевую поверхность конструкции перед укладкой бетона стыкуемой части сооружения.

Уплотнение швов монолитных конструкций может быть выполнено за счет установки уплотнительных прокладок и гидротехнических шпонок.

В качестве уплотнительных прокладок следует использовать расширяющиеся водоупорные прокладки. Для выбора нужного типа водоупорной прокладки следует учитывать:

- размеры сооружения;
- ожидаемую (возможную) ширину раскрытия шва;
- возможные осадки и деформации конструкций;
- прогнозируемые давление воды и уровень грунтовых вод;
- химическую агрессивность воды.

Монтаж прокладок при их установке между сопрягаемыми элементами осуществляется с помощью специального клея или сетки и дюбелей.

Такого типа прокладки за счет расширения при сорбировании воды и, соответственно, увеличения в объеме способны уплотнять швы шириной до 5 мм при воздействии гидростатического давления воды до 5 атм. Для обеспечения этих требований, расширяющиеся водоупорные прокладки должны увеличиваться в объеме не менее чем на 150%. При этом минимальная толщина защитного слоя бетона над прокладкой должна быть не менее 80 мм.

Помимо прокладок, для уплотнения швов могут быть использованы самые различные типы гидроизоляционных (гидротехнических) шпонок.

Гидроизоляционные шпонки для уплотнения подобных швов в монолитных конструкциях изготавливают в виде профилированной ленты переменной или одинаковой толщины, имеющей анкерные элементы, а в ряде случаев и специальный элемент в центральной части шпонки. Анкерные элементы шпонок могут располагаться как с обеих сторон, так и с одной стороны шпонки.

При двухстороннем расположении анкерных элементов шпонку в процессе монтажа устанавливают в тело бетона *и фиксируют к* арматурному каркасу. Шпонку с односторонним расположением анкерных элементов монтируют на поверхности бетонной конструкции и перед бетонированием фиксируют к элементам опалубки.

Возможные деформации конструкции, реализующиеся в швах, воспринимаются или специальным центральным элементом шпонки, или за счет высоких эластомерных характеристик материала шпонки.

Гидроизоляционные шпонки изготавливаются из резины, обычно на основе ЭПДМ или на полимерной основе, из эластифицированного поливинилхлорида. Оба вида материалов обладают высокими эксплуатационными характеристиками и обеспечивают надежную изоляцию швов.

Место установки шпонки назначается в конструкторской документации с соблюдением обязательного требования по созданию неразрывного контура шпонки на всем протяжении отдельного шва конструкции.

Для стыковки отдельных отрезков шпонок или изготовления фасонных элементов могут использоваться специальные клеи или вулканизация. Фасонные элементы шпонок (угловые, Т-образные и т.п.) рекомендуется использовать заводского изготовления, что повышает качество системы уплотнения швов.

Изоляция швов на поверхности конструкции, как в случае использования эластичных составов на минеральном вяжущем, так и в случае применения гидроизоляционных лент, аналогична способам для конструкций из *сборных элементов*.

7.2. В деформационных швах в качестве компенсаторов рекомендуется применение оцинкованной, нержавеющей или гуммированной стали.

Система защиты деформационных швов выбирается в зависимости от назначения шва и ожидаемой величины деформации, реализующейся в рассматриваемом шве. Основными причинами проявления деформаций в сооружении являются нагрузки и воздействия (виды и классификация которых изложены в СНиП 2.01.07), *колебания* температур и усадка бетона.

В зависимости от величины и сочетания однократных нагрузок с учетом температурно-усадочных воздействий назначаются исходные параметры деформационного шва.

В зависимости от интенсивности воздействия на элементы конструкции многократных нагрузок и с учетом необратимых изменений в конструк-

ции от однократных воздействий подбираются эксплуатационные параметры деформационного шва.

Применительно к конкретным условиям рассматриваемого сооружения выполняются расчеты с определением основных параметров деформационного шва - расстояние между деформационными швами и величина зазора самого шва. Расчетные формулы, порядок и условия выполнения расчетов должны быть приведены в соответствующей документации.

Без проведения расчетов, в первом приближении, максимальное расстояние между деформационными швами следует назначать согласно данным **Таблицы 7.1.**

Таблица 7.1

Максимальные расстояния между деформационными швами

Вид сооружения или конструкции	Расстояние между деформационными швами (м) в конструкциях	
	подвергающихся атмосферному воздействию	не подвергающихся атмосферному воздействию или подземных
1. Сборные конструкции из бетона	30	40
2. Сборные железобетонные плоские конструкции	30	50
3. Монолитные конструкции из неармированного бетона	10	20
5. Монолитные конструкции из железобетона	20	30
6. Монолитные железобетонные плоские конструкции и предварительно напряженные объемные конструкции из плоских элементов	25	40
7. Подпорные стенки: - неармированные - армированные	9 18	12 24
8 Парапетные стенки: - неармированные - армированные	3 6	
9 Бетонная подготовка:- неармированная - армированная	от 1,5 до 6 от 3 до 9	

Указанные в Таблице 7.1 величины являются максимально допустимыми расстояниями между деформационными швами, воспринимающими циклические воздействия от изменения температуры. В случае, когда конструкция подвержена иным нежелательным воздействиям, указанные расстояния должны быть уменьшены, а возможные деформации учтены при расчете параметров шва.

Величина основного элемента деформационного шва – зазора шва, зависит главным образом от расстояния между деформационными швами и поэтому, в первом приближении без проведения расчетов, можно пользоваться данными **Таблицы 7.2**, где минимальная величина зазора деформационного шва выражена в виде отношения к расстоянию между деформационными швами.

Таблица 7.2

Ширина деформационных швов для бетонных и железобетонных конструкций

Тип конструкции	Элементы конструкции	Мин. величина зазора шва по отношению к расстоянию между швами
Железобетонные и бетонные	Наружные стены, конструкция покрытия с теплоизоляцией	1/1500
	Конструкция покрытия без теплоизоляции	1/1000
	Парапеты и ограждения	1/300
	Подземные сооружения	1/1000
Бетонная подготовка	Бетон лотков, покрытия	1/300

При назначении величины зазора деформационного шва следует придерживаться требования, что он должен как минимум в четыре раза превышать прогнозируемую деформацию. С учетом этого требования различают деформационные швы малых перемещений – до 25% и больших перемещений - >25% от величины зазора шва.

В зависимости от места расположения уплотнительных элементов в полости шва их подразделяют на контурные (расположенные на поверхности конструкции) и мидельные – расположенные в средней части шва по толщине конструкции.

В качестве уплотнителей деформационных швов следует использовать:

- герметики – для контурного уплотнения деформационных швов малых перемещений;
- гидроизоляционные ленты – для контурного уплотнения деформационных швов любых перемещений;
- гидроизоляционные шпонки и профили – для контурного и мидельного уплотнения деформационных швов любых перемещений;
- компрессионные уплотнители.

Эксплуатационные характеристики герметиков весьма ограничены и поэтому подобные материалы могут использоваться только в узких швах с величиной зазора до 25 мм. Допустимая деформация сооружения, которую могут воспринимать отдельные виды герметиков приведена в **Таблице 7.3.**

Таблица 7.3

Допустимые значения растяжения/сжатия для некоторых видов герметиков для заполнения швов

Вид герметика для заполнения швов	Допустимые значения растяжения/сжатия, % от ширины шва	Примечание
1.Мастики (полибутилены, полиизобутилены)	3%	Неотверждаемые в своей массе
2.Термопласты: - горячего отверждения (битумы) - холодного отверждения (резино-битумы, бутил-каучук)	 5% 7%	 Отверждение при охлаждении Отверждение при испарении растворителя или разрушении эмульсий под воздействием воздуха
3.Термореактопласты (винилацетаты, полисульфиды, эпоксиды, полиуретаны)	25%	Химическое отверждение
4. Силиконы	25-50%	Вулканизация на воздухе

Максимально допустимые деформации герметика должны быть не менее максимальных перемещений шва.

Улучшение условий работы герметиков при уплотнении деформационных швов может быть достигнуто выполнением так называемых Т-образных швов или обеспечением наиболее целесообразного значения коэффициента формы шва. При выполнении Т-образного шва должно быть обеспечено условие, когда длина деформирующегося элемента, выполненного из герметика должна быть много больше, чем изолируемый зазор шва.

Коэффициент формы деформационного шва определяется отношением глубины герметика в шве к его ширине, т.е. к величине зазора деформационного шва. Когда коэффициент формы для герметика в шве равен или меньше единицы, обеспечиваются наилучшие условия реализации его эластомерных характеристик.

Наилучшие условия эксплуатации с минимальными значениями напряженно-деформационного состояния уплотнительного материала достигаются при предельном значении коэффициента формы стремящемся к нулю. При таком состоянии реализуются предельные деформативные и упругопластические свойства уплотнительного материала. Конструктивно возможность обеспечить такие условия уплотнения зазора может быть достигнута, например, при условии предельного уменьшения толщины уплотнительного мате-

риала, когда эта величина стремится к нулю. Такой вариант уплотнения деформационного шва можно рассматривать как обустройство уплотнения зазора шва тонкими мембранами, например, различного рода гидроизоляционными лентами.

В системе уплотнения лента может быть смонтирована как по внешнему контуру зазора шва, так и с его внутренней стороны. В общей системе защиты конструкции лента может стыковаться с наружной гидроизоляционной мембраной, образуя с ней неразрывный замкнутый контур, либо располагаться под контуром наружной гидроизоляционной мембраны конструкции. В зазоре шва находится только тонкая полоса ленты, обеспечивающая наименьший, наилучший коэффициент формы. Кроме того, ленту можно смонтировать в зазоре шва с формированием петли-компенсатора, что существенно повышает надежность системы уплотнения шва, так как вначале при деформациях конструкции выбирается «слабина» ленты, и только после полного растяжения ленты, при значительных перемещениях, начинают реализовываться деформативные (упругоэластичные) характеристики материала ленты.

При конструктивном решении и обустройстве уплотнения швов с помощью гидроизоляционных лент с петлей-компенсатором длина петли должна составлять ≈1/3 ширины ленты, а оставшиеся 2/3 ширины ленты используются для монтажа на сопрягаемые элементы конструкции, по 1/3 на каждую сторону.

Одним из наилучших вариантов уплотнения зазоров деформационных швов является вариант с использованием гидротехнических шпонок.

Гидротехнические шпонки для деформационных швов, обычно в своей центральной части, имеют специальный элемент или сочетание нескольких элементов, которые после установки шпонки располагаются в зазоре шва и воспринимают все возможные деформации, которые в нем реализуются. Форма этого деформирующегося элемента может быть самой различной – круглой, овальной, квадратной, в виде симметричного многоугольника, U-образной и т.п.

Способность к восприятию деформаций в шве в основном зависит от конфигурации и геометрических размеров центрального элемента гидротехнической шпонки. Поэтому тип шпонки для конкретного деформационного шва назначается по соответствию технических характеристик шпонки эксплуатационным нагрузкам и воздействиям для данного шва.

Материалы, из которых изготавливаются гидротехнические шпонки для деформационных швов, места их расположения в конструкции, способ установки и анкеровки, аналогичны гидротехническим шпонкам для холодных швов приведены выше.

Еще одним способом уплотнения деформационных швов является установка компрессионных уплотнителей.

Компрессионные уплотнители – готовые изделия из эластомерных материалов, чаще всего из резины или поливинилхлорида, аналогичных материалам гидротехнических шпонок. В сечении профиль этих изделий близок

к квадрату или прямоугольнику и разделен внутренними тонкими перегородками на отдельные изолированные секции.

Для обеспечения эффективного уплотнения зазора деформационного шва, на боковых поверхностях компрессионного уплотнителя должно поддерживаться достаточное контактное давление. Это достигается при условии постоянной работы уплотнителей с определенной степенью сжатия.

Компрессионные уплотнители должны оставаться сжатыми на 15% при максимальном раскрытии деформационного шва. При максимальном сжатии деформационного шва, компрессионные уплотнители не должны сжиматься более чем на 50% от своей номинальной ширины. Исходя из этих условий, подбирается типоразмер устанавливаемого компрессионного уплотнителя. Допустимые деформации компрессионных уплотнителей составляют 35-40% от ширины уплотнителя в несжатом состоянии, т.е. его номинальной ширине.

Для обеспечения большей деформативности при тех же размерах зазора шва и соответственно установленного компрессионного уплотнителя можно воспользоваться модифицированной конструкцией. Модифицированная конструкция компрессионного шва изготавливается в виде трубчатого или коробчатого профиля. В отличие от обычных уплотнителей этого типа количество внутренних секций уменьшено до 1 или 2. Кроме того, такие уплотнители имеют сильно развитые, профилированные боковые поверхности. За счет этого увеличивается их сцепление с боковыми поверхностями деформационного шва. Деформационная способность модифицированных компрессионных уплотнителей достигает ± 50% от номинальной ширины.

В процессе установки компрессионные уплотнители боковыми поверхностями вклеиваются в зазор деформационного шва. Для этого следует использовать клеевые составы, в том числе на основе эпоксидных смол, обладающие адгезией к бетону не ниже 3 МПа.

Разработка системы защиты конструкций и их элементов в узлах сопряжения представляет достаточно сложную проблему, от правильного решения которой в большинстве случаев зависит надежность коррозионной защиты всего сооружения и его длительная безотказная работа. Выполнение таких разработок должно осуществляться специализированными организациями, имеющими соответствующие лицензии.

8. Защита от коррозии бетона и железобетона при ремонтно-восстановительных работах и реконструкции

8.1. Защита от коррозии бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений при ремонтно-восстановительных работах и реконструкции, как и любых других строительных конструкций зданий и сооружений, основывается на системном подходе к оценке состояния сооружения в целом и на индивидуальном подходе к оценке состояния каждого элемента сооружения самостоятельно. Выбор способа ремонта элементов сооружения зависит от их состояния, возраста, условий работы, скорости протекания коррозионных процессов и ряда других факторов.

Причинами преждевременных разрушений железобетонных конструкций может являться: несоответствие изначально выполненных строительных работ проектным требованиям; непредвиденное изменение условий эксплуатации конструкций по окружающей среде и нагрузкам; нарушение правил планово-предупредительных ремонтов и т. д.

Мероприятия по ремонту, восстановлению и защите от коррозии реконструирующихся или эксплуатирующихся транспортных сооружений выполняется в следующем порядке:

а) производится диагностика состояния отдельных конструкций и сооружения вцелом, при которой устанавливаются:

- характер и степень коррозионных поражений;
- причины преждевременных повреждений;
- оценка пригодности к ремонту или восстановлению;

б) оценивается степень агрессивного воздействия среды эксплуатации до ремонта и при последующей эксплуатации;

в) с учетом характера агрессивных воздействий производится:

- разработка обоснованных решений по выбору технологии производства ремонтных работ и выбор материалов;
- уточнение сроков реализаций принятых решений, а также необходимость повторного обследования;
- восстановление свойств и сечений стальной арматуры, бетона, геометрических размеров конструкций в составе сооружения;
- защита от коррозии поверхностей конструкций или их элементов;

г) разрабатываются и реализуются меры по максимально возможному снижению степени агрессивного воздействия среды для дальнейшей эксплуатации конструкций после их ремонта и восстановления.

Степень агрессивного воздействия среды эксплуатации устанавливается по СНиП 2.03.11 и МГСН 2.09.

8.2. Особенности диагностики состояния конструкций, эксплуатирующихся при воздействии агрессивных сред, в отличие от общих правил обследований и диагностики, заключаются в дополнительном наборе определяемых показателей, в применяемых методах установления причин повреждений и методах испытаний, в оценке состояния конструкций и методов прогноза развития коррозионных процессов.

При наличии коррозионных повреждений обследование конструкций сооружения и диагностика состояния отдельных конструкций должны выполняться специализированными организациями и фирмами, имеющие соответствующие лицензии.

Коррозионное обследование является неотъемлемой частью комплексного обследования, на основании которого производится оценка состояния конструкций и сооружения в целом.

Обследование и диагностика коррозионного состояния конструкций предусматривают следующие основные этапы:

- изучение имеющейся проектной документации по сооружению;
- оценка степени агрессивности среды эксплуатации;

- визуальный осмотр;
- инструментальные определения на месте;
- лабораторные исследования (по отобранным пробам материалов – бетона, арматуры, новообразований в теле бетона и на поверхностях конструкций, защитных покрытий);
- оценка состояния конструкций по результатам обследования.

Визуальное и инструментальное коррозионное обследование и лабораторные исследования выполняются в соответствии с действующими стандартами и документами рекомендательного характера. Перечень документов, приведен в разделе 2. Некоторые наиболее часто востребованные методы определений и контроля для диагностических исследований и применяемые для этого приборы приведены в ***Приложении 9.***

8.3. Основными показателями повреждений коррозионного происхождения при ***визуальном*** осмотре являются:

- высолы на поверхностях бетона;
- изменение окраски бетона;
- наличие пятен ржавчины;
- наличие и характер трещин на поверхностях конструкций – хаотично *расположенных, продольных (вдоль расположения арматуры)*, поперечных и наклонных;
- отслоение защитных слоев бетона, обнажение и выпучивание арматурных стержней, ржавчина на их поверхностях, разрывы стальной арматуры;
- наличие сколов, шелушение поверхностей бетона, оголение заполнителя, потеря первоначальных геометрических очертаний сечений элементов конструкций;
- увеличение прогибов конструкций;
- коррозионные повреждения поверхностей закладных деталей;
- изменения окраски и потеря блеска защитных покрытий, отслоение от поверхности бетона, образование пузырей и т. п.

При визуальном обследовании производится классификация и описание дефектов.

8.4. ***Инструментальными*** определениями на месте, выполняемыми главным образом неразрушающими методами контроля, оценивается:

- наличие агрессивных компонентов в воздушной среде сооружения(например, в тоннелях и переходах, в застойных местах межбалочных пространствах широких путепроводов) и в атмосфере наружного воздуха;
- изменение геометрических очертаний конструкций, прогибы элементов;
- ширина раскрытия трещин, их направленность и протяженность, сплошность тела бетона;
- толщина защитного слоя бетона;
- толщина преобразованного слоя и щелочность бетона;

- прочность водонепроницаемость, воздухонепроницаемость и влажность бетона;
- количество поступающей воды и паров сквозь тело бетона;
- электросопротивление бетона и электродный потенциал арматуры в бетоне;
- глубина и характер коррозионных поражений арматуры;
- качество заполнения инъецируемым раствором каналов с напрягаемой арматурой;
- усилие натяжения напрягаемой арматуры.

8.5. ***Лабораторные исследования*** выполняются на отобранных пробах и заключаются в следующем:

- при отсутствии первоначальных сведений уточняется состав бетона (вид цемента и заполнителей, их ориентировочное соотношение в объеме, количество пор, водонепроницаемость бетона по показателю водопоглощения по массе по кускам бетона взятого из конструкций или по выбуренным кернам);
- прочность и морозостойкость бетона по выбуренным кернам;
- физико-механические свойства поврежденных арматурных элементов, отобранных из конструкций (сопротивление разрыву, относительное удлинение при растяжении, сопротивление при изгибе);
- наличие и концентрация хлоридов, сульфатов и других активных к бетону и стали агрессивных компонентов (в бетоне, в пограничном слое между бетоном и арматурой, в составе ржавчины);
- щелочность бетона (значение pH);
- химический анализ фильтрующих грунтовых вод;
- химические анализы продуктов новообразований;
- наличие и вид грибковых и бактериальных поражений.

8.6. Диагностическое обследование, как правило, включает два этапа: предварительное обследование и детальное обследование. Выполнение только визуального обследования обычно дает заниженные результаты по объемам ремонтных работ. В этой связи при невозможности выполнения детального обследования сооружения, для корректировки объемов ремонтных работ в расчетах рекомендуется вводить повышающий коэффициент, равный: для конструкций простого профиля - 2,0 и для конструкций сложного профиля - 2,2.

На основании анализа результатов комплексного обследования, включающего в себя материалы коррозионных обследований, производится оценка (в том числе и расчетная) состояния отдельных конструкций и здания в целом, прогноз долговечности без учета и с учетом ремонтных работ, составляется проект ремонтно-восстановительных работ (а в случае необходимости проект усиления) или реконструкции сооружения.

8.7. Выбор мер защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений при ремонтно-восстановительных работах или при реконструкции производится в зависимости от степени и харак-

тера коррозионных повреждений, установленных по результатам обследования и диагностики их состояния.

При эксплуатации сооружения повреждения возникают, как правило, вследствие нескольких причин, поэтому проектное решение по созданию системы антикоррозионной защиты сооружения осуществляется путем комплексного подхода, основанного на системе методов защиты, адаптированных применительно к конкретным элементам сооружения и условиям их эксплуатации.

8.8. Наиболее характерные коррозионные повреждения элементов конструкций транспортных сооружений приведены в **Таблице 8.1.**

Таблица 8.1

Категория условий эксплуатации (по 3.5.)	Наиболее часто встречающиеся повреждения	Возможные причины коррозионных повреждений
1	2	3
2	Коррозия арматуры и стальных элементов	1. Недостаточность защитных свойств бетона вследствие повышенной проницаемости: при воздействии агрессивных газов, попеременном увлажнении и высушивании, замерзании и оттаивании бетона на открытом воздухе. 2. Наличие трещин в бетоне усадочного и силового происхождения. Результат воздействий - коррозия арматуры различной степени, появление продольных трещин, отслоение защитного слоя бетона.
3	Коррозия арматуры и бетона	То же, что и выше, усугубляемое морозными воздействиями на насыщенный водой или растворами противогололедных реагентов бетон. Результат физико-химического воздействия – размораживание, сопровождающееся понижением прочности, растрескиванием, шелушением и выкрашиванием бетона с поверхностей конструкций, коррозия арматуры различной степени.

Защита от коррозии при ремонтно-восстановительных работах или при реконструкции отличается от защиты новых конструкций, хотя при ремонте

зачастую применяются те же защитные материалы, что и для вновь возводимых конструкций.

В основной перечень ремонтных работ при наличии коррозионных повреждений входят следующие:

- подготовка поверхностей с удалением продуктов коррозии и нарушенных участков защитных покрытий (у арматуры, стальных элементов, бетона);
- восстановление площади сечений ненапрягаемых арматурных стержней (если имеется такая необходимость);
- защита поверхностей арматуры и стальных элементов составами протекторного или ингибирующего действия, не снижающими сцепления арматуры с бетоном, восстановление защитного слоя бетона с обеспечением его защитных свойств по отношению к арматуре;
- восстановление геометрических размеров конструкций путем заделки нарушенных участков бетоном или раствором с обеспечением совместной работы нового бетона со старым;
- залечивание трещин;
- нанесение (при необходимости) защитных покрытий на поверхности бетона и стали.

8.9. Бетоны для ремонтно-восстановительных работ должны отвечать требуемым нормам по защите от коррозии по водонепроницаемости, морозостойкости, коррозионной и биологической стойкости и надежной адгезии нового ремонтного бетона к старому. При этом прочность восстанавливаемого бетона должна быть не ниже прочности конструкций.

В случаях, когда по результатам обследований устанавливается несоответствие исходных свойств бетона восстанавливаемых конструкций проектным требованиям (марке по водонепроницаемости и морозостойкости, коррозионной стойкости или биостойкости и т.п.), необходимо прибегать к мерам поверхностной защиты конструкций после их восстановления.

Для ремонта поврежденного бетона рекомендуются различные материалы – тяжелые и мелкозернистые бетоны, растворы и составы на основе цемента с различного рода добавками. Выбор ремонтного материала зависит от вида и размеров повреждений, назначения элемента и условий эксплуатации.

В качестве ремонтных составов могут быть рекомендованы материалы, представленные в ***Приложении 5***, а также ряд других составов и композиций, в том числе:

- тиксотропный раствор ЭМАКО С88;
- полимерцементная дисперсия «Структурит»;
- мелкозернистый сталефибробетон из сухой смеси РМ-26М;
- модифицированные полимерные составы для устройства тонких покрытий и защитных слоев «Тейпкрит»;
- полимеракриловая дисперсия «СЕМПИ»;
- полимерцементное покрытие на базе ПВАД (ПВАЭ);
- жесткие, полужесткие и эластичные составы на базе эпоксидных смол;

- эластичные эпоксидсодержащие растворы марок ЭЛД для инъецирования и герметизации трещин;
- кольматирующие материалы проникающего действия (детально представлены в разделе 5 и соответствующих ***Приложениях***);
- материалы проникающего действия типа акрилполимер АКРИЛ-100, КОНСОЛИД и др.в качестве связующего слоя между старым и новым бетоном.

Некоторые свойства материалов для заделки повреждений приведены в ***Приложении 10.***

При ремонтно-восстановительных работах для повышения стойкости стальных элементов в состав ремонтного бетона вводятся добавки ингибиторы смешанного (анодно-катодного) действия.

При коррозионных повреждениях арматуры, в результате которых снижаются сечения и изменяются физико-механические характеристики арматурного элемента, необходимо восстановление путем удаления поврежденных участков с заменой их на новые или усиление конструкции другими путями, в том числе листовыми материалами методом внешнего армирования(стеклопластик, углепластик, металл) по специально разработанным проектам.

Способы ремонта и восстановления конструктивных элементов транспортных сооружений с применением новых отечественных и зарубежных материалов достаточно детально изложены в «Руководстве по устранению дефектов и лечению трещин в крупноразмерных железобетонных конструктивных элементах транспортных сооружений» (см. раздел 2).

8.10. Важными факторами, определяющими качество восстанавливаемой системы антикоррозионной защиты, являются совместимость применяемых материалов и составов со «старым» бетоном.

Совместимость материалов характеризуется, как равновесие по физическим (соответствие прочностных характеристик на сжатие, растяжение, сдвиг, модуль упругости, коэффициент температурного расширения и т.д.), химическим и электрохимическим свойствам и размерам, достигнутое между материалом, используемым для ремонта, и основой.

Общие требования по физической совместимости ремонтных материалов со «старым» бетоном приведены в **Таблице 8.2.**

На практике очень трудно добиться полного соответствия физических свойств ремонтных составов со «старым» бетоном. Если среднее значение параметров (материалы для ремонта, бетон) отличаются по величине не более ±10%, то можно считать их совместимыми.

Химическая совместимость материалов для ремонта и «старого» бетона основывается на соответствии их свойств по показателю pH, отсутствию в них химических веществ, вступающих во взаимодействие с составляющими цементного камня, заполнителей, стальной арматуры и пр.

Таблица 8.2

Свойство материалов	Примерное соотношение между свойствами ремонтных материалов (А) и «старым» бетоном (В)*
Деформации усадки	А - не вызывающие появления усадочных трещин
Коэффициент температурного расширения	$A \approx B$
Модуль упругости	$A \approx B$
Прочность на растяжение	$A \geq B$
Адгезия	С отрывом по старому бетону
Непроницаемость	$A > B$

* символ «≈» обозначает близкие величины параметров бетонов

9. Требования безопасности

9.1. При производстве работ по защите поверхностей бетонных и железобетонных строительных конструкций транспортных сооружений необходимо соблюдать правила техники безопасности, предусмотренные:

- СНиП III-4 «Техника безопасности в строительстве»;
- ППБ 01 «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации»;
- ПОТ РМ 017 «Межотраслевые правила по охране труда при окрасочных работах».

9.2. В целях обеспечения пожарной безопасности (см. п. 5.10 настоящего пособия), конструкции стен и перекрытий внутри тоннелей и подземных переходов должны быть защищены материалами на минеральной основе.

9.3. Все защитные материалы должны иметь сертификаты пожарной и санитарно-гигиенической безопасности, сопровождаться паспортом безопасности вещества, предусмотренного ГОСТ 12.1.052.

9.4. Все окрасочные работы, связанные с применением лакокрасочных материалов в строительстве, должны проводиться в соответствии с общими требованиями безопасности по ГОСТ 12.3.002, ГОСТ 12.3.005 и ГОСТ 12.3.035.

Приложение 1
(справочное)
Перечень бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений и ориентировочный срок их службы

Сооружение	Элементы сооружения	Ориентировочный срок службы, лет
Мосты	опоры, ригели, пролетные строения	70-100
	подпорные стенки	70-90
	плита проезжей части, элементы опорных частей	30-50
Путепроводы	опоры, ригели, пролетные строения	70-100
	подпорные стенки	70-90
	плита проезжей части, элементы опорных частей	30-50
Тоннели	стены, перекрытия	70-100
	плита проезжей части	30-50
Автомагистрали	дорожные покрытия	20-40
Подземные переходы (пешеходные сооружения тоннельного типа)	подпорные стенки, ригели, плита перекрытия	70-90
	лестничные сходы	20-50
Закрытые надземные переходы (пешеходные мосты)	опоры, пролетные строения, ригели	70-90
	плита пешеходной части	30-50
	лестничные сходы	20-50
Элементы обустройства автомобильных дорог	дорожные ограждения (наружные ограждения и ограждения разделительных полос, бортовые камнии т.п.), карнизы, сигнальные столбики, водоотводные лотки	20-40
	шумозащитные экраны	30-50

Приложение 2
(Справочное)
Уровень загрязнений атмосферного воздуха на наиболее загруженных участках автомагистралей г. Москвы [1]

Участки контроля	Вид и концентрация[2] контролируемого вещества, мг/м^3		
	Суммарные оксиды в пересчете на NO_2	Оксид углерода CO	Прочие
Варшавское шоссе	1,518	12,5	Среднегодовая концентрация на территориях вблизи автотрасс: диоксида серы 0,006, аммиака 0,04-0,12, твердых взв. частиц 40-50мкг/куб.м. Среднегодовая концентрация хлористого водорода на территории города - 0,01 Содержание сажи в тоннелях – до 60мкг/куб.м.
Ярославское шоссе	2,895	19	
Ленинградское шоссе	1,95	19,5	
Ленинский проспект	0,885	16,5	
Садовое кольцо	4,233	57,6	
Бульварное кольцо	1,462	22,0	
МКАД	4,348	7,5	
В конце тоннелей:			
Гагаринского,	3,75	39,1	
Лефортовского	1,48	57,3	
Таганского	6,95	140,2	

1) Информация об уровне загрязнений атмосферного воздуха на автотрассах города по данным за 2002-2004 гг. предоставлена ГПУ «Мосэкомониторинг».

2) Максимальные из среднегодовых значений по участкам трассы в часы пик.

Приложение 3
(Справочное)

Противогололедные реагенты, применяемые на автомагистралях г. Москвы[1)]

№№	Наименование	Состав	Нормы расхода	Агрессивность[2)] к	
				стали	бетону
1	ХКМ жидкость	Раствор хлористого кальция модифицированный, 32%	40-110 мл/м^2 [3)]	++	+
2	Антиснег-1 жидкость	Раствор ацетата аммония, 30%	20-45 мл/м^2	–	+
3	Нордикс-П жидкость	Раствор ацетата калия, 30%	20-45 г/м^2	–	+
4	ХКФ твердый	Хлористый кальций, ингибированный фосфатами	20-70 г/м^2	+	+
5	Биомаг твердый	Хлористый магний модифицированный	30-80 г/м^2	++	+

1) По «Временной инструкции по технологии зимней уборки проезжей части улиц и проездов с применением химических противогололедных реагентов и щебня фракции 2-5 мм» УЖКХ Правительства Москвы 2002г

2) ++ Очень сильное,
+ сильное,
– отсутствует.

Приложение 4
(рекомендуемое)

Лакокрасочные тонкослойные материалы для защиты железобетонных конструкций от коррозии и рекомендуемые области применения

Характеристика лакокрасочного материала по типу плёнкообразующего	Катег. условий	Марка материала	Нормативный документ	Индекс[1], характеризующий стойкость	Условия применения покрытий на конструкциях из железобетона
1	2	3	4	5	6
Алкидные	1	Эмали ПФ-115 Эмали ПФ-133	ГОСТ 6465-76* ГОСТ 926-82*	а, ан, п	Наносятся по грунтовкам лаками ПФ-170, ПФ-171
Масляные	1	Краски масляные цветн., густотёртые	ГОСТ 8292-85*	а, ан, п	Наносятся по грунтовке олифой натуральной, оксоль, разбавленной краской
Нитроцеллюлозные	1	Эмаль НЦ-132	ГОСТ 6631-74*	а, ан, п	Наносится по грунтовке НЦ-134
Полимерцементные краски ПВАЦ, СВМЦ, СВЭЦ на основе поливинилацетатной дисперсии	1	Дисперсия ДБ-47/7С или ДБ-40/2С Дисперсия СВЭД-10ВМ	ГОСТ 18992-80* ТУ6-05-041-399-72	а, ан, п	Наносится по грунтовке ГКЖ-10, ГКЖ-11, ПВАД; грунтование разбавленной дисперсией; латексом СКС-65ГП
Органосиликатные	1	ОС-12-03	ТУ 84-725-78	ан, п	Грунтование разбавленной краской
Каучуковые	1	КЧ-112	ТУ 2388-012-02966758-99	а, ан, п	Грунтование разбавленной краской
Кремнийорганические жидкости	1	ГКЖ-10 ГКЖ-11 ГКЖ-11У 136-41	ТУ 6-02-696-76 ТУ 6-02-696-76 ТУ 6-05-116877 21-009-94 ГОСТ 10834-76	а	Глубинная (поверхностная) пропитка
Кремнийорганические	2	Эмаль КО-174 Эмаль КО-168	ТУ 6-02-576-87 ТУ 6-02-900-74	а, ан, п а, ан, п	Грунтование разбавленной краской

Продолжение Приложения 4

1	2	3	4	5	6
Перхлорвиниловые и на сополимерах винилхлорида	1	Эмаль ХВ-16 Эмаль ХВ-113 Эмаль ХВ-110 Эмаль ХВ-124, ХВ-125 Эмаль ХВ-1120	ТУ 6-10-1301-83 ГОСТ 18374-79 ГОСТ 18374-79 ГОСТ 10144-89 ТУ 6-10-1277-77	а, ан, п а, ан, п а, ан, п а, ан, п а, ан, п	Наносятся по грунтовке лаками ХВ-784, ХС-76, ХС-724 Наносится по грунтовке лаками ХВ-784, ХС-76 и по краске ПВАЦ
Водно-дисперсные акриловые	1, 2	ВД-КЧ-1Ф, ВД-АК-1Ф	ТУ 2316-001-34895698-96	а, ан, п	Наносится по грунтовке разбавленной краской
		ВД-АК-1505 «УХРА-1505»	ТУ 2316-002-29346883-01	а,ан, п	Наносится по грунтовке ВД-АК-0501 «УХРА-0501»
		ВД-АК «Гамма-Элан»	ТУ 2316-012027524984-01	а, ан, п	–
Хлорсульфированный полиэтилен	2	Лак ХП-734	ТУ6-00-05763458-82-89	а, ан, п, тр	Наносится по грунтовке лаком ХП-734
Эпоксидные	1, 2	Гамма-ВЭП	ТУ 2316-013-27524984-00	а, ан, п	Наносится по грунтовке разбавленной краской
		Эмаль «Виникор-62»	ТУ 2312-001-31962750-99	а, ан, п	Наносится по лаку «Виникор-63»
Эпоксидно-каучуковые	2	ЗПСМ-Б ЗПСМ-Б-3 ЗАС-3	ТУ 2313-003-52591105-00 ТУ 2313-037-52591105-04 ТУ 6-05-11687721-026-97	а, ан, п	Наносится по ЗМСМ-Б-грунт – Наносится по ЗАС -1
Акриловые	2	ВАК-МБ	ТУ 2257-003-29363290-00	а, ан,п	–

1) Значение индексов означает стойкость покрытия: а - на открытом воздухе; ан – то же, под навесом; п – в помещениях; тр – химически стойкие, трещиностойкие.

(справочное)

Лакокрасочные толстослойные композиции, комбинированные системы, пропиточно-кольматирующие защитные материалы и область их применения[1)]

Вид покрытия	Наименование, номер техн. условий	Кат. условий	Параметры систем защиты[2)], мм		Основной тип действия	Основные свойства
			$h_{пр}$,	$\delta_{сл}$,		
1	2	3	4	5	6	7
Лакокрасочные толстослойные	Состав ТФ-1 ТУ 5770-004-70017137-03	2	–	1,5-2,0	Защитное гидроизолирующее	Наносятся на поверхность бетона. Предотвращает попадание влаги в тело бетона, защищает поверхность бетона от воздействия растворов ряда солей, повышает стойкость бетона к морозным воздействиям
	Композиция «УТК-М», ТУ 2252-002-29363290-97	2	–	0,25-0,4		Наносятся на поверхность бетона. Предотвращает попадание влаги в тело бетона, защищает поверхность бетона от воздействия некоторых жидких агрессивных сред, повышает сохранность арматуры в бетоне, стойкость бетона к морозным воздействиям
	Композиция «ВУК», ТУ 2252-003-55244485-01	2	–	0,25-0,4		
	Композиция «РИКОЛ» ТУ 2224-009-21062608-96	2	–	0,3-0,35		
	Мастика «Гермокрон», ТУ 2513-0001-20604464-99	2	–	0,3-0,38		
	Мастика уретановая, ТУ 5775-004-22474224-96	2	–	2,0-2,2		
Лакокрасочные комбинированные системы покрытий	«Силор»+ «УТК-М» ТУ 2257-001-29363290-97 ТУ 2252-002-29363290-97	2,3	5-15	0,3-0,4		
	«Консолид»+ «ВУК» ТУ 2252-002-55244485-01 ТУ 2252-003-55244485-01	2,3	5-10	0,3-0,4		
	«ЗАС-1» + «ЗАС-3» ТУ 6-05-11687721-026-97	2,3	–	0,2-0,25		

Продолжение Приложения 5

1	2	3	4	5	6	7
Лакокрасочные комбинированные системы покрытий	«ЗПСМ-гидрофоб-1» + «ЗПСМ-Б-грунт» ТУ 2229-010-52591105-02 ТУ 2313-006-52591105-00	2	20-25	0,05-0,06	Защитное гидроизолирующее	Наносятся на поверхность бетона. Предотвращает попадание влаги в тело бетона, защищает поверхность бетона от воздействия некоторых жидких агрессивных сред, повышает сохранность арматуры в бетоне, стойкость к морозным воздействиям
	«ЗПСМ-гидрофоб-1» + «ЗПСМ-Б-грунт» + «ЗПСМ-Б» ТУ 2229-010-52591105-02 ТУ 2313-006-52591105-00 ТУ 2313-006-52591105-00	3	20-25	0,2-0,25		
Пропиточно-кольматирующие на полимерной основе	«ЗПСМ-гидрофоб-1», ТУ 2229-010-52591105-02	2	20-25	–	Гидрофобизирующее	Наносится на поверхность бетона Предотвращает попадание влаги в тело бетона
	ВХВД – 65, ТУ 6-01-1170-78 (с изменениями 1-4)	2	5-10	–	Защитное	Пропитка выполняется в электрополе. Предотвращает попадание влаги в тело бетона, защищает поверхность бетона от воздействия растворов ряда солей
	Композиция «Консолид», ТУ 2252-002-55244485-01	2	5-15	–	Уплотняющее, защитное	Наносятся на поверхность бетона. Предотвращает попадание влаги в тело бетона, защищает поверхность бетона от воздействия растворов ряда солей, повышает сохранность арматуры в бетоне, стойкость бетона к морозным воздействиям
	Композиция «Силор», ТУ 2257-001-29363290-97	2	5-10	–	Уплотняющее, защитное	
	Состав ВВМ-М ТУ 2310-001-43233022-02	2	5-10	–	Гидрофобизирующее, защитное	Наносится на поверхность бетона. Предотвращает попадание влаги в тело бетона, защищает поверхность бетона от воздействия растворов ряда солей, повышает стойкость бетона к морозным воздействиям

Продолжение Приложения 5

1	2	3	4	5	6	7
Проникающие на цементно-полимерной основе	Кальмафлекс ТУ 5716-001-18332866-03	2	3 - 20	1,5-5	Кольматирующее, уплотняющее, тампонирующее	Наносится на поверхность бетона. Предотвращает попадание влаги в тело бетона, защищает поверхность бетона от воздействия большинства агрессивных сред, повышает сохранность арматуры в бетоне
	Акватрон, ТУ 5770-080-07508005-99	2			Кольматирующее, уплотняющее	Наносится на поверхность бетона. Предотвращает попадание влаги в тело бетона защищает поверхность бетона от воздействия некоторых агрессивных сред
	Гидротэкс ТУ 5716-001-48526029-00	2			Кольматирующее, уплотняющее	Наносится на поверхность бетона. Предотвращает попадание влаги в тело бетона
	Лахта, ТУ 5775-005-395004194-00	2				
	Гидроплаг, ТУ 5745-011-00284345-99	2	–		Тампонирующее	Наносится на поверхность бетона и дефектные места. Быстрое устранение течей
	ГИДРО – S, ТУ 5734-0,93-46854090-99	2		5-10	Гидроизолирующее	Наносится на поверхность бетона. Предотвращает попадание влаги в тело бетона

1) При выборе составов следует учитывать требования п.8.2.

2) $h_{пр}$ и $\delta_{сл}$ - соответственно глубина пропитки и толщина покрытия.

Приложение 6
(справочное)
Технические характеристики некоторых рулонных гидроизоляционных материалов

Материал, марка	Характеристики материала				
	Масса 1 м^2	Армирующая ткань	Прочность. на разрыв, Н/50мм	Температура хрупкости., °С	Теплостойкость, не ниже, °С
Изопласт П ЭМП-5,5 ТУ 5774-005-05766480-95	5,5	Полиэстер	800	-	120
Изопласт К ТУ 5774-005-05766480-95	4,0-6,0	То же	600	-40	90
Мостопласт ТУ 5774-025-01393697-99	5,5	То же	1000	-	150
Изоэласт П ТУ 5774-007-05766480-2002	3,0-5,5	То же	600	-40	90
Изоэласт К ТУ 5774-007-05766480-2002	4,0-6,0	То же	600	-40	90
Рубитексмост ТУ 5774-003-00289973-95*	5,5	То же	600	-40	85
Люберитмост ТУ 5774-003-18060333-2000	4,5	То же	600	-20	85
Техноэластмост Б ТУ 5774-004-00287852-99	4,5	То же	600	-25	100
Техноэластмост С ТУ 5774-004-00287852-99	5,5	То же	1000	-25	110
Техноэласт ЭМП ТУ 5774-003-00287852-99	5,0	То же	670	-	100
Техноэласт ЭМП ТУ 5774-003-00287852-99	5,0	Стеклоткань	780	-	100

Приложение 7
(справочное)
Эффективность различных защитных покрытий по ряду значимых показателей [1)]

Системы вторичной защиты	Наименование защитного покрытия[2)]	Наименование показателя			
		Адгезия покрытия к бетону, МПа ГОСТ 28574-90	Водонепроницаемость, МПа ГОСТ 12730.5-84	Водопоглощение, % ГОСТ 12730.3-78	Морозостойкость, циклы ГОСТ 10060.2-95
1	2	3	4	5	6
Эталон сравнения[3)]	Бетон без защиты		W4	4,5	150
Лакокрасочные толстослойные	Композиция «УТК-М»	2,7	более W12	0,05	400
	Мастика уретановая	1,7		–	–
	Композиция «ВУК»	2,7		0,05	400
	Композиция «РИКОЛ»	2,7		2,0	350
Лакокрасочные комбинированные системы покрытий	Силор+УТК-М	3,0	W16	0,02	450
	Консолид+ВУК	2,8	W16	0,02	450
	ЗАС-1 + ЗАС-3	3,2	W12	0,35	350
	ЗПСМ-гидрофоб-1 + ЗПСМ-Б-грунт	3,0	W12	2,0	300
	ЗПСМ-гидрофоб-1 + ЗПСМ-Б-грунт + ЗПСМ-Б	3,0	W16	0,5	350

Продолжение Приложения 7

1	2	3	4	5	6
Пропиточно-кольматирующие на органополимерной основе	Силор	–	W14	0,03	Увеличивается не менее, чем на 2 марки
	Консолид	–	W14	0,03	
	ВХВД- 65	–	W12	0.15	
Пропиточно-кольматирующие на цементно-полимерной основе	Кальмафлекс	2,0	W12-15	0,35	
	Акватрон		W12		
	Гидротэкс		W10		
	Лахта		W10-12		

1) При выборе составов следует учитывать требования п.8.2.
2) При всестороннем нанесении покрытия
3) Бетон, подлежащий защите

Приложение 8
(справочное)
Материалы для защиты стальной арматуры и стальных закладных деталей и соединительных элементов

Назначение	Наименование, номер технических условий	Основной тип действия	Основные свойства
Модификатор ржавчины	ИФХАН-58ПР ТУ 37-110-58-02	Преобразователь ржавчины	Наносится на поверхность стали, имеющей налет ржавчины: толщиной до 300 мкм и в трудно доступных местах
Цинкнаполненная краска	ЦИНОЛ ТУ 2313-012-12288779-99	Протекторная защита	Наносится на поверхности стальных закладных деталей и соединительных элементов

Приложение 9
(рекомендуемое)

Основные показатели и приборы для диагностических исследований

1. ***Влажность и температуры воздуха, влажности бетона*** оцениваются приборами типа HYDROMETTE UNI 2 фирмы GANN.

В комплекте с UNI 2 используются различные электроды и пробники:

- MB 35 - для измерения поверхностной влажности бетона, в том числе и перед нанесением покрытий с диапазоном от 2 до 8%;
- B50 - для измерения глубинной влажности бетона (до 120 мм) и влажности под покрытием;
- IR 40 - для измерения температуры поверхности от -20 до +199^{0}C, с разрешающей способностью - 0,1^{0}C;
- RF-N28 - для измерения относительной влажности и температуры воздуха с диапазонами от 7 ÷ 98% и -10 ÷ +80^{0}C.

Для измерения влажности строительных материалов (песок, бетон, кирпич и др.) используются приборы - измеритель влажности материалов ВИМС-1, измеритель влажности стройматериалов ВЛАГОМЕР-МГ4, выпускаемые СКБ СТРОЙПРИБОР по разработке НПП "Карат".

2. ***Наличия агрессивных веществ в газовой фазе*** определятся с помощью газоанализатора и комплекта соответствующих индикаторов. Оценку агрессивности среды следует выполнять согласно СНиП 2.03.11-85.

3. ***Анализ грунтовых вод***, на содержание Cl^-, SO^{2-}_4, агрессивной углекислоты и pH (Приложение 1 к ГОСТ 9015-74*) на строительной площадке производят с помощью компактной переносной лаборатории - Aguamerck (Германия).

4. ***Защитный слой бетона*** в местах с обнаженной арматурой измеряется с помощью стандартного измерительного оборудования.

Определение величины защитного слоя бетона, без вскрытия арматуры следует выполнять электромагнитным методом в соответствии с ГОСТ 22904-78 при помощи прибора типа PROFOMETER-4 фирмы PROCEQ (Швейцария), обладающего разрешающей способностью по глубине – 300 мм. Этот прибор одновременно позволяет определить диаметр арматуры в конструкции.

Используются также отечественные приборы - измеритель защитного слоя ПОИСК- 2.3/2.4 (рабочий диапазон защитного слоя - до 130 мм) и измеритель параметров армирования ИПА-МГ4, выпускаемые СКБ СТРОЙПРИБОР по разработке НПП "Карат".

5. ***Трещины в конструкциях*** фиксируются по ширине раскрытия, глубине, протяженности и направленности.

Для определения размеров трещин могут применяться различные механические и оптические приспособления, трещиномеры, реперы, маяки, увеличительные стекла и т.д.:

- прибор универсальный ультразвуковой ПУЛЬСАР-1,0, диапазон измерения времени 10-2000 мкс (НПП "Карат");
- увеличительные стекла типа F+C с разрешающей способностью от 0,05 до 15 мм и точностью измерения - 0,05 мм;
- измеритель ширины раскрытия трещин W9193 с разрешающей способностью от 0,05 до 5 мм м точностью измерения 0,05 мм;
- деформометр R3413 для определения величины линейных деформаций и усадок, с точностью измерения 0,001 мм и измерительной базой от 200 до 1400 мм.

6. ***Проницаемость бетона*** в натурных условиях оценивается с помощью приборов типа TORRENT фирмы PROCEQ (Швейцария) или российского прибора АГАМА-2Р.

7. ***Водопоглощения бетона*** по массе в % производится в соответствии с ГОСТ 12730-78 и ГОСТ 12730.3-78 при допущении отклонений от требований ГОСТ 12730-78 в части наименьшего объема образцов, с погрешностью до 0,1%. Качественный бетон не должен иметь водопоглощение более 5,7%.

8. ***Глубина карбонизации бетона*** определяется колориметрическим методом: сколы на конструкции или выбуренные из тела бетона керны раскалываются и свежеобразованная поверхность скола бетона смачивается 0,1%-ным спиртовым раствором фенолфталеина. При увлажнении бетона с pH ≥ 8,3 раствором фенолфталеина на нем появляется малиновое окрашивание, при pH < 8,2 бетон сохраняет свой первоначальный цвет и это указывает, что он подвергся карбонизации и не предохраняет арматуру от коррозии.

9. ***Коррозионное состояние арматуры*** в бетоне при отсутствии визуальных проявлений производится методом измерения потенциала стали в бетоне при помощи приборов типа CANIN и RESI фирмы PROCEQ.

Критерием служит величина электродного потенциала стали в бетоне по отношению к насыщенному медно-сульфатному электроду: Общие принципы оценки коррозии арматурной стали в бетоне указывают, что показания электродного потенциала $Cu/CuSO_4$ могут рассматриваться следующим образом:

- Показания потенциал < -0,200 В - существует 90% вероятности отсутствия коррозии.
- Показания потенциал от -0,200 В до -0,350 В - возрастающая вероятность коррозии.
- Показание потенциал более отрицательное, чем -0,350 В - существует 90% вероятность коррозии металла.

Интерпретация данных о значениях электродного потенциала в конструкциях при появлении затруднений в случаях различной структуры, засоленности, влажности и температуры бетона должна корректироваться другими методами. При оценке результатов измерений электродного потенциала необходимо дополнительно оценивать состояние арматуры проверять их значение с помощью других неразрушающих методов, например, электромагнитных, а также с помощью контрольного вскрытия арматурного каркаса.

В местах вскрытия арматуры определяется толщина защитного слоя бетона, глубина карбонизации, наличие ионов Cl^-. В этих же местах производится отбор проб бетона для лабораторного определения влажности, водопоглощения и т.д.

Состояние напрягаемой арматуры (проволоки или прядей) оценивается по образцам, взятым из исследуемого арматурного элемента по методам ГОСТ 10884 или EN 10138.

10. ***Наличие в бетоне ионов Cl*** при проведении обследования на строительной площадке определяется на поперечном изломе бетона в местах вскрытия арматуры с помощью 1% раствора нитрата серебра ($AgNO_3$). При наличии в бетоне хлоридов более 0,5% от веса цемента бетон конструкции среднего качества становится потенциально опасным возникает опасность коррозии для арматурного каркаса. В предварительно напряженных конструкциях допустимое величина содержание хлоридов составляет ≈ 0,1%.

11. ***Прочность на сжатие*** определяется различными методами.

К методам неразрушающего контроля относятся:

- *Механические методы* (пластической деформации – молотки Кашкарова, Физделя; склерометрическим методом - в соответствии с ГОСТ 22690-88 с использованием молотков Шмидта, производимых фирмой PROCEQ или ОМШ-1, работа которых основана на принципе упругого отскока; скалыванием ребра конструкции и отрывом со скалыванием приборами ГПНС-4, ГПНВ-5 по ГОСТ 22690-88, приборами - измеритель прочности ИПС-МГ4, ИПС-МГ4+ фирмы СКБ Стройприбор, ОНИКС-2.4 НПП Карат.

  Склерометрические и ультразвуковые измерения позволяют определить поверхностную твердость бетона и получить данные по прочности бетона по корреляционным зависимостям «прочность бетона - скорость ультразвуковой волны - величина упругого отскока».
- *Ультразвуковые методы*, реализуемые с помощью серийных приборов типа УКБ, УК-14П, УК-10ПМС и TICO фирмы PROCEQ (Швейцария).

Массовые измерения скорости продольных волн следует проводить с использованием малогабаритных переносных приборов УК-14П и TICO с цифровым видом индикации. Ультразвуковые измерения позволяют: выполнить измерение прочностных и упругих характеристик бетона, оценку однородности бетона, выявить степень и глубину ослабления его поверхностных слоев.

Ультразвуковые измерения необходимо проводить совместно со склерометрическими испытаниями по сплошной сетке с шагом, соответствующим детальности контроля (обычно по сетке 0,5-2 м).

Исследования бетона по выбуренным из конструкций кернам осуществляются на стационарных гидравлических прессах.

Выбуривание производится при помощи установок алмазного кернового бурения, например, типа DD-100 или DD-250 фирмы HILTI. Прессовые

испытания образцов бетона проводятся на гидравлических прессах по ГОСТ 28570-90 с учетом ГОСТ 18105-86. По результатам прямых испытаний бетона устанавливается его фактическая прочность и определяется средний поправочный коэффициент для построения тарировочных зависимостей.

12. ***Когезионная прочность*** поверхностных слоев бетона *или* прочность бетона на растяжение, а также ***адгезия*** любого вида ***покрытий и ремонтных составов*** к бетону определяется с помощью прибора DINA.

Методика проведения испытаний включает следующие операции:

- монтаж круглого штампа Ø50мм на обследуемом участке конструкции (высота штампа из стали – 20 мм, из алюминия – 30 мм) клеевым составом на основе эпоксидных смол (адгезия клеевого состава к бетону не ниже 3,0 Н/мм^2);
- бурение кольцевого пропила вокруг штампа алмазной коронкой, глубина бурения принимается на 10-20 мм больше, чем толщина контролируемого слоя;
- установка прибора, захват головки штампа и нагружение образца до отрыва.

В зависимости от возможной прочности поверхностных слоев можно применять приборы с различной величиной разрывного усилия: от 5 до 50 кН. Одним из важных условий выполнения испытаний является соблюдение перпендикулярности прилагаемой нагрузки к плоскости штампа.

Достаточным считается выполнение пяти испытаний, если погрешность результатов менее 10%, а для покрытий – если результаты превышают значение 1,7 Н/мм^2. При меньших значениях адгезии покрытий количество испытаний должно быть удвоено. Кроме того, при проведении испытаний следует учитывать расположение поверхности конструкции с нанесенным покрытием – горизонтальное, вертикальное, потолочное, введением соответствующих поправочных коэффициентов: 1; 0,75; 0,5.

13. Остаточная ***морозостойкость*** бетона оценивается по выбуренным из конструкций кернам по методам ГОСТ 10060.

Приложение 10
(справочное)
Некоторые свойства материалов для заделки повреждений*)

Растворы на цементной основе с полимерными добавками	Прочность на сжатие, кг/см^2	Адгезия кг/см^2	Морозо-стойкость F
«Структурит»	450-500	26-34	300
Акрил-100	557	22	300
«СЕМПИ»	360	26	300
ЭМАКО С-88	650	65	300
Тейпкрит	400-600	40-60	300

*) По данным «Руководства...», поз.69 раздела 2 настоящего пособия.

Научно-техническое издание

ПОСОБИЕ

к МГСН 2.09-03
Защита от коррозии
бетонных и железобетонных конструкций
транспортных сооружений

Ответственная за выпуск Л.А. Бычкова

Управление экономических
исследований, информатизации
и координации проектных работ
ГУП «НИАЦ»

125047, Москва, Триумфальная пл., д 1

Подписано к печати 19.07.04 Бумага писчая. Формат 60x84 1/6

Право распространения указанного сборника принадлежит ГУП «НИАЦ».
Любые другие организации, распространяющие сборник нелегально, тем самым нарушают авторские права разработчиков.
Материалы издания не могут быть переведены или изданы в любой форме (электронной или механической, включая фотокопию, репринтное воспроизведение, запись или использование в любой информационной системе) без получения разрешения от издателя.

За информацией о приобретении издания обращаться:
ГУП "НИАЦ" тел.(095)251-99-58
Факс: 250-99-28
(здание Москомархитектуры, 5 этаж ком.517б).