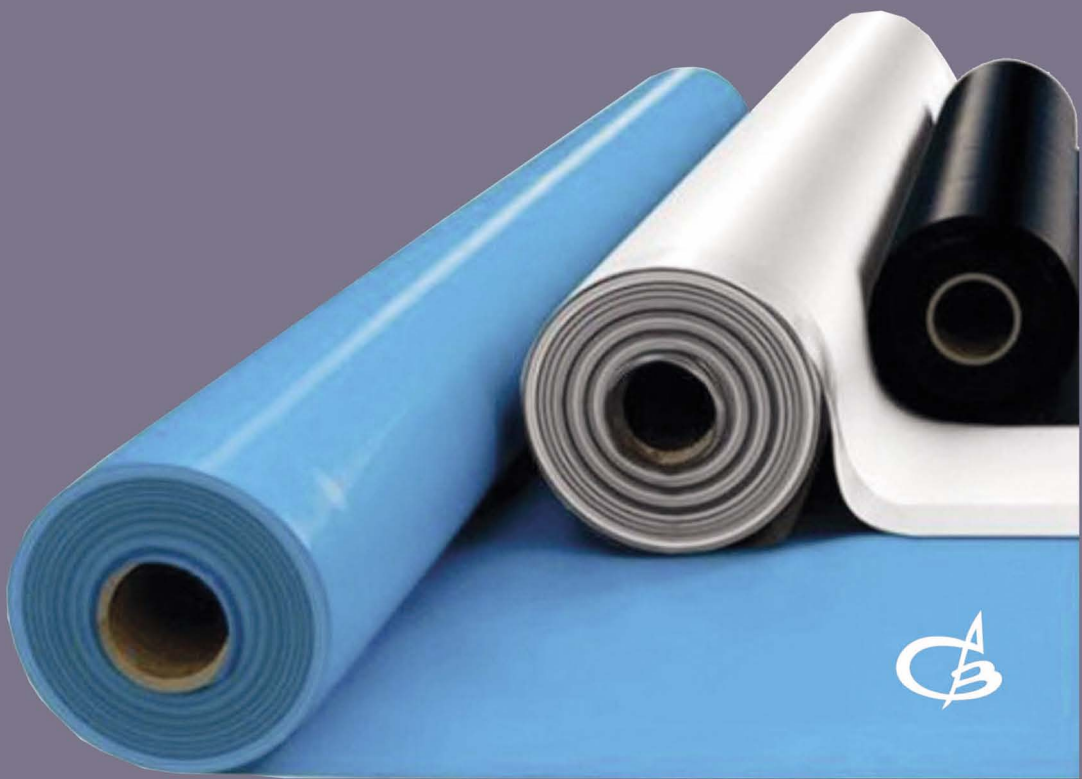


В.В. Козлов
В.П. Камсков

ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ



В.В. Козлов, В.П. Камсков

ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ



Издательство АСВ
Москва
2014

Рецензенты:

профессор кафедры ТВВиБ МГСУ *В.В. Воронин*;
заведующий кафедрой «Нефтегазовые сооружения»
Волгоградского государственного архитектурно-
строительного университета, Советник РААСН,
доктор технических наук, профессор *В.А. Перфилов*.

Козлов В.В., Камсков В.П.

ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ. Научное издание. – Издательство АСВ, 2014. – 240 с.

ISBN 978-5-4323-0046-1

В данной монографии систематизируются сведения о гидроизоляционных и кровельных материалах, расширяются данные о гидроизоляционных сухих строительных смесях и технологии их применения, как, например, штукатурных безусадочных, обмазочных, проникающих, для ликвидации течей и других.

Кровельные материалы также можно отнести к гидроизоляционным. Так важнейшей функцией кровли является гидроизоляция самой ответственной части здания. Вот почему в данной работе значительное место отводится современным кровельным материалам: рулонным, мембранным, мастичным и штучным.

Монография не претендует на исчерпывающее изложение всех вопросов, связанных с гидроизоляционными материалами. Она является дополнением к учебной и специальной литературе и рекомендуется для работников промышленности строительных материалов, студентов и преподавателей ВУЗов.

ISBN 978-5-4323-0046-1

© Издательство АСВ, 2014

© В.В. Козлов,

В.П. Камсков, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. КЛАССИФИКАЦИЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ И ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	6
2. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОНИЦАЕМОСТЬ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ.....	11
3. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ.....	23
4. РАСЧЁТ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ	28
4.1. Расчёт физико-механических показателей	28
4.2. Расчёт на температурные воздействия.....	31
4.3. Трещиностойкость гидроизоляционных покрытий	34
4.4. Расчёт на неравномерную осадку основания	41
5. ВЫБОР ВИДА ГИДРОИЗОЛЯЦИИ И РАСЧЁТ РАСХОДА МАТЕРИАЛА.....	44
6. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	48
6.1. Рулонные материалы	48
6.2. Гидроизоляционные мастики	51
6.3. Герметики	54
6.4. Гидроизоляционные сухие строительные смеси.....	57
7. МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ	61
7.1. Оклеечная гидроизоляция.....	61
7.2. Обмазочная гидроизоляция	78
7.3. Штукатурная гидроизоляция	100
7.4. Гидроизоляция проникающего действия.....	112
7.5. Монтируемая гидроизоляция.....	114
7.6. Литая гидроизоляция.....	117
7.7. Инъекционная гидроизоляция	119
7.8. Пропиточная гидроизоляция	121
7.9. Гидроизоляция на основе бентонитовых глин	127

8. ГЕРМЕТИЗИРУЮЩИЕ И УПЛОТНЯЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ.....	134
9. МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ ДРЕНАЖЕЙ	139
10. ПОВЫШЕНИЕ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ ПРИ ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕМОНТЕ	150
11. КРОВЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ	157
11.1. Общие принципы проектирования кровель	157
11.1.1. Кровли рулонные и мастичные	157
11.1.2. Примеры конструктивных решений кровель при новом строительстве и ремонте	168
11.2. Основные виды кровельных материалов	176
11.2.1. Мягкая кровля	176
11.2.2. Мастичная кровля и ее устройство	181
11.2.3. Мембранные покрытия	185
11.2.4. Листовые кровельные материалы	186
11.2.5. Штучные кровельные материалы	187
11.2.6. Металлическая кровля	210
11.2.6.1. Медная кровля и технология ее монтажа....	210
11.2.6.2. Фальцевая кровля: технология устройства.	214
11.2.6.3. Профнастил.....	217
12. ПРОБЛЕМЫ КРОВЛИ И ГИДРОИЗОЛЯЦИИ	230
ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ	233
ЛИТЕРАТУРА	235

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в технике гидроизоляционных работ при строительстве зданий и сооружений произошли коренные изменения вследствие создания принципиально новых материалов на основе широкого использования полимеров и других материалов, например бентонитовых глин и модифицированных минеральных вяжущих, в том числе сухих строительных смесей на их основе. Особый интерес представляют проблемы гидроизоляции реконструируемых зданий и сооружений. Следует отметить, что значение гидроизоляции в строительстве нередко недооценивается – за счет не стремятся сэкономить общие расходы. Однако стоимость гидроизоляции по сравнению с общестроительными расходами незначительна, но роль ее в обеспечении долговечности и условий эксплуатации зданий и сооружений весьма существенна.

В настоящее время практически все сооружения подземной инфраструктуры в городах по истечении определенного срока (ниже проектного) эксплуатации, как правило, имеют протечки. В подавляющем большинстве это приводит к преждевременному ремонту всего сооружения. Несмотря на огромные средства, расходуемые на ликвидацию протечек, результаты ремонтов оказываются неудовлетворительными.

Одной из причин сложившейся ситуации является недостаточное развитие в нашей стране производства полимерных гидроизоляционных и кровельных материалов. Срок службы указанных материалов составляет 25–30 лет, т.е. он сравним с межремонтным сроком службы здания

Следует отметить, что в настоящее время в технологии гидроизоляции достаточно широкое распространение получили сухие строительные смеси, в том числе штукатурные безусадочные, обмазочные, проникающие, влагопреграда – для ликвидации течей (гидропломба).

Кровельные материалы, по существу, также можно отнести к гидроизоляционным, во всяком случае ту их часть, которая с успехом может быть использована для гидроизоляционных работ. Одной из важнейших функций кровли является гидроизоляция самой ответственной части здания. Поэтому в данной работе значительное место отводится современным кровельным материалам – рулонным, мембранным, мастичным и штучным. Целью монографии является систематизирование сведений о гидроизоляционных и кровельных материалах, расширение данных по гидроизоляционным сухим строительным смесям и технологии их применения.

Публикуемая монография не претендует на исчерпывающее изложение всех вопросов, связанных с гидроизоляционными материалами и их применением в строительстве. Она является дополнением к существующей учебной и специальной литературе и даёт дополнительные сведения о гидроизоляционных материалах.

Монография может быть рекомендована для инженерно-технических работников промышленности строительных материалов, строительных организаций, студентов и преподавателей высших учебных заведений строительных специальностей.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ И ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Увеличение долговечности конструкционных материалов возможно только при достаточно полном учёте конкретных эксплуатационных условий, в которых находятся эти материалы. Известно, что к одному из наиболее распространённых и агрессивных факторов, воздействующих на материалы в период эксплуатации зданий и инженерных сооружений, относится вода. Вода способствует снижению прочностных свойств большинства материалов, развитию коррозионных процессов в металлах и бетонах, загниванию древесины, появлению трещин и плесени, сырости, обрушению штукатурных слоёв в помещениях, недостаточно защищённых от сырости.

Если ожидается длительный или часто повторяющийся (периодический) контакт конструкций с влажной средой, то необходимо предусматривать гидроизоляцию.

Вода, воздействующая на конструкции подземных сооружений, может быть трёх видов:

- а) фильтрационная (или просачивающаяся) вода;
- б) почвенная или грунтовая влага;
- в) подземная вода [35, 42].

Фильтрационная вода возникает от дождевых и талых вод, а также от случайных стоков. Попадая в грунт, она заполняет поры между отдельными частицами почвы и под воздействием собственно веса опускается в более глубокие слои.

Почвенная влага – это вода, которая удерживается в грунте адгезионными или капиллярными силами. Почвенная влага всегда присутствует в грунте независимо от подземных или фильтрационных вод.

Наличие подземной воды обуславливается уровнем грунтовых вод в зависимости от рельефа местности и положением водоупорного слоя.

В отличие от подземных вод просачивающаяся вода и грунтовая влага не оказывают на конструкцию гидростатического давления, если конструктивное решение обеспечивает беспрепятственное стекание воды без образования застойных зон.

Почвенная влага, находясь при пониженном давлении, может проникать в конструкцию, поднимаясь вверх под влиянием капиллярных сил, противоположных направлению силы тяжести [32, 42, 34, 45].

На конструкции кровель вода воздействует в виде атмосферных осадков.

Назначение гидроизоляции состоит в следующем:

а) защита внутреннего объёма подземных сооружений от проникновения в него капиллярной, грунтовой или поверхностной воды через ограждающие конструкции;

б) защита материала ограждающей конструкции от коррозии.

По аналогии с антикоррозионной защитой гидроизоляцию делят на первичную и вторичную. К первичной можно отнести тот случай, когда конструкционный материал является водонепроницаемым. К вторичной – покрытие конструкции гидроизоляционными материалами. Наибольший объём в стройиндустрии занимает вторичная гидроизоляция [17, 26, 33, 4].

Самым распространённым и эффективным мероприятием по гидроизоляции является применение гидроизоляционных материалов.

Гидроизоляционными называются строительные материалы, которые обладают водонепроницаемостью и удовлетворяют другим необходимым техническим требованиям – по прочности, деформативности, теплостойкости и т.д. Чем более полно выражено у гидроизоляционного материала свойство водонепроницаемости, тем выше его качество. Другие свойства, как бы ни были они важны сами по себе, имеют подчинённое значение, если их числовые показатели не выходят за пределы нормативных. Следует также учитывать, что не только вода может проникать и воздействовать на материал сооружений, но и водные растворы агрессивных веществ. И тогда кроме водонепроницаемости важной характеристикой гидроизоляции становится химическая стойкость [33, 40].

К гидроизоляционным материалам практически относятся и кровельные, во всяком случае, та их часть, которая с успехом может быть использована для гидроизоляционных работ, так как кровля – это тоже разновидность гидроизоляционного покрытия, причём самой ответственной части здания.

Область применения гидроизоляционных материалов весьма обширна. Эти материалы требуются при наружной и внутренней защите подземных сооружений (котлованов, фундаментов, труб под насыпями, коллекторов, тоннелей, сводов траншей и т.п.) от воздействия грунтовых вод; для изоляции водохранилищ, бассейнов, водоемов и проч.; для защиты мостов (конструкций проезжей части, опор и др.); при устройстве противофильтрационных экранов и укрепительных покрытий в гидротехническом строительстве; для изоляции дна и откосов каналов в ирригационном строительстве; для заполнения пор и пустот горных пород в основаниях; при защите между-

этажных перекрытий в производственных помещениях и санузлах; при устройстве плоской и малоскатной кровель, кровель функционального назначения; при устройстве кровельных покрытий и изоляционных прослоек в них; для заделки и герметизации стыков в крупнопанельном строительстве и при сооружении трубопроводов, для заделки температурных швов, отверстий и проч. Гидроизоляция не только предохраняет защищаемую поверхность от контакта с водной средой, но и благоприятствует паро- и газоизоляции, повышению коррозионной стойкости конструкционного материала [41].

Гидроизоляционные материалы в конструкциях и сооружениях подвержены разнообразным внешним и внутренним воздействиям, а именно: ультрафиолетовых лучей, переменной температуры, кислорода и озона воздуха, силы ветра, осадков в виде дождя и снега, микроорганизмов, агрессивных жидких сред и газов, загрязняющих механических наносов, силовых напряжений и других внешних факторов; тепло- и массопереноса, влажностного градиента, диффузионных перемещений, химически активных реагентов, синерезиса, усадочных явлений и многих других внутренних факторов. Механизм разрушения гидроизоляционных и кровельных материалов проявляется в результате наложения этих внешних и внутренних воздействий в период эксплуатации конструкции.

Следует отметить, что значение гидроизоляции в строительстве нередко недооценивается – за счёт нее стремятся сэкономить общие расходы. Однако стоимость гидроизоляции по сравнению с общестроительными расходами и стоимостью оборудования сооружения незначительна, и поэтому на изоляции экономить не следует.

Применение гидроизоляционных материалов началось в глубокой древности. Установлено, что 4500–5000 лет назад природный битум и смолу использовали в качестве вяжущих и гидроизоляционных материалов при строительстве египетских и вавилонских сооружений, в том числе кирпичных храмов и ритуальных бассейнов. Битумом и асфальтом (т.е. природной смесью битума с минеральными порошками) изолировались каналы и водостоки, бани, фундаменты дворцов и храмов. При раскопках была найдена гидроизоляция в виде рогожи из тростника, пропитанной битумом. Стены и полы хлебных амбаров и зернохранилищ защищались от воды с помощью битумной обмазки, что обеспечивало весьма длительную сохранность зерна. Для повышения прочности и теплостойкости, особенно при применении битума в качестве вяжущего строительного материала, в него добавляли порошкообразные наполнители [33, 41].

При делении гидроизоляционных материалов на группы основными классификационными признаками могут служить:

- функциональное назначение материала в гидроизолирующем покрытии (гидроизоляционной мембране);
- физическое состояние и внешний вид материала при его применении;
- основное сырье, используемое для изготовления материала;
- производственное назначение гидроизоляции.

По признаку функционального назначения в гидроизолирующем слое все гидроизоляционные материалы разделяют на грунтовочные, подмазочные, шпаклёвочные, изоляционные и покровные (рис. 1.1).

Грунтовочными (грунтовкой) называют материалы, наносимые первым слоем на обрабатываемую поверхность с целью заполнения поверхностных пор и дефектов, а также для повышения сцепления

последующего слоя с основанием. *Подмазочные*, или затирочные, материалы предназначены для выравнивания углублений и других местных дефектов на поверхности конструкции, а *шпаклёвочные* окончательно выравнивают поверхность, придавая ей однородность перед нанесением покровного изолирующего слоя. *Изоляционные* материалы предназначены обеспечить отделение (изоляцию) конструкции от контакта с пароводяной средой. *Покровные* материалы применяют с целью защиты основной гидроизоляции от влияния внешних сред или для придания наружной поверхности дополнительной гидрофобности, глянцеvitости или зеркального блеска.

Недостаток этой классификации выражается в том, что группы не отражают различия материалов по составу и состоянию, причём основная масса классифицируемых материалов объединяется одной группой «изоляционных».

По признаку физического состояния и внешнего вида в период использования материалов может быть следующее деление: жидкие, пластично-вязкие, упруго-вязкие и твёрдые.

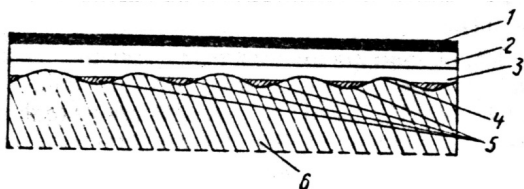


Рис. 1.1. Гидроизоляционная мембрана:
1 – покровный слой; 2 – слой изоляционного материала; 3 – шпаклёвка; 4 – грунтовка; 5 – подмазка или затирка; 6 – основание

Внешний вид *жидких* и *пластично-вязких* материалов характеризуется отсутствием определенной формы их массы – эмульсии, паста, раствор, мастика и др., тогда как внешний вид *упруго-вязких* и *твёрдых* материалов имеет вполне определённую форму – полотно, плёнка, плита и проч. Хотя эта классификация не отражает некоторых специфических особенностей гидроизоляционных материалов и без учета других признаков является недостаточно конкретной, она имеет большое практическое значение.

По признаку применяемого основного сырья гидроизоляционные материалы могут быть разделены на три группы: органические, неорганические и смешанные (или комбинированные).

Преимущественное применение в гидроизоляции находят *органические* материалы, которые имеют более чётко выраженные гидрофобные свойства. Такая классификация легко поддаётся дальнейшей детализации с выделением в каждой подгруппе типичных материалов (битумные, дегтевые и т.п.). Однако она не вполне удобна при изучении технологии производства материалов, так как требуются неоднократные повторения аналогичных технологических процессов, встречающихся при изготовлении материалов разных групп.

По признаку производственного назначения гидроизоляционные материалы разделяются на следующие основные группы: пропиточные, инъекционные, обмазочные, оклеечные, уплотняющиеся, монтажные, насыпные. К недостаткам этой классификации относится отсутствие данных о состоянии материала при его применении, о характере сырья и готовой продукции, хотя она в целом более наглядная и полная, чем другие.

При необходимости более детального изучения отдельных групп гидроизоляционных материалов возможно использование и других признаков, в той или иной мере уточняющих положение материала в классификации, его технические свойства. В частности, некоторые материалы можно разделить по степени гидроизолирующей способности, например, по водонепроницаемости. Строительные нормы и правила предлагают деление гидроизоляционных материалов по виду вяжущих веществ и их смесей на битумные, дегтевые, дегте-битумные, полимерные, битумно-полимерные, резино-битумные; по производственному назначению – на кровельные, гидроизоляционные, пароизоляционные и герметизирующие материалы.

2. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОНИЦАЕМОСТЬ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ

Водонепроницаемость строительных материалов напрямую связана с характеристикой пористости (общей, открытой) и распределением пор по размерам. Чем меньше объём пор в материале и чем мельче эти поры (меньше диаметр пор), тем большими, при прочих равных условиях гидроизолирующими свойствами обладает данный материал. Действительно, для того чтобы вода фильтровалась через поры малого диаметра (например, нанометрового уровня), нужно приложить давление, значительно превышающее необходимое для фильтрации воды через материал с более крупными порами, имеющими диаметр сотни микрометров. Этого давления может вообще оказаться недостаточно для фильтрации воды через материал, и тогда он становится водонепроницаемым даже при определённом значении его пористости. Оценивать проницаемость материала возможно по величине коэффициента проницаемости K_{ϕ} , см/с [11, 19].

Например, материал, характеризующийся макропорами ($>10^{-3}$ см), имеет $K_{\phi} = 1...5 \cdot 10^{-9}$ см/с, тогда как проницаемость материала с микропорами ($2...10 \cdot 10^{-8}$ см) отличается на 4...5 порядков и имеет значение $K_{\phi} = 5...7 \cdot 10^{-14}$ см/с. Такой микропористый материал выдерживает без фильтрации давление воды до 2...3 МПа и более и может быть отнесён к водонепроницаемым (гидроизоляционным). Таким образом, гидроизолирующие свойства пористых материалов, к которым относится большинство минеральных строительных материалов (бетон, раствор), напрямую связаны с характеристикой пористости, а регулирование общей пористости и размера (диаметра) пор является приёмом создания гидроизоляционных материалов на их основе.

В цементных бетонах и растворах структура формируется в результате сцепления частиц дисперсной фазы при их гидратации с образованием двух структурных составляющих: твёрдой фазы и пористости. Поровым пространством материала, по А.Е. Шейкину, являются «все его несплошности, не занятые твёрдой фазой исходных материалов и новообразований» [39].

Поры и другие неплотности являются дефектами структуры цементных бетонов, определяющими их водопроницаемость. Однако зачастую многие цементные бетоны, имея сходные показатели общей пористости, могут обладать значительно различающимися по-

казателями влагопроводности и водопроницаемости. Это обуславливается распределением пор бетона по размерам, форме и их общаемостью между собой.

В настоящее время цементный бетон является основным строительным материалом. Конструкционный бетон может иметь высокую водонепроницаемость. Поэтому весьма важно оценить факторы, влияющие на водонепроницаемость как цементного камня, так и цементного бетона в целом, в первую очередь характер и размер пор (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Классификация пор цементного камня по размерам

Радиус пор, мкм					Автор
10	1	0,1	0,01	0,001	
Макрокапилляры		Микрокапилляры			А.В. Лыков [29]
Крупные поры		Средние поры	Микропоры		М.М. Дубинин [35]
Капиллярные макропоры		Переходные поры	Микропоры		А.В. Волженский [34]
Крупные поры	Капиллярные макропоры	Микрокапилляры	Гелевые поры		Ю.М. Бутт [30]
Капиллярные поры	Контракционные поры		Поры геля		Г.И. Горчаков [16]

Большинство классификаций основано на делении капилляров по силе связи воды с твёрдым телом, принятом как в теории сушки (по А.В. Лыкову), так и в физической химии (по М.М. Дубинину) [29, 35].

В порах радиусом менее 0,1 мкм возможна капиллярная конденсация. Такие поры при напорах до 15...16 атм практически непроницаемы для воды, течение газа в них представляет собой молекулярный (кнудсеновский) поток. Вода в таких порах обладает повышенной (до 1,5–1,6 раза) вязкостью, плотностью, повышенным поверхностным натяжением, не замерзает при температуре $-40...-50^{\circ}\text{C}$.

Поры с радиусом более 0,1 мкм, или *макропоры*, теоретически водопроницаемы. Однако не всякие макропоры можно считать легко проницаемыми для воды. Так, замкнутые воздушные поры могут способствовать увеличению водонепроницаемости бетона в целом, поскольку они окружены уплотнённой сферической оболочкой цементного камня. По наличию некачественной поверхности бетона – раковин, выколов – также нельзя судить о его водонепроницаемости.

В отличие от других классификация Ю.М. Бутта, подразделяя макропоры на крупные и макрокапиллярные, включает и технологические признаки структуры цементного камня и бетона. По данным множества исследований, крупные дефекты мало влияют на проницаемость бетона, в то время как влагопроводность бетона обуславливается наличием в структуре цементного камня *сообщающихся капиллярных макропор* (0,1...1 мкм), способствующих подосу воды в материал под действием капиллярных сил. Так, по данным Б.В. Дерягина, на сечение капилляра радиусом 1 мкм, стенки которого обладают высокой адсорбционной способностью по отношению к воде, при влагоподсосу может приходиться давление свыше 2...3 атм. Течение газа в таких капиллярах вязкостное [35].

Существует множество геометрических моделей поровой структуры цементных бетонов, каждая из которых предполагает наличие чётности и определённой непрерывности строения сообщающихся капиллярных пор. Вместе с тем основные различия заключаются в вопросе, касающемся характера сообщаемости «сквозных» пор. В одном случае предполагается, что макрокапилляры связаны друг с другом через микрокапилляры, в другом – «сквозные» макрокапилляры непрерывны и имеют тупиковые ответвления в виде микропор. В любом случае сокращение размера сечения «сквозных» пор и повышение их извилистости и протяжённости – единственный путь, ведущий к повышению водонепроницаемости бетона.

Наиболее важным показателем состава любой бетонной смеси является её водоцементное отношение (В/Ц). Величина В/Ц определяет характеристики поровой структуры бетона, которые, в свою очередь, играют решающую роль в формировании его прочности и водонепроницаемости.

По И.Н. Ахвердову, существует не только верхняя, но и нижняя критическая граница значения В/Ц, при несоблюдении которой бетон может потерять свойства, определяющие его долговечность и непроницаемость [30].

Тем не менее при В/Ц менее 0,42, по данным Пауэрса, или В/Ц менее 0,35, по С. Брунауэру, степень максимально возможной гидратации α всегда меньше *единицы*. Помимо снижения степени гидратации снижение В/Ц способствует значительному ухудшению удобоукладываемости смеси, что приводит к недоуплотнению бетона и вследствие этого его повышенной фильтрационной способности, поскольку недоуплотнение значительно сильнее снижает водонепроницаемость бетона, чем его прочность при сжатии. При весьма

низких значениях В/Ц ($V/C < 0,3$) повышается вероятность сбросов прочности и самодеструкции бетонов вследствие значительного кристаллизационного давления, возникающего в системах, характеризующихся очень большой стесненностью условий твердения.

Критическое значение В/Ц зависит от состава бетона, пористости и водонепроницаемости и лежит в пределах 0,27...0,42 [12].

А.В. Акимов и А.Г. Рубличан при исследовании водонепроницаемости бетонов в качестве одного из показателей состава задавали не расход цемента, а объёмную концентрацию цементного теста в бетоне – характеристику, содержащую в себе соотношение между вяжущим и заполнителем, фиксируя с его повышением увеличение водонепроницаемости бетона [11]. Рекомендации Ю.М. Баженова предусматривают повышение коэффициента раздвижки в водонепроницаемых бетонах (до 1,2...1,4) [12], в рекомендациях ВНИИГ им. Веденеева для повышения водонепроницаемости гидротехнических бетонов предлагается повышение расхода цемента на 50...100 кг/м³ смеси [5, 6].

По данным Ф.М. Иванова, повышение плотности упаковки зёрен заполнителя может привести к снижению коэффициента фильтрации на порядок. Поэтому необходимо применять заполнители оптимального гранулометрического состава, дающего минимальную пустотность их смеси. На практике это достигается применением фракционированных мелкого и крупного заполнителей с отдельным дозированием отдельных фракций. Песок, как правило, рекомендуется непрерывной гранулометрии с пустотностью не более 38%. Пустотность крупного заполнителя не должна превышать 43–45%, увеличение крупности заполнителя повышает плотность и снижает водопотребность смеси. Заполнители должны быть чистыми, ибо снижение загрязнённости заполнителя в 2 раза понижает проницаемость бетона в 3...4 раза, поэтому максимально допустимая загрязнённость составляет: для щебня и гравия – 0,52%, для песка – 1% [38].

Природа заполнителя также оказывает влияние на проницаемость бетонов, определяя плотность зоны контакта цементного камня и заполнителя. Согласно результатам исследований З.М. Ларионовой, Т.Ю. Любимовой и других, наиболее предпочтительными для использования в качестве мелкого заполнителя с точки зрения формирования плотной структуры бетона являются кварцевые пески с окатанной поверхностью зёрен. Это объясняется недоуплотнением в зоне контакта цементного камня с неровной поверхностью зёрен

123. ТР 198-08. Технические рекомендации по устройству кровель жилых, общественных и промышленных зданий с применением рулонных битумных, битумно-полимерных и полимерных материалов. – М.: ГУЛ «НИИМОССТРОЙ».

124. Кровли. Руководство по проектированию, устройству, правилам приемки и методам оценки качества. ЦНИИПромзданий. – М., 2002.

125. СНиП II-26-76. Кровли. – М., 1998.

126. Pullar strecher P. Corrosion damagea concrete assessment and repair. Ciria, Butter. worths, London, 1988.

127. *Emmons P.H.* Concrete repair and maintenance illustrated II Neams, Co, inc.

128. *Anderson B.* Waterproofing materials and techniques for cut and cover structures, Underground spase, volume 8, Number 2, 1984.

129. *Kubal M.T.* Waterproofing the building envelope. USA Mecraw, Inc. 1993.

130. *Cusson D.* Mail vaganamn N. Durability of repair materials concrete international, March, 1996.

Научное издание

Валерий Васильевич Козлов
Виктор Павлович Камсков

ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Редактор *В.Ш. Мерзлякова*

Дизайн обложки *Т. Негрозова*

Компьютерная верстка *Е.М. Лютова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Формат 60х90/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Усл. 15 п.л. Заказ №

ООО «Издательство АСВ»

129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511
тел., факс: (499)183-56-83, e-mail: iasv@iasv.ru, <http://www.iasv.ru/>