



## Содержание

<b>Предисловие</b> .....	11
<b>Глава 1. Принципы гидроизоляции – ограждающие конструкции</b> .....	12
Введение .....	12
Ограждающая конструкция здания .....	13
Введение в гидроизоляцию и проектирование ограждающих конструкций зданий .....	13
Основные причины появления воды .....	13
Проектирование для предотвращения протечек .....	18
Завершение ограждающей конструкции .....	21
Проектирование ограждающих конструкций .....	21
Наиболее важный принцип гидроизоляции .....	24
Второй важнейший принцип гидроизоляции .....	25
Предотвращение проникновения воды .....	26
Помимо гидроизоляции ограждающей конструкции .....	27
Успешное сооружение ограждающей конструкции .....	28
Использование этого руководства .....	30
Выводы .....	31
<b>Глава 2. Подземная гидроизоляция</b> .....	32
Введение .....	32
Контроль поверхностных вод .....	33
Контроль грунтовых вод .....	34
Сборные дренажные системы для фундамента и почвы .....	34
Установка сборной дренажной системы .....	36
Готовые дренажные системы .....	37
Монтаж готовых дренажных систем .....	40
Гидрошпонки .....	43
Монтаж гидрошпонки .....	49
ПВХ, неопреновая резина, термопластичная резина .....	49
Гидрофильные материалы, бентонит, битумный пластик .....	54
Капиллярный эффект .....	55
Системы на положительное и отрицательное давление .....	56
Цементные системы .....	58
Металлосодержащие системы .....	59
Капиллярно-кристаллические системы .....	60
Системы с химическими добавками .....	61
Модифицированные акриловые системы .....	61
Монтаж цементных систем .....	62
Жидкая гидроизоляция .....	69
Уретан .....	72
Производные каучуков .....	72
Полимерный битум .....	72
Каменноугольная смола или модифицированный битумом уретан .....	73

Поливинилхлорид .....	73
Жидкие материалы горячего нанесения .....	73
Установка жидких систем .....	74
Листовые мембранные системы .....	83
Термопласты .....	83
Вулканизированные резины .....	84
Прорезиненный битум .....	84
Установка листовых систем .....	86
Листовые системы горячего нанесения .....	92
Глиняные системы .....	94
Сыпучий бентонит .....	99
Панельные системы .....	99
Бентонитовые листы .....	101
Листовые мембраны из бентонита и резины .....	101
Бентонитовые маты .....	101
Установка глиняных систем .....	102
Пароизоляционные барьеры .....	106
Выводы .....	107
<b>Глава 3. Надземная гидроизоляция .....</b>	<b>110</b>
Введение .....	110
Отличие от подземных систем .....	111
Нанесение на вертикальные поверхности .....	114
Нанесение на горизонтальные поверхности .....	115
Проблемы, связанные с воздействием выше уровня земли .....	116
Гидрофобизаторы .....	117
Пленкообразующие гидрофобизирующие составы .....	120
Проникающие гидрофобизирующие составы .....	121
Выбор подходящего гидрофобизирующего материала .....	122
Испытание гидрофобизирующих составов .....	125
Акрилы .....	126
Силиконы .....	128
Уретаны .....	129
Силаны .....	130
Силоксаны .....	131
Силиконовая резина (каучук) .....	132
Силикаты натрия .....	133
Нанесение гидрофобизирующих материалов .....	133
Цементирующие покрытия .....	136
Свойства цементирующих покрытий .....	137
Цементирующие системы .....	138
Нанесение цементирующих покрытий .....	141
Эластомерные покрытия .....	144
Смолы .....	145
Сооружения с эластомерными покрытиями .....	146
Нанесение эластомерных покрытий .....	148

Наливные покрытия .....	153
Акрилы .....	155
Цементирующие наливные покрытия .....	156
Эпоксидные покрытия .....	157
Битум .....	157
Латекс, неопрен, хайпалон .....	158
Уретаны .....	159
Листовые системы .....	160
Характеристики наливных покрытий .....	161
Нанесение наливных покрытий .....	163
Силеры .....	179
Нанесение силеров .....	180
Защитные мембраны .....	183
Требования к дренажу .....	185
Детализация сэндвич-мембран .....	188
Нанесение защитных мембран .....	196
Гидроизоляция гражданских конструкций .....	201
Кровля .....	206
Составная кровля .....	207
Однослойная кровля .....	208
Модифицированный битум .....	209
Металлическая кровля .....	209
Распыляемая кровля из уретановой пены .....	210
Защитные и обратные мембраны .....	211
Наливные кровельные покрытия .....	212
Установка кровли .....	212
Итог по кровле .....	214
Паронепроницаемые барьеры .....	214
Области применения внутренней гидроизоляции .....	215
Наружные изоляционные отделочные системы .....	221
Нанесение НИОС с целью обеспечения гидроизоляции .....	223
Края .....	223
Дренажные системы .....	225
Переходы .....	227
Герметики .....	233
<b>Глава 4. Гидроизоляция жилых домов .....</b>	<b>237</b>
Введение .....	237
Сравнение многосекционных жилых домов и индивидуальных домов на одну семью .....	240
Подземная гидроизоляция/подвалы .....	240
Поверхность нанесения .....	241
Контроль грунтовых вод .....	244
Сравнение гидроизоляции на положительное и отрицательное давление .....	245



Подвальные гидроизоляционные системы .....	245
Надземная гидроизоляция .....	246
Наружные изоляционные отделочные системы (НИОС) .....	250
Края и переходы .....	251
Кровля .....	253
Выводы .....	254
<b>Глава 5. Герметики .....</b>	<b>255</b>
Введение .....	255
Герметик/замазка/материалы для остекления .....	255
Нанесение герметика .....	256
Проектирование швов .....	257
Тип шва .....	258
Определение размеров швов и расстояний между ними .....	260
Забутовочные материалы .....	262
Забутовочный шнур с закрытыми порами .....	265
Забутовочный шнур с открытыми порами .....	266
Забутовочный шнур с открытыми и закрытыми порами .....	267
Антиадгезионная лента .....	267
Выполнение швов .....	269
Двойная герметизация .....	269
Вторичная герметизация .....	271
Сдвоенная герметизация .....	272
Защитные приспособления для швов .....	275
Отведение воды от основы .....	276
Выбор материалов .....	277
Эластичность .....	277
Модуль упругости .....	277
Адгезионная прочность .....	278
Когезионная прочность .....	279
Твердость по Шору .....	280
Испытание материалов .....	280
Программа подтверждения соответствия герметиков .....	281
Материалы .....	283
Акрилы .....	283
Бутил .....	285
Латекс .....	286
Полисульфиды .....	286
Полиуретан .....	287
Силиконы .....	288
Предварительно сжатый пеногерметик .....	290
Поверхности нанесения .....	291
Алюминиевые поверхности .....	291
Асбестоцементные панели .....	292
Сборные бетонные панели .....	292

Плитка .....	295
ПВХ .....	295
Каменная кладка .....	295
Терракота .....	295
Нанесение герметика .....	296
Подготовка швов .....	296
Нанесение праймеров .....	297
Уплотняющие материалы .....	298
Смешивание, нанесение герметиков и их инструментальная обработка .....	301
Нанесение герметика в холодную погоду .....	307
Узкие швы .....	307
Периметры металлических конструкций .....	308
Остекление .....	309
Материалы для остекления .....	313
<b>Глава 6. Компенсационные швы .....</b>	<b>314</b>
Введение .....	314
Выполнение компенсационного шва .....	314
Конструкция шва .....	316
Выбор системы шва .....	317
Герметики .....	318
Т-образные системы шва .....	320
Расширяющийся пеногерметик .....	324
Гидрофобные расширяющиеся системы .....	326
Листовые системы .....	327
Сильфонные системы .....	330
Готовые резиновые системы .....	331
Комбинированные резиновые и металлические системы .....	336
Вертикальные компенсационные швы .....	340
Металлические системы, предназначенные для работы в тяжелых условиях .....	342
Подземные расширительные системы .....	344
Применение компенсационных швов .....	346
<b>Глава 7. Добавки .....</b>	<b>347</b>
Введение .....	347
Гидратация .....	347
Сухая цементная растворная смесь .....	348
Нанесение сухой цементной растворной смеси .....	349
Добавки к кладке, строительному раствору и штукатурке .....	349
Применение добавок к кладке и штукатурке .....	350
Капиллярные агенты .....	350
Применение капиллярных добавок .....	351
Полимербетон .....	351

Нанесение полимерных добавок .....	353
Сочетаемость гидроизолирующих систем с добавками .....	354
<b>Глава 8. Ремонтная гидроизоляция .....</b>	<b>356</b>
Введение .....	356
Восстановительные работы .....	357
Инспекция .....	358
Визуальный контроль .....	358
Неразрушающий контроль .....	360
Разрушающий метод контроля .....	361
Установление причин и методы ремонта .....	363
Очистка .....	364
Водная очистка .....	366
Абразивная очистка .....	368
Химическая очистка .....	369
Абсорбентная очистка .....	371
Восстановительные работы .....	372
Выпуклая расшивка шва .....	373
Порядок выпуклой расшивки швов .....	374
Затирка швов .....	376
Порядок затирки швов .....	376
Выравнивание швов .....	377
Порядок выравнивания .....	378
Инъекционный эпоксидный состав .....	379
Порядок инъекции эпоксидной смолы .....	382
Химические инъекционные составы .....	385
Порядок применения химического инъекционного раствора .....	387
Цементные растворы .....	389
Высокопрочные составы .....	390
Гидроизоляционные пломбы .....	391
Торкретбетон или шприц-бетон .....	392
Цементные покрытия .....	393
Электроосмос .....	394
Установка .....	395
Ремонт системы отведения воды .....	396
Модернизации подвалов жилых строений .....	398
Применение готовых дренажных панелей для ремонта .....	401
Использование герметиков при ремонте .....	403
Восстановление наружных изоляционных отделочных систем .....	405
Заключение .....	409
<b>Глава 9. Плесень .....</b>	<b>410</b>
Введение .....	410
Плесень .....	411
Проверка на наличие плесени .....	411

Устранение плесени .....	412
Причины появления плесени, не связанные с ограждающей конструкцией здания .....	414
Причины появления плесени, связанные с ограждающей конструкцией здания .....	414
Подземные помещения .....	415
Надземные помещения .....	417
Заключение .....	418
<b>Глава 10. Ограждающая конструкция здания: монтаж .....</b>	<b>419</b>
Введение .....	419
Гидроизоляция ограждающей конструкции .....	419
Материалы для стыков .....	423
Фартуки .....	424
Установка фартуков .....	426
Обработка для повышения влагонепроницаемости .....	429
Монтаж теплоизоляционных систем .....	436
Швы с герметиком .....	437
Пояски .....	442
Гидрошпонки .....	444
Другие переходные системы .....	445
Анализ дренажных систем .....	446
Анализ ограждающей конструкции .....	448
Проверка работы гидроизоляции ограждающей конструкции .....	456
Анализ кровельного покрытия .....	464
Принцип 1/90 процентов .....	466
<b>Глава 11. Срок службы: качество, обслуживание и гарантии .....</b>	<b>468</b>
Введение .....	468
Подрядчики .....	468
Производители .....	476
Обслуживание .....	477
Гарантии .....	479
Типы гарантий .....	479
Пункты, касающиеся гарантии .....	480
Неприемлемые гарантийные условия .....	481
Максимальный предел обязательств .....	482
Лимит ответственности .....	482
Пропорциональная или амортизируемая стоимость .....	483
Положение об обеспечении доступа .....	483
Пункты о снятии ответственности .....	484
<b>Глава 12. Испытания ограждающей конструкции .....</b>	<b>485</b>
Введение .....	485
Время проведения испытания .....	485
Испытание проблемных участков .....	486

Типовые испытания .....	486
ASTM .....	487
Другие испытательные организации .....	487
Макетные испытания .....	489
Испытание на инфильтрацию и утечку воздуха .....	496
Испытание на статическое давление воды .....	497
Испытание на динамическое давление воды .....	498
Выводы по макетным испытаниям .....	499
Испытание на строительном участке .....	502
Испытание кладки на поглощение воды .....	504
Движение швов с герметиком .....	506
Испытания, проводимые производителем .....	507
Недостатки испытаний .....	508
<b>Глава 13. Обследование на протечки и обнаружение протечек .....</b>	<b>510</b>
Введение .....	510
Обследование на протечки .....	510
Анализ документации по протечке .....	511
Анализ документации .....	512
Осмотр .....	514
Испытания .....	516
Оборудование для испытаний .....	524
Результаты испытаний .....	526
Анализ .....	526
План ремонтных работ .....	527
Реализация корректирующих мер .....	528
<b>Глава 14. Безопасность .....</b>	<b>530</b>
Введение .....	530
Управление по охране труда .....	531
Общие положения по обеспечению безопасности труда и охраны здоровья .....	532
Персональная защита .....	532
Указатели, сигналы и ограждения .....	532
Правила транспортировки, хранения и ликвидации материалов .....	532
Лестницы и строительные леса .....	533
Министерство транспорта .....	535
Региональные и местные организации .....	536
Паспорт безопасности вещества .....	536
Управление по охране окружающей среды .....	537
Летучие органические вещества .....	542
<b>Глава 15. Система материалов «Пенетрон» .....</b>	<b>544</b>
<b>Глава 16. Информационные ресурсы .....</b>	<b>564</b>
<b>Глоссарий .....</b>	<b>583</b>
<b>Предметный указатель .....</b>	<b>592</b>

## Предисловие

Основные принципы гидроизоляции, представленные в главе 1, — это принципы 90/1% и 99%. Эти принципы признаны наиболее важными при проектировании, строительстве и поддержании гидроизоляционной структуры. Мировая практика эксплуатации зданий показывает, что неправильное функционирование конструкций, связанное с протечками и вызванными ими повреждениями, являются следствием невыполнения этих двух принципов.

На данный момент под гидроизоляцией понимают не отдельную систему, а строительный процесс, включающий в себя все элементы внешнего контура здания. Это означает, что ответственность за гидроизоляцию несет не отдельный подрядчик-гидроизолировщик, а вся строительная бригада: от проектировщика до строителя, а также все подрядчики и поставщики материала.

Данное издание дополнено новой главой про гидроизоляцию жилых домов, в которой подчеркивается необходимость работы с внешним контуром здания как с единой целостной системой для того, чтобы предотвратить протечки. Как и при других видах строительных работ, для успешного строительства жилых домов необходимо следовать методам, описанным в этой книге.

В книгу также была добавлена глава по борьбе с плесенью. Причиной всесторонне освещенного средствами массовой информации поражения зданий плесенью являются нарушения в использовании методов гидроизоляции зданий.

Из всей доступной на настоящий момент литературы по гидроизоляции данное издание является наиболее полным, а новые главы делают книгу еще более содержательной. Но принципы 90/1% и 99% по сей день стоят во главе угла успешного строительного или ремонтного проекта.

*Майкл Т. Кубал*

# ГЛАВА 1

## ПРИНЦИПЫ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ – ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ

### Введение

С момента возникновения человечества люди искали укрытия от дождя и ветра, холода и жары. Но даже сегодня, после столетий прогресса в технологии строительства и создания новых материалов, нам все еще противостоят природные факторы, наносящие ущерб объектам строительства. Виной тому не является нехватка эффективных гидроизолирующих систем и материалов. Проблемы гидроизоляции продолжают беспокоить нас из-за увеличивающейся сложности строительства зданий и сооружений, пренебрежения нами основными принципами гидроизоляции и неспособности установить взаимосвязь между множеством конструкционных систем, используемых на одном объекте.

Вода повреждает и разрушает больше зданий и конструкций, чем войны и стихийные бедствия. Фактически, вода является самым разрушительным фактором как для бетона, так и для каменной кладки. Проникновение воды и образование сырости приводит также к заплесневению конструкций и связанным с этим проблемам со здоровьем у людей. И только надлежащий контроль за поверхностными, грунтовыми и дождевыми водами может предотвратить повреждение и излишний ремонт ограждающих конструкций.

Гидроизоляция обеспечивает целостность и функциональность конструкций в течение всего срока их службы. Гидроизоляция также включает в себя выбор подходящих строительных материалов и проектов, призванных учесть пагубное влияние этих природных факторов.

Современное строительство требует объединения множества строительных технологий и систем, предотвращающих проникновение воды через внешний контур здания. Большая часть проблем с проникновением воды и воздействием погодных явлений вызвано нашим неумением эффективно увязывать эти компоненты между собой. Реальный опыт показывает, что проникновение воды происходит через относительно небольшую часть внешней поверхности здания. Неспособность контролировать монтаж фасада здания создает множество проблем при проектировании и строительстве.

В то время как гидроизоляционные материалы и системы продолжают улучшаться, лишь немногие специалисты обращают внимание на развитие технологий соединения различных элементов внешнего контура здания. Порой кажется, что иногда целью является лишь достижение эстетичного внешнего вида, тогда как хороших результатов в гидроизоляции можно добиться с применением базовых методов, например, с помощью увеличения наклона крыши, что вряд ли ухудшит эстетику здания.

## Ограждающая конструкция здания

Ограждающая конструкция здания – это его внешний контур. Для предотвращения воздействия природных факторов на внутреннюю часть здания и защиты структурных узлов от эрозии и износа, ограждающая конструкция должна быть создана по всему контуру здания. Ограждающие конструкции в течение всего срока службы здания выполняют многочисленные функции, включая следующие:

- предотвращают проникновение воды;
- контролируют перенос водяного пара;
- контролируют потоки тепла и воздуха внутрь помещения и из него;
- обеспечивают защиту от ультрафиолетовых лучей и чрезмерного солнечного света;
- ограничивают проникновение шума;
- обеспечивают структурную целостность компонентов фасада;
- обеспечивают необходимую эстетику;
- предотвращают образование и рост плесени.

Хотя основной целью любой ограждающей конструкции здания является обеспечение защиты от всех погодных явлений, включая ветер, холод, тепло и дождь, основной целью данной книги является только контроль проникновения воды и протечек. Создание водонепроницаемой ограждающей конструкции также обеспечивает защиту от переноса пара и предотвращает возникновение ненужных потоков воздуха изнутри и внутрь здания, что помогает контролировать требования по теплу и холоду. Но, прежде чем рассмотреть каждый тип гидроизолирующей системы (например, подземную ее часть), необходимо прояснить некоторые основные понятия гидроизоляции, а также то, как они влияют на функционирование ограждающей конструкции здания.

## Введение в гидроизоляцию и проектирование ограждающих конструкций зданий

Гидроизоляция – это комплекс материалов или систем, которые предотвращают проникновение воды в структурные элементы здания. Проектирование ограждающих конструкций и гидроизоляционных систем включает в себя три этапа, которые позволяют сделать внутреннюю часть здания водонепроницаемой и экологически безопасной:

- 1) понимание наиболее вероятных причин появления воды, с которыми придется столкнуться;
- 2) проектирование систем для предотвращения проникновения воды;
- 3) окончательная отработка проекта путем подробного описания каждого отдельного элемента ограждающей конструкции здания и его связей со смежными элементами.

### *Основные причины появления воды*

Вода с наибольшей вероятностью проникает через ограждающую конструкцию здания в виде дождевых стоков через надземные элементы и в виде грунтовых вод –



через подземные. В зависимости от обстоятельств, следует также рассматривать и другие причины проникновения воды: тающий снег, конденсат стояков водяного охлаждения, ландшафтные разбрызгиватели или такие источники, как водосточные трубы и каналы.

Для наличия протечки недостаточно наличия любой из этих причин. Для того, чтобы появилась протечка, обязательно должны быть выполнены три условия. Во-первых, должна присутствовать вода в любом из ее агрегатных состояний. Во-вторых, на воду должна действовать некоторая движущая сила, например, сила ветра или сила тяжести (над уровнем земли), гидростатическое давление или капиллярное действие (ниже уровня земли). Наконец, что наиболее важно, целостность ограждающей конструкции здания должна быть нарушена (должен существовать пролом, разрыв или какое-либо отверстие), что и обеспечивает проникновение воды в защищенное пространство.

Надо помнить, что сам бетон, кроме специального, является водопроницаемым. Поэтому даже при абсолютной целостности железобетонного элемента вода через него проникает практически свободно.

Вода проникает во внутреннюю часть конструкции здания под действием многочисленных сил, в числе которых:

- сила тяжести;
- поверхностное натяжение;
- ветер/воздушные потоки;
- капиллярный эффект;
- гидростатическое давление.

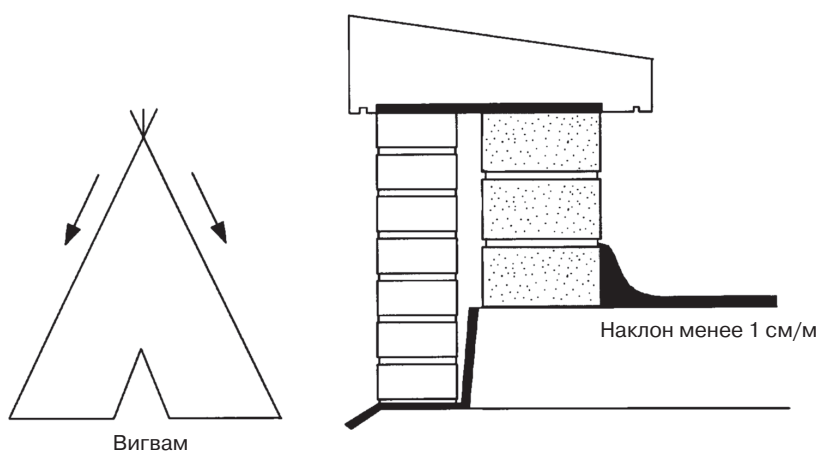
С первыми тремя силами мы обычно сталкиваемся в зоне ограждающей конструкции над уровнем земли, а с последними двумя — в зоне зданий или конструкций на уровне земли или ниже него. Для элементов ограждающих конструкций, находящихся над уровнем земли, основным силовым фактором, вызывающим проникновение воды, является сила тяжести, поэтому их не следует проектировать как абсолютно плоские и горизонтальные. Вода должна стекать с конструкции как можно скорее, чему препятствуют проходы, балконы и другие необходимые «плоские» зоны. Такие объекты следует проектировать с наклоном минимум в 2 см/м, а не 1 см/м, как часто принимается в качестве стандарта. Ведь чем быстрее вода стечет с поверхности ограждающей конструкции, тем меньше шанс возникновения протечки.

Для примера рассмотрим вигвам. Это жилище индейцев построено из материалов, которые вряд ли являются гидроизоляционными сами по себе. Тем не менее его внутренняя часть остается сухой просто потому, что вода мгновенно стекает по внешней поверхности. То же самое справедливо и для туристических палаток: туристы остаются сухими, так как вода мгновенно стекает с палатки. Однако если натянуть тот же самый материал горизонтально или с минимальным наклоном, вода через него немедленно проникнет. Рис. 1.1 подчеркивает важность создания наклона для предотвращения проникновения воды.

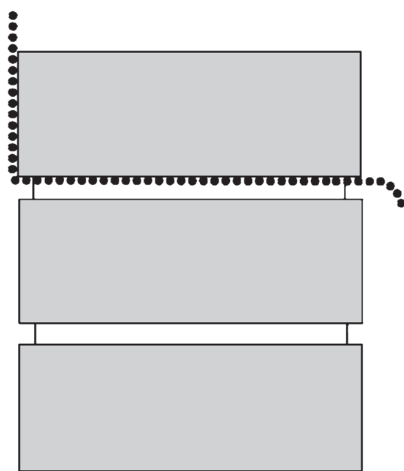
Использование в проекте достаточного наклона внешних поверхностей здания может предотвратить большинство существующих проблем, связанных с протечками. Сравните крыши жилых домов, имеющих наклон до 45°, и крыши жилых зданий, спроектированных с минимальным наклоном в 1 см/м. Хотя матери-

алы, используемые в коммерческих проектах, являются более дорогостоящими и обычно обладают намного более высокими гидроизоляционными показателями, чем битумная черепица, используемая в жилых домах, коммерческие проекты имеют намного больше проблем с протечками крыши.

Поверхностное натяжение проявляется в движении воды по смачиваемым поверхностям строительных материалов в горизонтальном или обратном направлении (например, при переходе от облицовочного кирпича к оконному или дверному проему). Подобная ситуация часто возникает, например, в кладочных швах: вода проникает в конструкцию здания под действием силы поверхностного натяжения, это показано на рис. 1.2.



**Рис. 1.1.** Наклон элементов ограждающей конструкции увеличивает сток воды. Проект с горизонтальной крышей с несоблюдением уклона часто является причиной протечек из-за того, что вода скапливается на поверхности ограждающей конструкции



**Рис. 1.2.** Поверхностное натяжение ускоряет проникновение воды

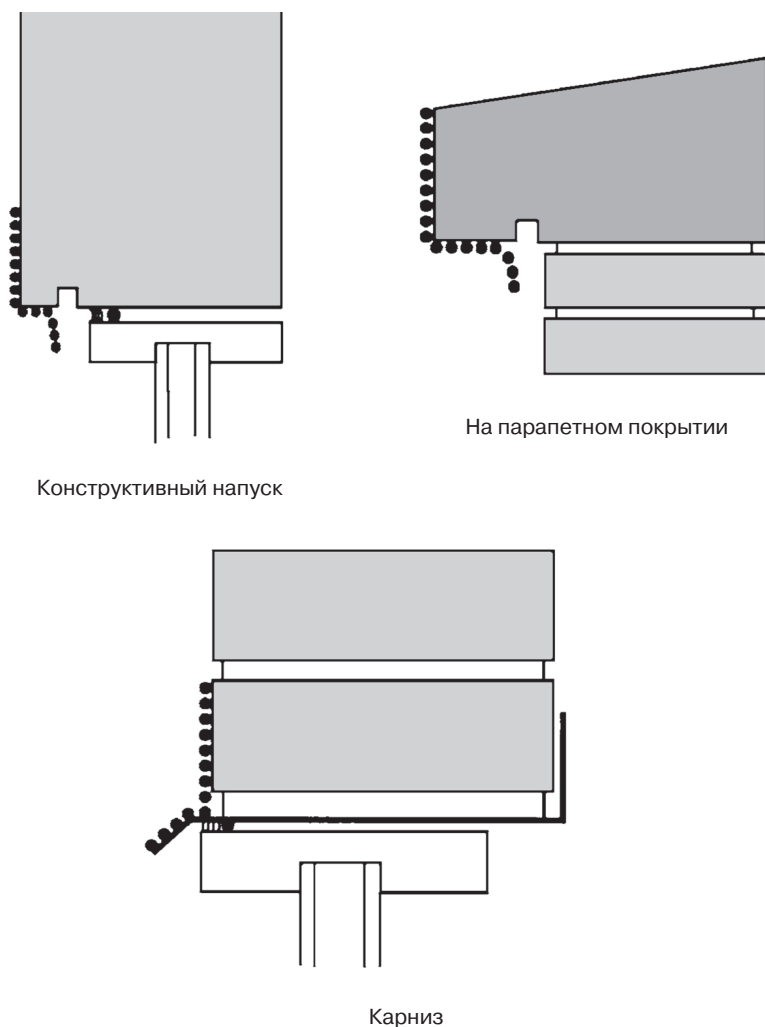
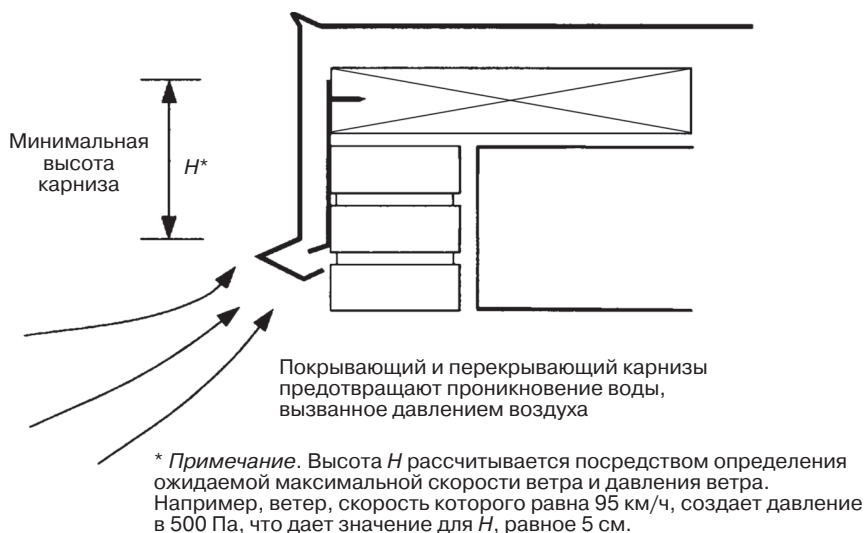


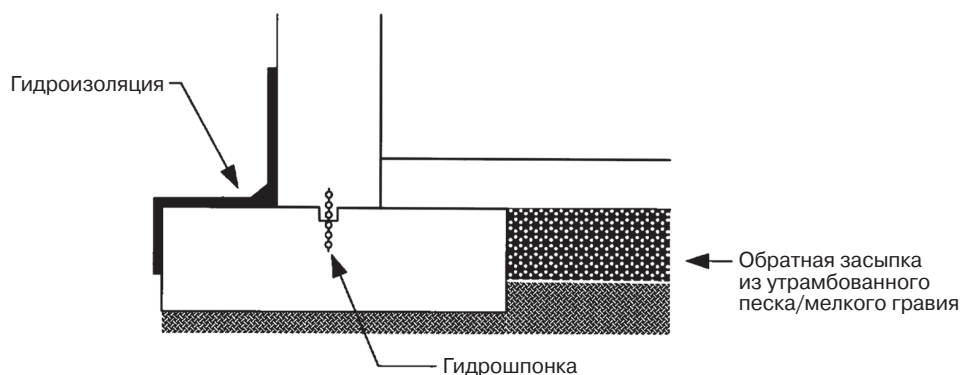
Рис. 1.3. Использование капельников для предотвращения проникновения воды

Этим объясняется тот факт, что капельники и фартуки стали обычными элементами в любой удачной ограждающей конструкции. Капельники и фартуки снимают поверхностное натяжение и препятствуют проникновению воды в здание. Примеры обычных капельников и фартуков, предотвращающих проникновение воды, приведены на рис. 1.3.

Когда дождь сопровождается сильным ветром, ограждающая конструкция становится значительно более восприимчивой к проникновению воды. Помимо того, что вода проходит через ограждающую конструкцию непосредственно с потоками воздуха, ветер может вызвать такое гидростатическое давление на внешнюю поверхность здания, которое может поднять воду вверх даже через элементы ограждающей конструкции. И здесь для того, чтобы предотвратить проникновение воды в здание, часто используются фартуки (см. рис. 1.4).



**Рис. 1.4.** Карниз, используемый для предотвращения проникновения воды под давлением ветра



**Рис. 1.5.** Предотвращение проникновения воды, вызванного капиллярным эффектом

Капиллярный эффект возникает в ситуациях, когда вода поглощается поверхностью ограждающей конструкции посредством продольного капиллярного распространения влаги. Чаще всего такая ситуация происходит с кладкой или бетонной частью ограждающей конструкции, находящейся на уровне земли или под землей. Внутри этих материалов находится много мельчайших пустот, что делает их восприимчивыми к капиллярному проникновению воды. Такие пустоты в случае большого скопления воды создают капиллярные силы, втягивающие воду в поверхность ограждающей конструкции, подобно губке. Материалы, имеющие большие пустоты или являющиеся очень пористыми, не столь восприимчивы к капиллярному эффекту. В некоторых случаях такие материалы используют для предотвращения влияния капиллярного эффекта на конструкцию здания. Например, песок часто используют при укладке бетонных плит прямо на грунт, что пре-

пятствует втягиванию бетоном воды из почвы посредством капиллярного эффекта. Типичные способы предотвращения воздействия капиллярного эффекта на ограждающие конструкции показаны на рис. 1.5.

Гидростатическое давление обычно воздействует на подземные части ограждающей конструкции, подвергающейся действию грунтовых вод. Гидростатическое давление в какой-либо точке ограждающей конструкции создается весом столба воды, находящейся выше этой точки. Такое давление может быть существенным, особенно в подземных областях, где уровень грунтовых вод изначально находится у поверхности земли или поднимается во время сильных ливней. Вода под действием гидростатического давления неизбежно будет искать любые слабые зоны ограждающей конструкции – концы ее элементов или их соединения. Именно поэтому подземные участки ограждающих конструкций должны быть лучше защищены от проникновения воды, чем надземные. Например, конструкцию из бетона, находящуюся над землей, часто обрабатывают только гидрофобизатором, а подземную часть той же самой конструкции следует защищать гидроизоляционным материалом, чтобы не допустить протечек.

### ***Проектирование для предотвращения протечек***

Если для данной конструкции определены все возможные причины проникновения воды, а также силы, способствующие этому, то в проект вводят эффективные системы для противодействия им. Ожидаемые природные условия для конкретной географической области, которые могут повлиять на подземные структуры здания, можно найти на сайте национальной погодной службы. Таблицы уровней грунтовых вод составляются на основе реальных данных для конкретной строительной площадки.

Следует понимать, что проникновение воды в подложку ограждающей конструкции, а также ее поглощение не обязательно вызывает протечку во внутреннюю область. Так, поглощение воды регулярно происходит в фасадах из каменной кладки, но либо каменная кладка является достаточно толстой, для того чтобы поглотить всю проникшую воду, не пропуская ее внутрь сооружения, либо при помощи специальных систем вода собирается и перенаправляется назад во внешнюю область. Проникновение воды также происходит в микроскопических и больших пустотах, имеющихся в швах кирпичной кладки. В этом случае также либо кладка поглощает воду, либо вода при помощи гидроизоляционных систем перенаправляется во внешнюю область.

Все элементы ограждающей конструкции проектируются для предотвращения протечки или проникновения воды при помощи одной из следующих систем (термины «проникновение воды» и «протечка» в этой книге используются взаимозаменяемо):

- 1) барьерная система;
- 2) дренажная система;
- 3) система отведения воды.

Барьерные системы, как следует из их названия, являются барьерами – препятствиями для проникновения воды. Они включают в себя гидроизоляционные

системы в виде, например, подземных полиуретановых мембран или стекла. Барьерные системы полностью предотвращают проникновение воды при всех ожидаемых условиях, включая воздействие силы тяжести и гидростатического давления (см. рис. 1.6).

Дренажные системы – это элементы ограждающей конструкции, допускающие поглощение и некоторое проникновение воды через подложку ограждающей конструкции. При этом дренажные системы обеспечивают возможность сбора воды и ее перенаправление во внешнюю область до того, как это вызовет протечку. Примерами таких систем являются стены из каменной кладки с влагоизоляцией и фартуками, обеспечивающими отведение наружу проникающей воды и водяного пара (см. рис. 1.7).

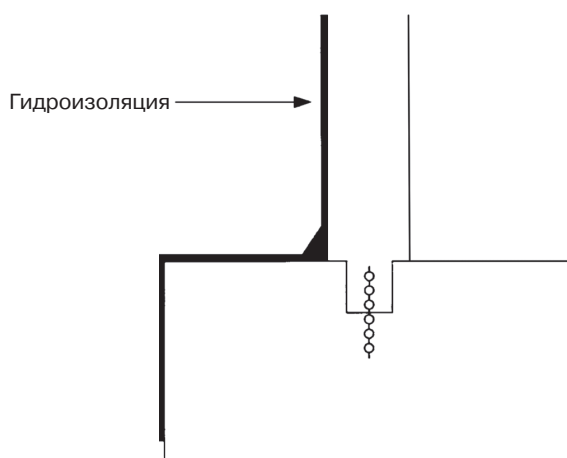


Рис. 1.6. Барьерная гидроизоляционная система

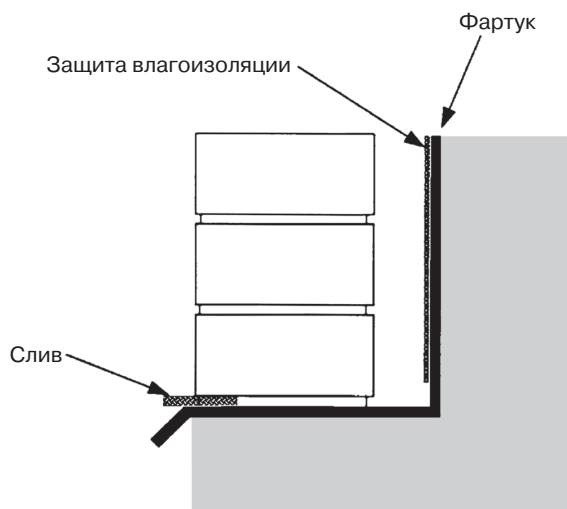


Рис. 1.7. Дренажная гидроизоляционная система

Другое название дренажных систем – «система дождевого экранирования». Этот термин сейчас часто используется в строительных проектах. В данном методе в ограждающих конструкциях используется либо пустотная кладка, либо иные подобные техники, в которых воздух в замкнутой полости препятствует проникновению воды через элементы внешнего контура здания.

В основе систем отведения воды – перенаправление воды в какую-либо другую область, прежде чем она проникнет в подложку. Этот эффект достигается с помощью наклонных крыш зданий и балконов, вертикальных дренажных плит, приложенных к подземным стенам, водостоков и сливных труб, фартуков и ветровых экранов. На рис. 1.8 представлены типичные примеры систем отведения воды.

Фасады зданий обычно оснащены сочетаниями вышеупомянутых систем, при этом каждая из систем предотвращает проникновение воды в своей области. Однако независимо от того, насколько хорошо эти системы функционируют по отдельности, если они не соединяются должным образом с другими элементами ограждающей конструкции, то протечка все равно произойдет. Такие ситуации становятся главными проблемами в создании эффективной ограждающей конструкции и функционированию гидроизоляционной системы, они же являются причиной большинства протечек.

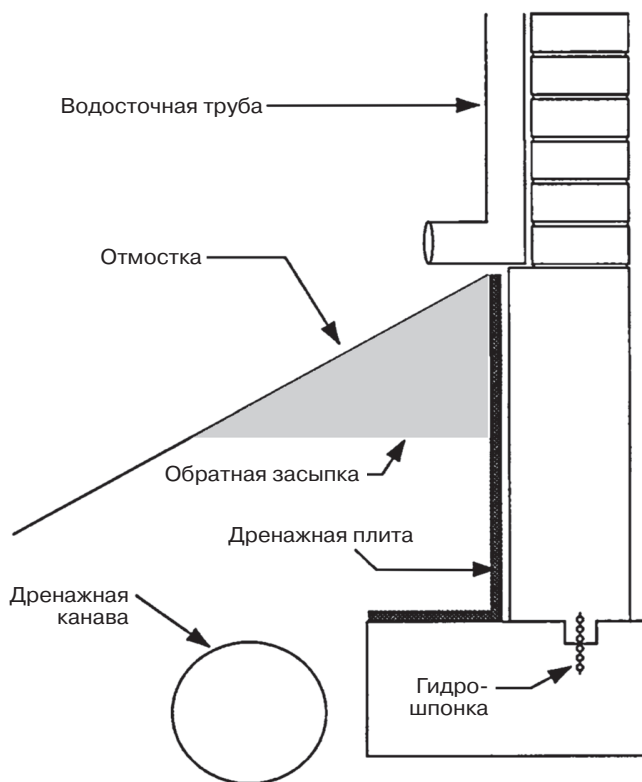


Рис. 1.8. Системы отведения воды

### ***Завершение ограждающей конструкции***

Как только определены причины проникновения воды, выбраны способы предотвращения протечек и отобраны эстетически привлекательные материалы, необходимо тщательно разработать проект ограждающей конструкции, гарантирующий успешное функционирование объекта. Чтобы предотвратить все причины проникновения воды, необходимо оснастить здание по всему контуру барьерными или дренажными системами, добавляя, где необходимо, системы отведения воды. Все системы должны действовать как единое целое, чтобы предотвратить протечки. Если одна из систем даст сбой или не будет должным образом взаимодействовать с остальными, то произойдет протечка.

Несмотря на постоянный технический прогресс в области строительных материалов, вода продолжает создавать проблемы. Чаще всего это происходит из-за того, что ограждающая конструкция не действует как единая система для предотвращения проникновения воды или загрязняющих веществ. Ведь зачастую в конструкции используется несколько различных гидроизоляционных систем, выбранных независимо друг от друга и не взаимодействующих должным образом.

Часто не придают значения соединениям и обработке концевых частей конструктивных элементов. Замена систем на те, которые не действуют совместно с другими установленными системами конструкции здания, также создает проблемы и протечки. К ним же ведет недостаточное внимание к особенностям подвжек конструкции и вызываемым ими напряжениям. Все эти ситуации, возникающие по отдельности или в комплексе, в результате вызывают протечки.

## **Проектирование ограждающих конструкций**

Для того чтобы понять теорию создания ограждающих конструкций, необходимо хорошо понимать следующие несколько терминов, а также их взаимосвязь.

***Кровля.*** Часть здания, предотвращающая проникновение воды (обычно происходящее вследствие действия силы тяжести) на горизонтальных или наклонных поверхностях. Обычно кровельные системы являются внешними и подвергаются воздействию природных факторов, однако они также могут быть внутренними или помещаемыми между составными частями здания.

***Гидроизоляция подземной части конструкции.*** Материалы, предотвращающие проникновение воды в конструкцию под действием гидростатического давления. Эти системы не подвергаются воздействию погодных условий, например, ультрафиолетовых лучей.

***Гидроизоляция надземной части конструкции.*** Комбинация материалов или систем, препятствующих проникновению воды в незащищенные элементы конструкции. Эти материалы могут подвергаться воздействию гидростатического давления в результате действия ветра, а также влиянию погодных условий и загрязняющих веществ.

***Влагоизоляция.*** Материалы, стойкие к водяному пару или незначительному количеству влаги. Они являются вспомогательными для барьерных систем или же являются составной частью дренажных систем.



*Фартуки.* Материалы или системы для перенаправления наружу воды, проникающей через внешний контур здания. Фартуки являются неотъемлемыми компонентами систем гидроизоляции, влагоизоляции и кровли. Фартуки могут также использоваться как системы отведения воды.

*Системы отведения воды.* Системы, которые перенаправляют воду от конструкции прежде, чем она проникнет в подложку. К ним относятся фартуки, водостоки, наклонные бетонные настилы и дренажные маты.

*Ограждающая конструкция здания.* Комбинация кровли, гидроизоляции и влагоизоляции, фартуков и системы отведения воды в сочетании с элементами внешнего фасада здания, являющаяся единым препятствием для негативного воздействия природных факторов. Эти системы ограждают здание по всему контуру, от подземной его части до крыши.

Итак, для того чтобы предотвратить проникновение воды, необходимо оградить весь внешний контур здания. При этом каждый элемент ограждающей конструкции или внешнего контура здания должен быть водонепроницаемым. Водонепроницаемость важна для очень многих элементов, однако большинство обывателей этого не признает. Тем не менее и внешнее освещение здания, и механическое оборудование, даже вывески и прочие декорирующие элементы должны быть сделаны водонепроницаемыми.

Каждый элемент, используемый в ограждающей конструкции здания или просто прикрепленный к ней, должен быть водонепроницаемым. Его необходимо грамотно соединить с другими элементами ограждающей конструкции, чтобы гарантировать герметичность стыков. Ведь в ограждающих конструкциях сочетаются самые разные виды материалов: основной материал фасада здания (например, кирпич), стеклянные фасады и прорезные окна, декоративные бетонные карнизы.

Такие элементы фасада часто являются барьерными или дренажными системами. Например, стекло — это фактически барьерная система, а кирпич — дренажная. Монтаж систем отведения воды или дополнительной защиты от нее завершает создание ограждающей конструкции.

Каждая система гидроизоляции должна взаимодействовать с остальными, образуя при этом единую ограждающую конструкцию, стойкую к влиянию погодных факторов. На рис. 1.9 показана взаимосвязь различных компонентов типичной ограждающей конструкции.

На рис. 1.9 горизонтальная часть кровли заканчивается вертикальным парапетом на металлическом перекрывающем фартуке, объединяющем гидроизоляционные системы парапета и кровли. В данном случае фартук действует как переходный элемент между кровлей и парапетом, он обеспечивает водонепроницаемость всей ограждающей конструкции и позволяет этим двум элементам действовать как единое целое.

Подобная ситуация имеет место и в случае покрытия парапета: этот элемент обеспечивает переход между кирпичным фасадом, гидрофобизатором для кирпича, влагоизоляцией пустотелой стены, деревянными перекрытиями под накрывающим элементом и парапетом. Отметим, что в данном случае добавлен герметик для защиты от попадания воды под фартук вследствие гидростатического давления или действия ветра во время дождя. Без герметика различные используемые неза-

вимимые системы не смогли бы действовать как единое целое. Как следствие, невозможно было бы обеспечить водонепроницаемость ограждающей конструкции.

На вертикальной части фасада здания заполненные герметиком вертикальные и горизонтальные контрольные швы (они не показаны на рисунке) оставляют достаточное пространство для подвижек каменной кладки при тепловом расширении и сжатию; водонепроницаемость фасада при этом сохраняется. Отметим, что через кирпичную стену проходит сквозной фартук – именно он через специальное отверстие отводит водяной пар и влагу, собранные влагоизолирующей системой.

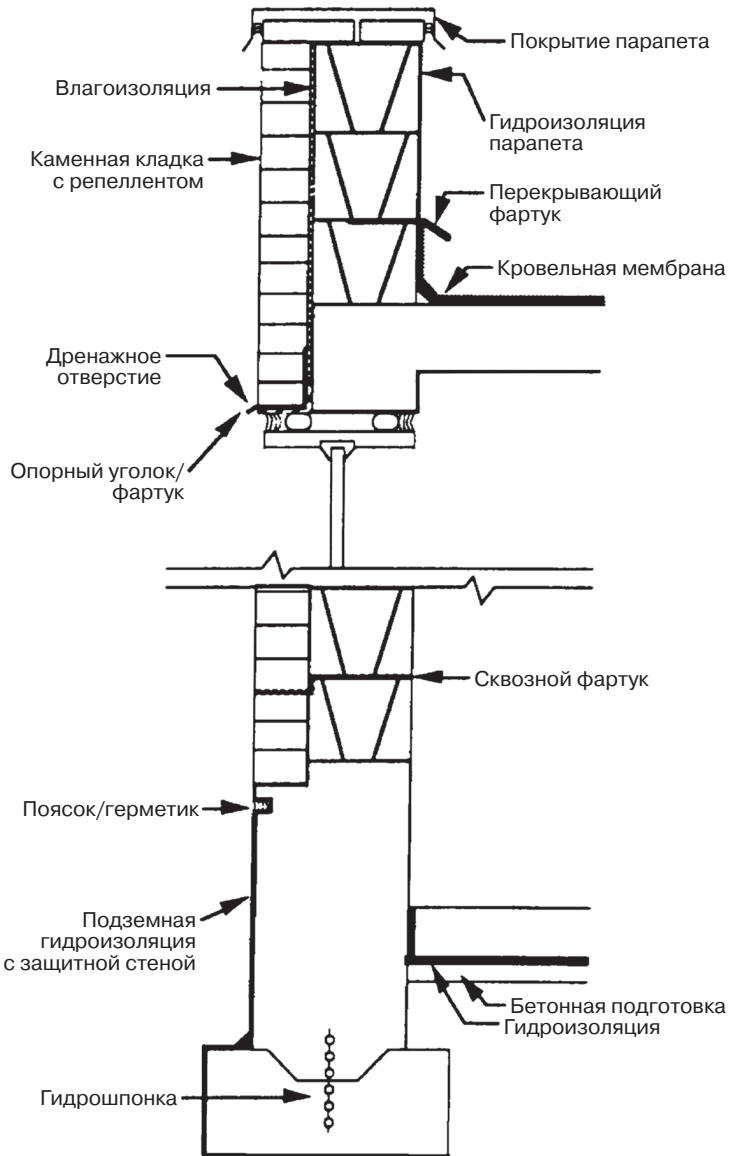


Рис. 1.9. Типичная ограждающая конструкция

Кроме того, герметик, нанесенный по периметру окна, связывает опорный уголок и оконную раму. В свою очередь, оконная рама связывает раму и стекло, которые также водонепроницаемы.

Для перехода между подземной барьерной гидроизоляционной системой и дренажной системой на кирпичном фасаде устанавливают поясok. Этот поясok соединяет две системы и обеспечивает целостность водонепроницаемости ограждающей конструкции. Поясок дополнительно обрабатывают герметиком, чтобы в точке соединения обе системы могли перемещаться независимо друг от друга, оставаясь при этом водонепроницаемыми.

Даже гидрошпонка в основании бетонной плиты обеспечивает очень важное для гидроизоляционной системы соединение. На это часто не обращают внимания, однако именно гидрошпонка связывает вертикальную гидроизоляционную систему и гидроизоляцию горизонтальной плиты. При этом обеспечивается водонепроницаемое уплотнение посредством ограничения бокового движения воды вдоль бетонной стены в направлении шва фундамента.

На рис. 1.9 также продемонстрирована система отведения воды посредством наклона прилегающего участка грунта с помощью установки дренажной канавки. Эти системы не являются необходимыми для гидроизоляции ограждающей конструкции, однако они быстро отводят воду, устраняя ненужное гидростатическое давление, направленное на стены фундамента.

Как показано на рис. 1.9, *каждый отдельный гидроизоляционный материал соединяется с другими, образуя водонепроницаемую ограждающую конструкцию здания.*

## Наиболее важный принцип гидроизоляции

Каждый элемент ограждающей конструкции, обрабатываемый подрядчиком с узкой специализацией, независимо от того, является ли этот элемент частью гидроизоляционной системы или нет, должен стать частью единой водонепроницаемой ограждающей конструкции здания. Также важно и то, что все системы ограждающей конструкции здания должны быть надлежащим образом соединены или снабжены водонепроницаемыми окончаниями. Часто узкоспециализированные рабочие, выполняющие ту или иную работу, не являются осведомленными и подготовленными в части правильного сооружения ограждающих конструкций зданий, а необходимый надзор за ними не осуществляется. Именно это и является главной причиной проникновения воды во все типы конструкций.

Следствием вышесказанного является недостаточное внимание к деталям, которое становится причиной многочисленных проблем в строительстве. Правильное выполнение элементов ограждающей конструкции представляет собой обширную задачу. С самого начала работ вплоть до установки ограждающей конструкции возникает большое количество сложностей. Выдвижение на первый план взаимозависимости между различными типами ограждающих систем – важнейший принцип гидроизоляции.

**Принцип 90/1%: 90% всех проблем с проникновением воды возникает в пределах 1% площади всей внешней поверхности конструкции или здания.**

Именно этот 1% площади внешнего контура здания содержит элементы окончаний или соединений различных гидроизоляционных систем (см. рис. 1.9). Именно этот 1% площади зачастую приводит к неплотностям в ограждающей конструкции или полной потере ее эффективности. Именно этот 1% и является главной причиной всех проблем с гидроизоляцией.

Сегодня все поставщики, проектировщики и производители признают важность принципа 90/1%, который впервые был введен автором этой книги. Архитекторы должны осознавать важность детализации соединений и окончаний, производители должны поставлять необходимые детали в соответствии со спецификациями, а генподрядчики должны обеспечивать необходимую координацию и контроль деятельности большого числа субподрядчиков, участвующих в создании ограждающей конструкции. Тогда готовый объект будет функционировать правильно и в соответствии с ожиданиями.

Принцип 90/1% является причиной того, что несмотря на технологический прогресс, вопросы гидроизоляции остаются самыми частыми основаниями для судебных исков в области строительства. Хотя на самом деле протечки образуются не в гидроизоляционных системах или элементах ограждающей конструкции, а в узлах строительных конструкций.

## Второй важнейший принцип гидроизоляции

Невнимание к деталям часто усугубляется общим низким качеством работы, что приводит нас к следующему важнейшему принципу гидроизоляции.

**Принцип 99%: Приблизительно 99% протечек гидроизоляции возникает по причинам, не связанным с повреждениями материалов или гидроизоляционных систем.**

При рассмотрении миллионов квадратных метров установленных гидроизоляционных систем, как барьерных, так и дренажных, а также километров нанесенного на строительные конструкции герметика, можно сделать вывод, что лишь 1% нарушений ограждающих конструкций и вызванных ими протечек связан с повреждением материалов или систем. Причины же большинства нарушений следующие: ошибки при монтаже, ошибочный прогноз эксплуатационных требований (например, имеются температурные деформации, превышающие возможности материала), неверный выбор праймера или отказ от его использования, недостаточная подготовительная работа, соединение несовместимых материалов, недостаточное (или в случае, например, с герметиком, чрезмерное) количество использованного материала.

Сегодня, когда контроль качества и испытания начинаются уже на стадии производства, крайне редко происходит повреждение самих материалов. Например, весьма редки случаи полного разрушения материала подземных жидких мембран, что описано в главе 2. В большинстве случаев возникшая протечка объясняется неправильным нанесением материала, использованием непригодного для данного случая материала, неправильной подготовкой подложки или нанесением на необработанный бетон. Более того, вероятно, что протечка также может быть связана с принципом 90/1%, то есть с невниманием к соединениям или окончаниям подземной мембраны.

Указанные выше два важнейших принципа гидроизоляции, взятые вместе, объясняют большинство проблем, встречающихся в гидроизоляционной отрасли. *Рассматривая оба принципа вместе, можно с уверенностью ожидать, что протечка обычно находится на 1% внешней поверхности здания и что ее причина на 99% связана не с повреждением материалов.*

## Предотвращение проникновения воды

Итак, эти два простых принципа охватывают большинство проблем с протечками. Исходя из этого можно решить, что предотвращение протечек является легкой задачей. Она и будет легкой, если предупреждение повреждений ограждающей конструкции станет профилактическим процессом, осуществляемым до фактического начала работ. Одним из первых шагов в осуществлении процесса контроля качества должны стать совещания перед началом строительства с участием всех субподрядчиков, занятых в строительстве ограждающей конструкции, где необходимо обсудить следующие темы:

- элементы фасада здания;
- предложенные кровельные и гидроизоляционные системы, связанные с ограждающей конструкцией здания;
- обеспечение непрерывности передней линии барьерных/дренажных систем ограждающей конструкции здания (рассматривается в главе 11);
- переходы между элементами ограждающей конструкции, их эффективность и совместимость;
- концевые элементы, их соответствие требованиям гидроизоляции;
- инструктаж всех участников о необходимости учета принципов 90/1% и 99%;
- назначение ответственных за каждое соединение между элементами и за каждое окончание элементов.

Последний вопрос часто является причиной проблем, объясняемых принципом 90/1%, так как большая часть протечек связана с соединением элементов. Виновных в протечках найти не удастся, так как генподрядчик пропустил назначение ответственных за эти детали в договорах субподряда. Так, например, (обратимся снова к рис. 1.9), на ком будет лежать ответственность за монтаж пояса для перехода между подземными гидроизоляционной и влагоизоляционной системами? Если генподрядчик упустил из виду назначение ответственного за монтаж этой детали, то вину за неправильно сделанную работу доказать будет очень сложно.

Так как во многих случаях необходимо в первую очередь устанавливать гидроизоляционную мембрану, то правильнее будет завершить этот элемент тому, кто наносит влагоизоляционную систему. Но, хотя субподрядчики по каменной кладке часто производят установку влагоизоляционной системы, мало кто из них понимает важность этой детали. Что если используемая влагоизоляционная система сделана на основе каменноугольных смол и поэтому не совместима с полиуретановой гидроизоляционной мембраной? А если еще используется акриловый герметик, который не совместим ни с мембраной, ни с влагоизоляционной системой?

Такие ситуации постоянно возникают во время строительства и приводят к нарушениям, связанным с принципом 90/1%.

К сожалению, зачастую гидроизоляция является обособленным требованием договора субподряда, и не все архитекторы, инженеры, генподрядчики и субподрядчики осознают важность знания требований к проектированию и строительству водонепроницаемой ограждающей конструкции. Необходимо ясно понимать, что все элементы внешнего фасада здания, от выбранной почвы для засыпки до механического оборудования крыши, являются неотъемлемыми частями и деталями ограждающей конструкции, и что на них в равной степени оказывают влияние принципы 90/1% и 99%.

## **Помимо гидроизоляции ограждающей конструкции**

Гидроизоляционные системы помимо предотвращения проникновения воды также выполняют функцию предотвращения структурного повреждения элементов здания. В странах с холодным климатом гидроизоляция предотвращает растрескивание бетона, каменной кладки или камней из-за циклов замораживания-оттаивания. Также гидроизоляционные системы предотвращают коррозию структурных стальных элементов и элементов армирования бетона.

Гидроизоляционные системы также предотвращают проникновение в структурные элементы загрязняющих веществ, например, хлорид-ионов (солей, включая дорожные соли, используемых для борьбы с обледенением). Эти вещества вызывают ухудшение качества стали и растрескивание бетона, что особенно важно на горизонтальных площадках, подвергающихся воздействию окружающей среды, например, на балконных настилах и в зонах парковки автомобилей. При выборе гидроизоляции также стоит подумать о предотвращении вредного воздействия кислотных дождей (сульфиты при реакции с водой образуют серную кислоту) и углеродных кислот, которые образуются при реакции воды с диоксидом углерода, присутствующего в автомобильных выхлопах.

Ограждающие конструкции также сохраняют тепло и осуществляют контроль над окружающей средой, действуя как барьеры для погодных условий, защищают от ветра, холода и зноя. Кроме того, ограждающая конструкция должна сопротивляться давлению ветра и его проникновению в здание. Перечисленные природные факторы в сочетании с водой могут сильно повредить здание и его внутренние элементы. Прямое давление ветра помогает воде проникнуть через трещины и изломы глубже в конструкцию, туда, куда при нормальных условиях вода бы не попала. Оно также с помощью гидростатического давления создает движение воды вверх через подоконники, вентиляционные каналы или заслонки. Из-за действия ветра может возникнуть разность давлений воздуха, вызывающая всасывание воды в структуру здания.

Такая ситуация может возникнуть, когда внешнее давление выше, чем внутреннее. Также подобный эффект возникает при конвекции воздуха, когда холодный воздух опускается в нижнюю часть здания, замещая более теплый воздух, поднимающийся и выходящий из здания через верхние части. Для того чтобы предотвратить такое проникновение воды и связанные с ним потери энергии, ограждающая конструкция должна также быть устойчивой к воздействию ветра.

В конце концов, здоровье тех, кто будет жить или работать в здании, напрямую связано с тем, насколько хорошо был выполнен проект и построена ограждающая конструкция. Одна только плесень может вызвать огромное количество заболеваний у людей. И именно для образования и роста плесени требуется присутствие влаги, которая почти всегда является результатом протечки. Такого количества проблем, источником которых является лишь одна протечка, появившаяся в результате неверно спроектированной или некачественно возведенной ограждающей конструкции. Все это влечет за собой необходимость правильного понимания принципов 90/1% и 99%, представленных в этой книге.

## Успешное сооружение ограждающей конструкции

Для того чтобы ограждающая конструкция удовлетворяла всем ожидаемым требованиям, необходимо обратить особое внимание на:

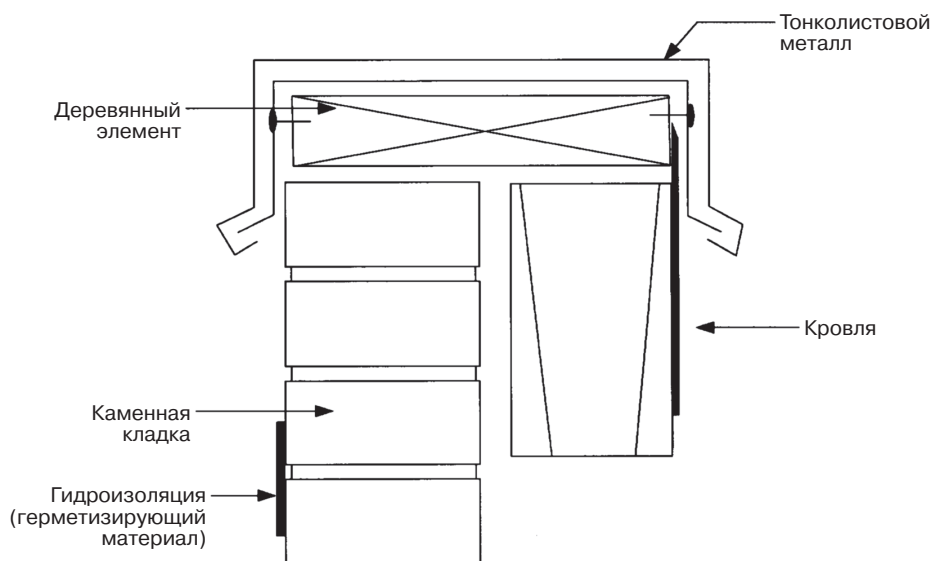
- выбор и проектирование совместимых материалов и систем;
- корректное выполнение соединений и окончаний материалов;
- установку и проверку этих деталей во время строительства;
- способность композитных систем ограждающей конструкции выполнять свои функции в данных климатических условиях;
- техническое обслуживание ограждающей конструкции.

Из множества систем, доступных проектировщику, необходимо внимательно выбрать те, которые могут работать вместе и правильно соединяться друг с другом. После того как материалы выбраны, а их спецификации определены, необходимо тщательно рассмотреть предложенные поставщиком варианты замены. Сходные системы и материалы могут быть не совместимыми функционально или иным образом с ранее выбранными элементами. А замена установленных в проекте элементов другими, более сложными материалами лишь еще больше усложнит установку ограждающей конструкции.

Недостаточное внимание к соединениям элементов, а также замена материалов во время монтажа могут привести к проникновению воды. Поэтому с момента начала строительства необходимо постоянно контролировать монтаж: не отступать от требований проекта, от необходимых характеристик и рекомендаций производителя. Проблемы выполнения элементов усложняются участием нескольких различных специалистов и субподрядчиков в монтаже одной детали. Например, в создании покрытия парапета (см. рис. 1.10) принимают участие субподрядчики, осуществляющие кровельные, плотницкие, кладочные, гидроизоляционные и жестяные работы. Один некачественный или неправильно установленный материал в этом элементе создаст проблемы для всей ограждающей конструкции.

В конце концов, материалы, смонтированные как элементы ограждающей конструкции, должны выполнять свои функции в течение всего срока службы конструкции. Например, сборная панель при тепловом расширении увеличивается в размере на 10 мм, однако герметик в компенсационном шве может без разрывов расширяться только на 5 мм.





**Рис. 1.10.** Схема покрытия парапета. Указаны все вовлеченные в его строительство подрядчики

Корректное техническое обслуживание системы после монтажа крайне важно для ее нормальной работы во время всего срока службы. Смогут ли опорные уголки поддерживать парапет под давлением снега или ветра? Приведет ли окисление перекрывающего фартука к проникновению воды в кровельную систему, что вызовет ее дальнейший износ?

При правильном проектировании, строительстве и техническом обслуживании, 99% ограждающей конструкции обычно функционируют надлежащим образом. Многочисленные проблемы создает оставшийся 1%. Именно он требует намного больше внимания и времени хозяев здания, архитекторов, инженеров, генподрядчиков и субподрядчиков для того, чтобы ограждающая конструкция была эффективна.

Чаще всего, у этого 1% ограждающей конструкции возникают проблемы, связанные с некорректным выполнением элементов архитекторами, неправильным монтажом подрядчиками и субподрядчиками, а также ненадлежащим техническим обслуживанием хозяевами здания.

Типичные ошибки, связанные с ограждающей конструкцией, связаны с работой:

- *архитекторов и инженеров* (неправильные проектные решения (принцип 90/1%); отсутствие допусков на тепловые деформации; неверный выбор материалов; использование замен, несовместимых с другими элементами ограждающей конструкции);
- *производителей материалов* (недостаточный ассортимент стандартных материалов для выполнения соединений элементов и их окончаний; плохая подготовка монтажников; недостаточные испытания материалов на совместимость с другими элементами ограждающей конструкции);



- *генподрядчиков и субподрядчиков* (неправильный монтаж (принцип 99%); невнимательность к деталям; несогласованность работы различных субподрядчиков; привлечение к работе необученных специалистов);
- *владельцев зданий и управляющих* (отсутствие контроля над выполнением регулярного технического обслуживания; привлечение к техническому обслуживанию необученного персонала; отсутствие контроля за выполнением работ после осмотров; перенос технического обслуживания на неопределенный срок, вплоть до появления дальнейшего повреждения структурных элементов или ограждающей конструкции).

Сегодня производители материалов предпочитают концентрироваться на их техническом улучшении, позволяющем сделать материалы защищенными «от дурака». Они понимают, что соответствие стандартам вовсе не гарантирует успешную работу их материалов. Ведь на работу материала может повлиять все, от условий окружающей среды во время монтажа, до неквалифицированной работы монтажников. Монтаж не происходит в идеально чистых лабораторных условиях. Изготовление материалов с дополнительной защитой повышает вероятность успеха, по крайней мере, для отдельной системы. Например, правильнее использовать материалы, которые не требуют праймера для необходимой адгезии; применять однокомпонентные, а не двухкомпонентные системы; осуществлять мойку материала простой водой, а не очистку под большим давлением; использовать герметик, выдерживающий 300% удлинение, а не 100%-ое. Все это обеспечит дополнительную защиту при избыточной деформации и снизит требования к техническому обслуживанию.

Аналогичные достижения в качестве выполнения работ позволят применить такие меры, которые позволят защититься от действия принципов 90/1% и 99% и устранят большую часть проблем с гидроизоляцией.

## Использование этого руководства

Главы 1–3 данного руководства посвящены тематике ограждающих конструкций. Каждый элемент, используемый при гидроизоляции, детально рассматривается в применении ко всем типам стандартных строительных методов. В главе 3 освещается тема гидроизоляции внутри помещения, например, в душевых помещениях и подвалах.

В новое издание была добавлена глава 4, чтобы подчеркнуть особый интерес к использованию ограждающей конструкции при строительстве жилых помещений. В этой главе показана важность вопросов, поднятых ранее, в контексте гидроизоляции объектов жилищного назначения.

В главах 5–7 рассматриваются вспомогательные практики монтажа ограждающих конструкций, включая вопросы, связанные с герметиками, компенсационными швами и добавками, используемыми при гидроизоляции ограждающих конструкций зданий. В главах 1–7 рассмотрены вопросы профилактических работ, а также способы ремонта и полного восстановления нарушенных систем гидроизоляции.

В новое издание также была добавлена глава 9, в которой обсуждается вопрос образования плесени, особенно в жилых помещениях, а также ее появление в связи с нарушением целостности гидроизоляции. В частности, указывается, что необхо-



димым условием образования и роста плесени является наличие протечки. Таким образом, присутствие плесени само по себе является доказательством проникновения воды, которое должно быть устранено с учетом принципов, изложенных в этом руководстве.

В главе 10 подробно обсуждается установка переходов между элементами и их окончаний, что является самым главным этапом создания успешной ограждающей конструкции. В главе 11 продолжается это обсуждение, здесь охвачены вопросы сроков службы, качества и технического обслуживания ограждающих конструкций для предотвращения проблем, связанных с принципами 90/1% и 99%. В главе 12 подробно описано испытание элементов ограждающих конструкций до начала строительства. В главе 13 представлены методы определения и точного указания причин протечки. В главе 14 обсуждаются вопросы безопасности, связанные с гидроизоляционными материалами, в состав которых входят летучие органические вещества (ЛОВ).

Кроме того, руководство включает две важные исследовательские главы. Первая из них, глава 15, представляет собой серию типовых спецификаций для стандартных методов гидроизоляции, используемых при новом строительстве (в связи с тем, что данные спецификации не могут быть использованы в условиях РФ, в настоящем издании глава 15 представляет собой описание наиболее применяемой в РФ системы материалов «Пенетрон». — *Примеч. ред.*). Далее следует глава 16, которая была обновлена для использования как всестороннее руководство по доступным гидроизоляционным материалам и производителям систем, строительным объединениям и другим источникам. Целью этой главы является помощь читателю в сборе достаточной информации для успешного выполнения монтажа любого типа гидроизоляции или ее возможного ремонта.

## Выводы

Хотя данное руководство составлено так, чтобы по отдельности обсудить различные системы гидроизоляции, их всегда следует рассматривать как единую систему. Помните, что какой бы хороший материал вы не использовали, ограждающая конструкция будет успешна только в том случае, когда все ее элементы работают как единое целое. Один некачественный элемент ограждающей конструкции может вызвать ухудшение состояния всего фасада и проникновение воды во внутренние области здания.

## ГЛАВА 2

# ПОДЗЕМНАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ

### Введение

Вода, в каком бы агрегатном состоянии она ни была, – в виде пара, жидкости и льда – может обеспечить множество проблем для строительства под землей. В виде пара она проникает через пористые поверхности, в жидком состоянии может образовать протечку, замерзнув же, вызывает растрескивание бетонных перекрытий. Проблемы, вызванные водой, делают внутренние помещения, находящиеся ниже уровня земли, непригодными для жилья не только вследствие протечек, но и вследствие повреждения элементов конструкции, вызванного коррозией арматурной стали, растрескиванием бетона, а также трещинами в конструкции.

Следует помнить, что материалы для подземной гидроизоляции подвергаются воздействию более жестких условий, чем материалы ограждающей конструкции над землей. Элементы конструкции, находящиеся под землей, часто подвергаются воздействию гидростатического давления грунтовых вод, которые могут значительно подниматься в периоды обильных осадков. В то же время, в отличие от надземных элементов ограждающей конструкции, подземные материалы не подвергаются воздействию таких условий окружающей среды, как ветер, дождь, ультрафиолетовое излучение и кислотные дожди.

По этой причине производители подземных систем гидроизоляции могут сосредоточиться лишь на создании эффективных барьеров для проникновения воды без необходимости беспокоиться о вопросах надземной гидроизоляции. Например, мембранные системы, используемые под землей, могут обладать существенной эластичностью, ведь производителю не нужно дополнять их свойствами сопротивления ультрафиолету, ограничивающими способность к удлинению.

Все подземные гидроизоляционные системы являются барьерными. В настоящий момент не создано таких дренажных систем, которые пригодны для адекватной защиты от действия гидростатического давления. Однако системы отведения воды часто включаются в проект подземной гидроизоляции и рекомендуются для использования в сочетании с любой подземной системой. Исключение составляют лишь случаи применения материалов на основе пластичной глины, требующих наличия соответствующей подачи воды для поддержания их гидратации и гидроизоляционных свойств.

Правильное проектирование подземной части конструкции начинается с надлежащего контроля водных условий. Совершенно не обязательно подвергать подземные компоненты ограждающей конструкции воздействию воды, которую можно каким-либо способом отвести от конструкции, создав при этом дополнительную защиту. Поверхностные и грунтовые воды следует всегда и немедленно отводить от конструкции.

## Контроль поверхностных вод

Вода поступает в подземные поверхности из двух источников – из поверхностных и грунтовых вод. Помимо выбора и монтажа подходящих гидроизоляционных материалов, все работы по монтажу гидроизоляции должны включать в себя методы контроля и дренажа как поверхностной, так и грунтовой воды.

Поверхностная вода, которая включает дождевую воду, воду из разбрызгивателей и талый снег, должна быть отведена от конструкции. Это предотвращает просачивание внутрь здания воды, непосредственно прилегающей к стенам по его периметру. Отведение воды может производиться в один или несколько этапов. Прими-кающую к зданию почву следует профилировать таким образом, чтобы образовался наклон в направлении от конструкции. Рекомендуется, чтобы наклон составлял минимум 4 см/м.

Автоматические разбрызгиватели, направленные на стены здания, могут насытить водой надземные стены, что может вызвать протечку в подземные области. Водосточные трубы или воронки, а также траншейные дрены, способные справляться с большими объемами воды, эффективно отводят воду от здания. Рекомендуемые средства для контроля воды показаны на рис. 2.1.

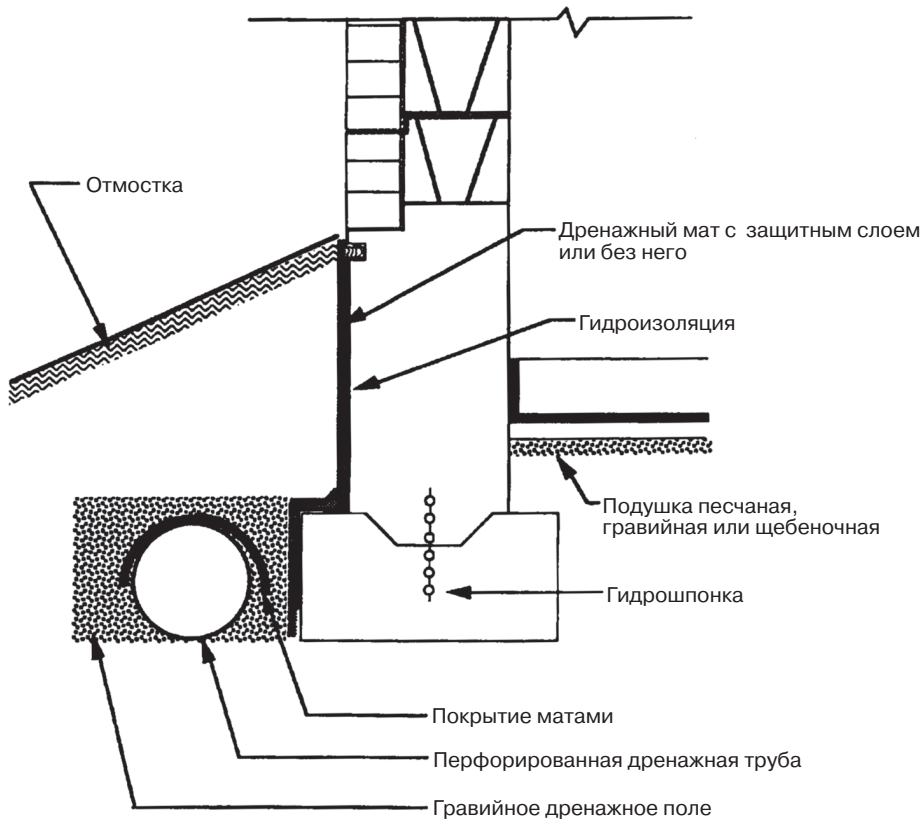


Рис. 2.1. Элементы подземной гидроизоляции

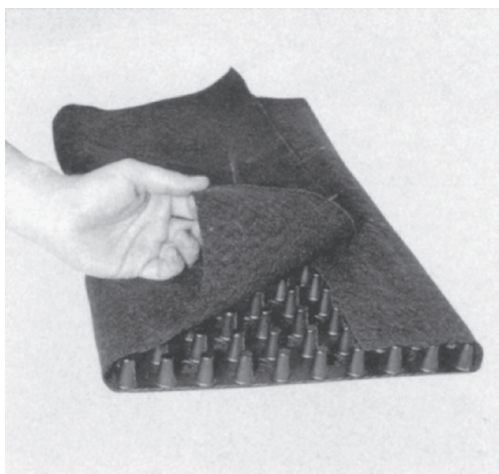
## Контроль грунтовых вод

Кроме защиты конструкции при нормальном уровне грунтовых вод, необходимо учесть возможное временное его повышение. Ведь уровень грунтовых вод может быть существенно повышен вследствие накопления дождевой воды или даже естественных капиллярных явлений в почве. Поэтому гидроизоляционные материалы должны быть нанесены достаточно высоко для предотвращения проникновения воды при временном повышении уровня грунтовых вод.

При монтаже любого типа подземной гидроизоляции рекомендуется устанавливать систему для сбора, дренажа, и удаления воды от ограждающих конструкций. Дренаж фундамента — это эффективный способ правильного сбора и последующего удаления воды. Он состоит из перфорированной трубы, установленной отверстиями вниз на подушку из гравия, которая обеспечивает фильтрацию воды. Перфорированные дренажные трубы обычно изготавливаются из поливинилхлорида (ПВХ). Иногда используют трубы из обожженной глины, но они менее прочные. Для того чтобы предотвратить вымывание почвы под фундаментом и оседание конструкции, дренажные трубы устанавливаются чуть выше нижней линии фундамента.

Крупный гравий прокладывается по обеим сторонам и над дренажной трубой для того, чтобы обеспечить просачивание и сбор воды. Кроме того, поверх гравия устанавливается сетка или маты — они защитят отверстия в дренажных трубах от почвы, которая может туда забиться. Собранная вода отводится к дренажным полям благодаря нормативному наклону трубы или закачивается насосом в поглощающие колодцы.

## Сборные дренажные системы для фундамента и почвы



**Рис. 2.2.** Типичная сборная дренажная система фундамента с оболочкой из геотекстиля (предоставлено *American Wick Drain Corporation*)

Дренажные системы фундамента достаточно сложно правильно соорудить непосредственно на объекте. Кроме того, часто со временем такие системы начинают работать плохо из-за просачивания в дренажные трубы ила, песка и почвы, что, в конце концов, приводит к засорению всей системы. Производители на данную проблему откликнулись разработкой систем с защитой от дурака. Такие новые сборные системы относительно недороги и пригодны в качестве дополнительного контроля качества воды для любого строительного проекта: жилых домов, коммерческих и гражданских сооружений. О некоторых из них будет рассказано в этом разделе.

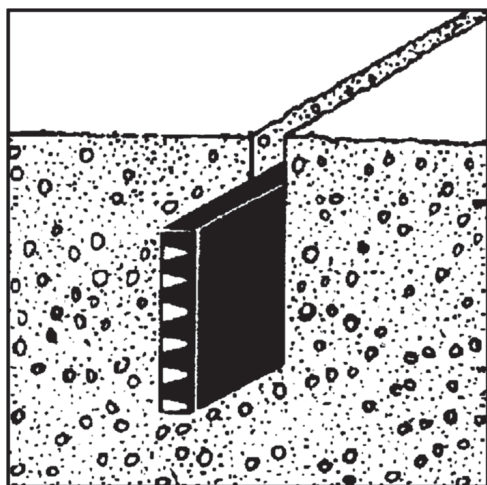


Рис. 2.3. Изометрический элемент дренажной системы (предоставлено American Wick Drain Corporation)

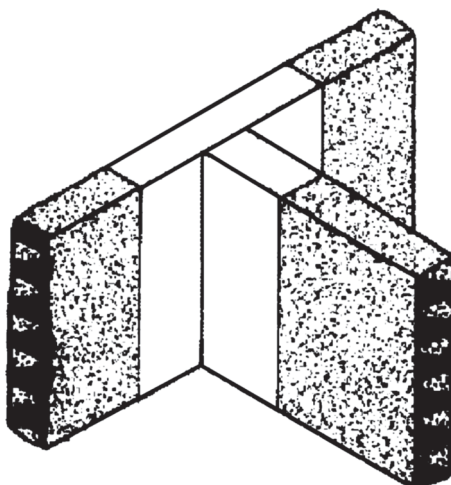


Рис. 2.4. Т-образный соединительный элемент для дренажной системы (предоставлено American Wick Drain Corporation)

Пластиковые сборные дренажные системы для почвы изготавливаются из различных пластиковых композитных составов, в том числе из полипропилена, полистирола и полиэтилена. На рис. 2.2 изображено типовой готовый дренажный материал. Такая система содержит специальные дренажные сердечники, покрытые оболочкой из геотекстильной ткани. Заводская сборка такой дренажной системы исключает какие-либо дополнительные действия, кроме работ, предусмотренных проектом.

Защита от дурака в такой системе заключается в том, что система просто укладывается в область, предназначенную для дренажа. Требуется только соблюдать определенный наклон траншеи. На рис. 2.3 представлена упрощенная схема монтажа дренажной системы. Такая система стойка к повреждениям, что защищает ее во время засыпки. Производители также предоставляют большой выбор комплектующих для обработки соединения между элементами и их окончаний. На рис. 2.4 и 2.5 показаны примеры таких комплектующих: Т-образное соединение для дренажной системы, а также выпускное соединение для сбора воды.

Материалы поставляются в виде рулонов шириной до 90 см и длиной до 150 м. Рекомендуется, чтобы изделие было стойким к повреждениям, обладало некоторой эластичностью, чтобы выдерживать деформации, а также было устойчивым к внешним воздействиям.

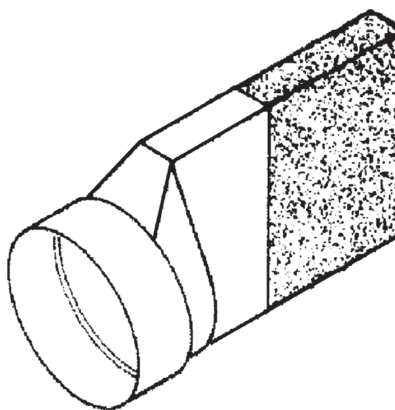


Рис. 2.5. Выпускное присоединение (предоставлено American Wick Drain Corporation)



### Установка сборной дренажной системы

Изделие можно укладывать в уже имеющиеся траншеи, оставшиеся от постройки фундамента, или траншеи, специально предназначенные для дренажного поля. Ширина траншеи обычно составляет 5–15 см. Глубина определяется фактическими условиями на участке, а также водопроницаемостью почвы. На рис. 2.6 представлена типовая дренажная система.

Сборные пластиковые дрены обычно позволяют использовать выкопанную почву как засыпку, что устраняет необходимость использовать для засыпки специальный материал. Засыпка должна быть спрессована в слой. Геотекстильная оболочка подбирается в зависимости от состояния почвы. Ниже приведены основные виды геотекстиля для различных видов почвы:

- высокое содержание глины – нетканый иглопробивной геотекстиль;
- песчаная почва – тканые материалы с высокой водопроницаемостью;
- высокое содержание ила – геотекстиль с мелкими отверстиями.

Для почв, представляющих собой любую комбинацию из указанных выше типов, желательно проводить испытания или получить рекомендации производителя дренажной системы.

Поставляемые производителями Т-образные элементы, соединители, а также выпускные элементы следует использовать в соответствии с проектом. Сбор и дренаж может производиться рядом способов, отвечающих требованиям для конкретной местности. Так, дренаж может представлять собой простой отток воды в землю, поверхностный дренаж, или же он может быть спроектирован для отвода в муниципальную ливневую канализацию.

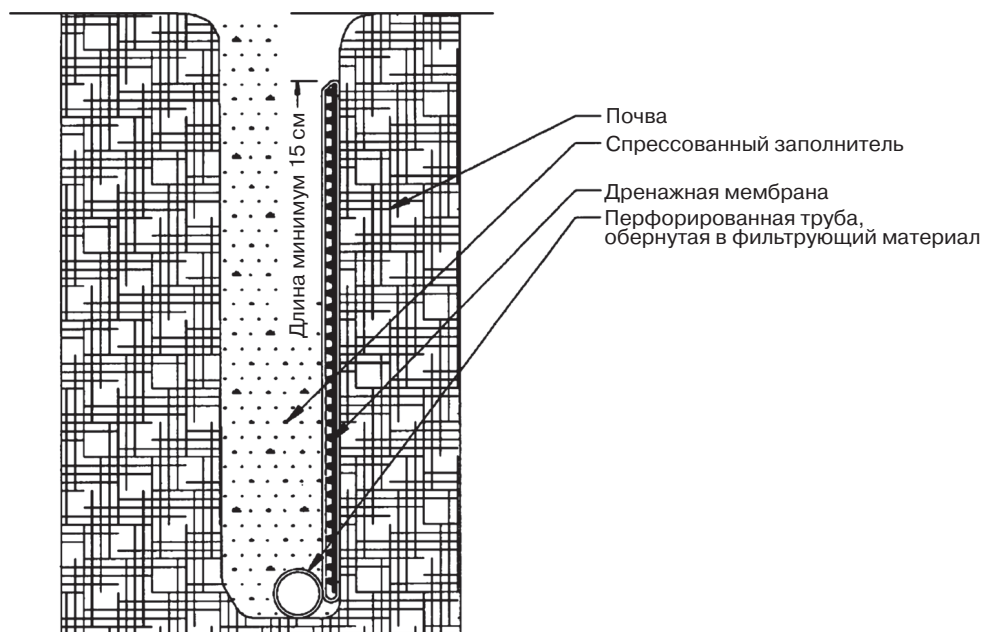


Рис. 2.6. Дренажная система фундамента (предоставлено TC Mira DRI)

## Готовые дренажные системы

В дополнение к сборным дренажным системам для фундамента и почвы также имеются дренажные системы, используемые в сочетании как с вертикальными, так и с горизонтальными подземными гидроизоляционными системами. Такие дренажные системы обеспечивают дополнительную защиту от просачивания воды и эффективно снижают гидростатическое давление на подземные элементы ограждающей конструкции.

Они обеспечивают дренаж грунтовой воды путем сбора и последующего перемещения воды в соответствующие точки сбора для отведения ее от конструкции. Упрощенная схема изображена на рис. 2.7. Такие системы обеспечивают недорогую защиту от просачивания воды, и их следует использовать вместе с любой подземной гидроизоляцией. В большинстве случаев дренажные системы могут применяться вместо защитной панели для большинства используемых мембран, что понижает стоимость защиты системы.

Кроме дополнительной дренажной защиты для жилых пространств, такие системы также используются самостоятельно для защиты различных гражданских конструкций, например, подпорных стен.

Готовые дренажные системы применяются при гидроизоляции:

- подземных плит и стен;
- подпорных стен и опорных поверхностей;
- туннелей и водопропускных труб;



Рис. 2.7. Упрощенная схема конструкции сборной дренажной системы (предоставлено Cosell-Dorken)



- теплоизоляционных покрытий;
- насыпей;
- дренажных канавок и траншейных дрен (описаны в предыдущем разделе);
- площадок для игры в гольф, а также других парковых и игровых сооружений;
- в случае специальных требований к дренажу;
- надземных открытых площадок и подобных конструкций (описаны в главе 3).

Эта система сходна со сборной дренажной системой для почвы, однако она имеет листы и выступы большего размера, что облегчает дренаж. Выступы обеспечивают сбор и перенос воды (см. рис. 2.8). Пластиковое дренажное полотно покрыто геотекстильной оболочкой для защиты от ила, почвы, глины и песка. Кроме этого, с одной стороны система обычно имеет пластиковое защитное покрытие для защиты гидроизоляционных мембран, которое также играет роль первичной гидроизоляционной системы.

Система не только устраняет необходимость в защитных панелях, но также и в насыпных материалах типа песка или гравия. Таким образом, используя почву в качестве засыпки, можно снизить общую стоимость конструкции. В подземных стенах такая система обычно используется в качестве защиты для гидроизоляционных мембран, как это показано на рис. 2.9.

Такие системы также увеличивают скорость дренажа воды (эта скорость зависит от толщины пластиковых выступов, которая варьируется от 5 до 15 мм) в 3–5 раз, по сравнению с обыкновенными материалами дренажной засыпки, песка или мелкозернистого материала. Материал является легким – средний рулон, способный покрыть до 20 м<sup>2</sup> подложки, может легко унести один человек. Заметим, что это эквивалентно небольшому самосвалу насыпного материала.

Желательно, чтобы выбранные материалы имели высокую прочность на сжатие, как минимум 500 кПа, что необходимо для защиты гидроизоляционных систем. Также рекомендуется, чтобы система была стойкой к воздействию любых химических веществ, которые могут присутствовать в окружающей среде (например, в аэропортах это нефтепродукты).

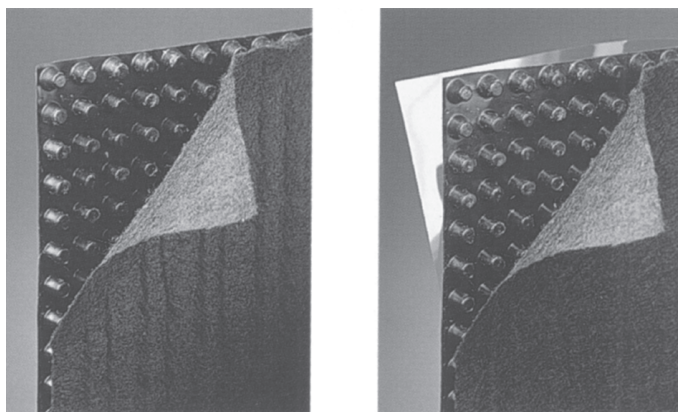
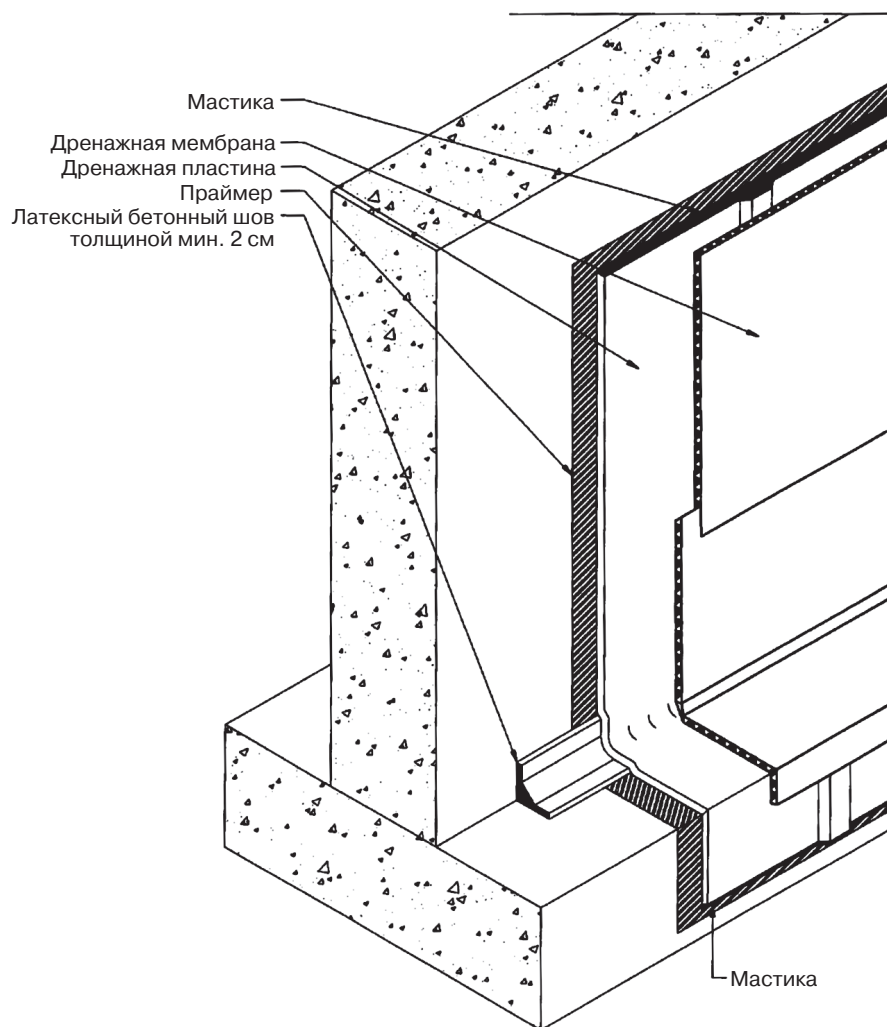


Рис. 2.8. Типичные готовые дренажные системы (предоставлено American Hidrotech)

Среди множества преимуществ готовых дренажных систем над обычным насыпным материалом выделим следующие:

- экономическая эффективность;
- фильтрующая ткань или геотекстиль исключают обычное для традиционных систем засорение;
- высокопрочный материал может использоваться вместо защитной панели для мембран;
- повышенная надежность защиты подземных участков сооружения благодаря быстрому оттоку от конструкции грунтовых и поверхностных вод;
- допускает использование в качестве засыпки выкопанной почвы;
- легкий вес и монтаж с защитой от дурака.



**Рис. 2.9.** Применение подземной гидроизоляции с дренажной пластиной, используемой в качестве защиты (предоставлено TC Mira DRI)

### Монтаж готовых дренажных систем

Материал обычно поставляется в виде рулонов: его просто крепят к стенам при помощи двустороннего скотча, герметика или других клеящих материалов, рекомендуемых производителем гидроизоляционной мембраны (см. фотографию установки на рис. 2.10). Как и в случае с кровельной черепицей, монтаж материала выполняется внахлест в направлении потока воды: сначала устанавливаются нижние элементы, а затем верхние поверх нижних (см. рис. 2.11). Дренажные системы могут наноситься непосредственно на теплоизоляцию фундамента перед укладкой бетона (рис. 2.12).

Материал из геотекстильной фильтрующей ткани всегда устанавливается лицевой стороной наружу. Производители предусматривают припуск на краях для перекрытия стыков. Заделываемые концы материала покрываются тканью, которая подгибается за лист с пластиковыми выступами. Боковые края листа обычно склеиваются друг с другом. На рис. 2.13 показана частично завершенная дренажная система, установленная с соответствующей гравийной засыпкой дренажного поля.

На рис. 2.14 показана схема использования пластового дренажа. На рис. 2.15 подробно показано использование таких систем для перехода между горизонтальным и вертикальным дренажом при строительстве подземного туннеля.



**Рис. 2.10.** Крепление дренажной системы с использованием краевой полосы непосредственно поверх конца гидроизоляционной мембраны (предоставлено Cosell-Dorken)



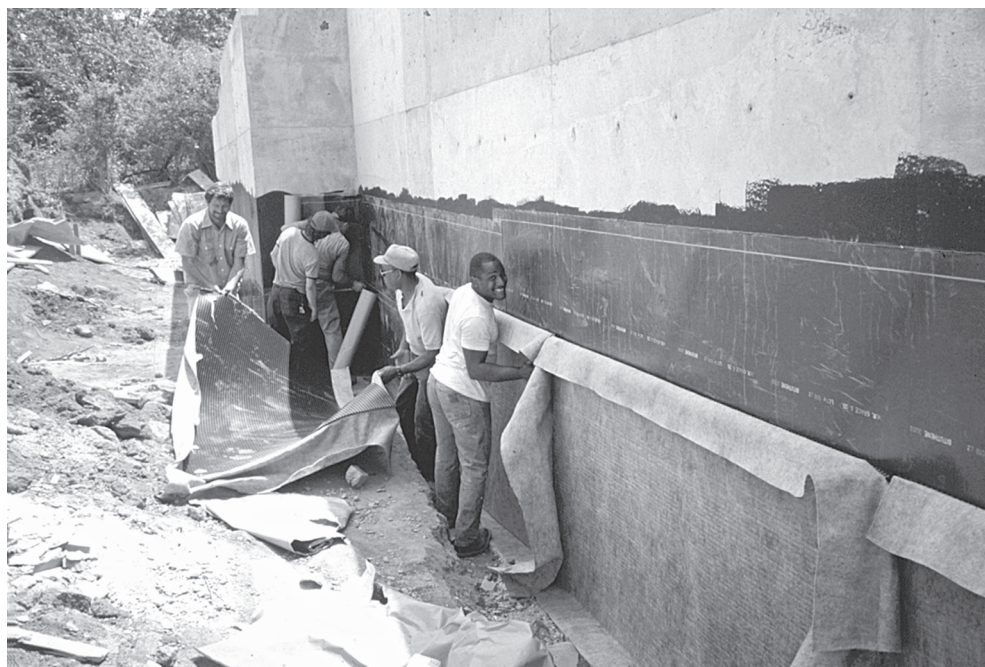


Рис. 2.11. Крепление дренажной системы (предоставлено Webtec, Inc.)

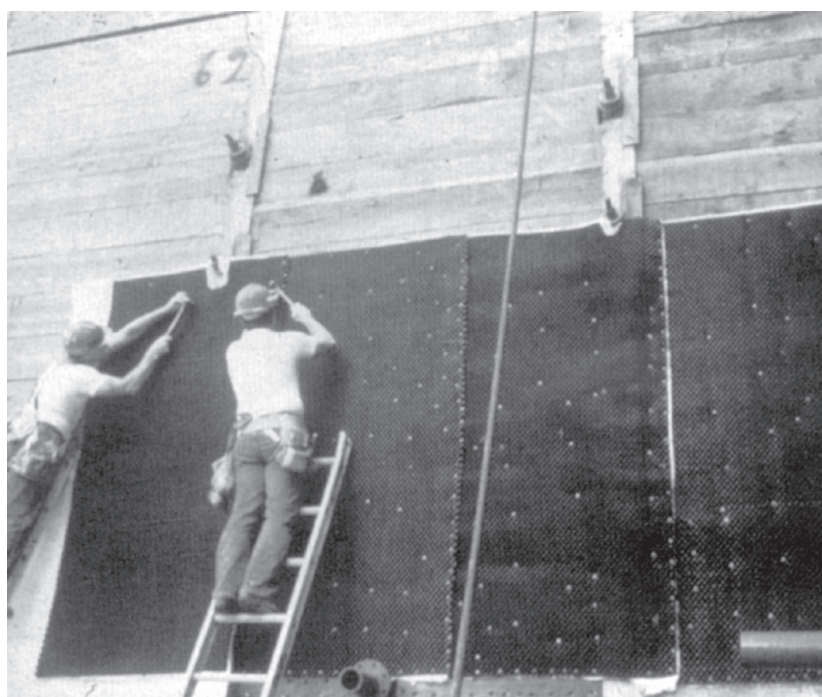


Рис. 2.12. Дренажная система крепится непосредственно на обшивку фундамента (предоставлено TC Mira DRI)



Рис. 2.13. Засыпка гравием области рядом с фундаментом (предоставлено Webtec, Inc.)

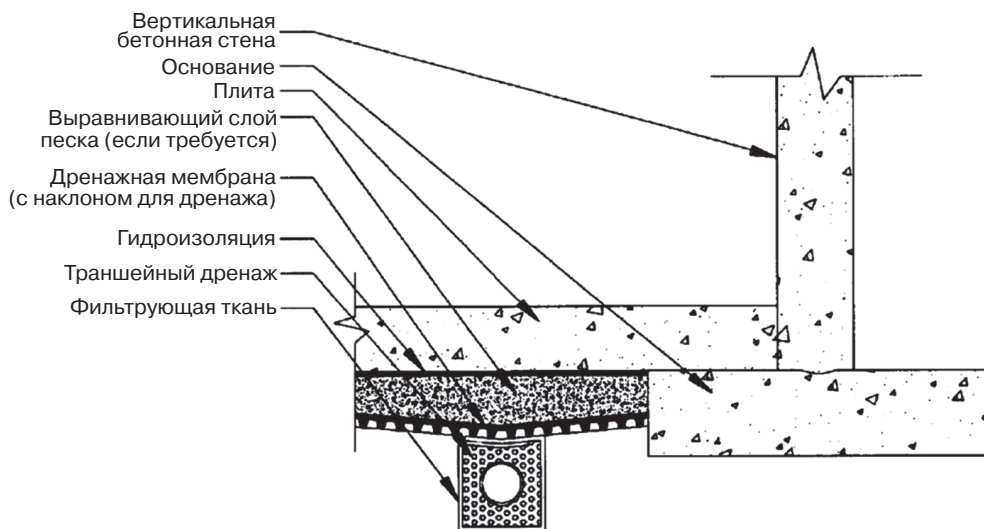


Рис. 2.14. Готовая дренажная система, использованная для пластового дренажа (предоставлено TC Mira DRI)

Засыпку следует производить как можно быстрее вслед за монтажом, для чего может использоваться имеющийся на стройплощадке грунт. Засыпка должна быть уплотнена согласно инструкции с помощью виброуплотнителя. Делать это следует осторожно, чтобы не повредить материал ткани.

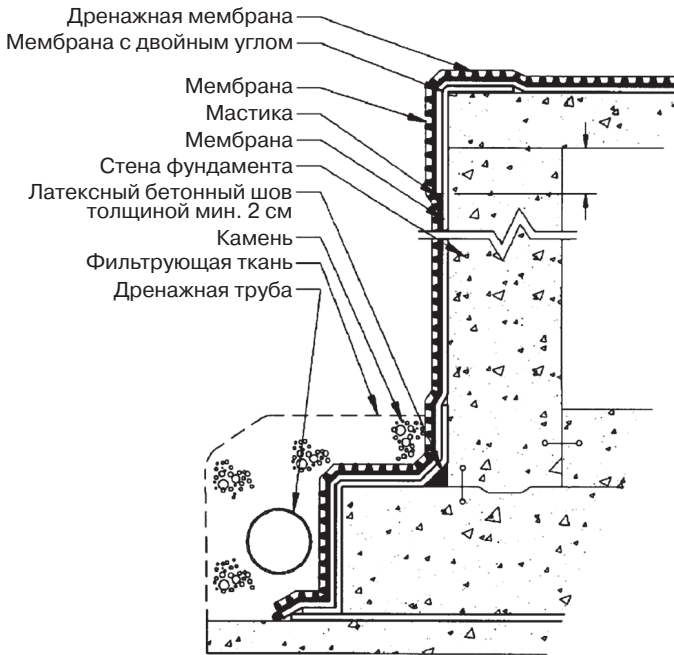


Рис. 2.15. Гидроизоляция подземного туннеля с использованием как горизонтального, так и вертикального дренажа (предоставлено TC Mira DRI)

## Гидрошпонки

В каждом строительном шве бетонной подземной конструкции следует установить гидрошпонку — это предотвращает прохождение воды через шов. Строительные швы, или «холодные швы», возникают тогда, когда часть бетона заливается и затвердевает еще до того, как происходит укладка смежной части. Это бывает в следующих случаях:

- если имеются переходы между горизонтальными и вертикальными элементами;
- если опалубки не достаточно, чтобы охватить всю конструкцию одной укладкой, как, например, при установке стен большой длины;
- если необходимо изменение формы элементов в проекте;
- если укладка бетона приостанавливается в соответствии с графиком работ или в связи с окончанием рабочего дня.

«Холодный» шов — это место, где сошлись две разные укладки бетона, ведь затвердевший бетон не образует связей с новым бетоном. Кроме того, в монолитном бетоне устраиваются швы, предупреждающие растрескивание, которое произошло бы во время усадки больших масс бетона. Обычно рекомендуется делать такие швы не далее 10 м друг от друга.

Проникновение воды под действием гидростатического давления через такие швы становится очень вероятным. Установка гидрошпонок в каждом строительном шве под землей предотвращает эту опасность.

Гидрошпонки используются для гидроизоляционной защиты различных подземных бетонных конструкций, включая, например:

- водоочистные сооружения;
- конструкции для очистки сточных вод;
- водохранилища;
- шлюзы и дамбы;
- стены и полы подвалов;
- парковки;
- туннели;
- морские сооружения.

Гидрошпонки – это предварительно изготовленные стыковые прокладки различных типов, размеров и форм. На рынке есть множество видов гидрошпонок из следующих составов:

- поливинилхлорид (ПВХ);
- неопреновая резина;
- термопластическая резина;
- гидрофильные материалы (модифицированный хлоропрен);
- бентонитовая глина;
- битумный пластик.

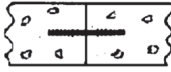
Первые три типа гидрошпонок предназначены исключительно для использования в структурных элементах из бетона, отлитого на месте. Оставшиеся три типа обычно используются при укладке бетона, но могут использоваться и в стыках между строительными элементами, такими как, например, бетонные блоки. Они также превосходно подходят там, где имеются выступы металлической арматуры в строительном шве или рядом с ним. Также производятся гидрошпонки, стойкие к химическому воздействию грунтовых вод. В табл. 2.1 обобщены свойства различных типов гидрошпонок. Здесь, как и в случае других изделий, начали производиться системы с защитой от дурака.

Гидрошпонки из ПВХ в строительной промышленности давно считаются стандартом. Они поставляются в различных формах и размерах для каждой ситуации (см. рис. 2.16).

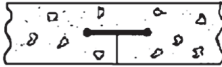
**Таблица 2.1.** Сравнение различных типов гидрошпонок

Тип гидрошпонки	Преимущества	Недостатки
ПВХ, неопреновая резина	Прочный и долговечный материал	Монтаж может быть затруднен
Термопластическая резина	Изготавливаются во множестве различных форм	Может загигаться во время укладки бетона
Гидрофильный материал	Простота монтажа	Может повредиться во время дождя или при попадании влаги
Бентонитовая глина	Не требуется для первой половины укладываемого бетона	Не устанавливаются в компенсационные швы
Битумный пластик	Простота установки  Нет опасности образования вздутий под действием осадков	Не устанавливаются в компенсационные швы Требуется подготовка подложки



**Плоская рифленая форма**

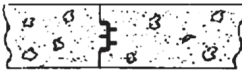
Строительные швы или контрольные швы, где ожидается небольшое движение или его отсутствие. Ребристые формы обеспечивают более хорошую герметизацию по сравнению с гантелеобразными формами.

**Гантель**

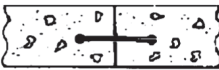
Строительные швы или контрольные швы, где возможны небольшие подвижки.

**Уплотнение основания**

Идеально подходит для швов плит, уложенных на грунт, или для стен, которые будут засыпаны. Простая формовка.

**Лабиринт**

Преимущественно используется в вертикальных швах, где ожидаются небольшие подвижки или не ожидается смещение по высоте. Не требует разреза и добавляет шпонку к шву. Трудно использовать в горизонтальных швах.

**Разрезная гидрошпонка**

Имеется вариант ребристой формы с шариком в центре или гантелеобразной формы. Устраняет необходимость в перегородке разъемной формы.

**Ребристая гидрошпонка с шариком в центре**

Наиболее универсальный тип гидрошпонки из имеющихся. Шарик в центре обеспечивает возможность бокового, поперечного движения и сдвига. Большой шарик обеспечивает большее движение.

**Гантель с шариком в центре**

Обеспечивает возможность бокового, поперечного движения и сдвига. Ребристая форма дает лучшие характеристики герметизации.

**Разрывная сеть**

Обеспечивает большее движение. При движении шва разрывная сеть рвется вдоль U-образного утолщения, что обеспечивает деформацию без растяжения материала.

Рис. 2.16. Типичные гидрошпонки из ПВХ и их свойства (предоставлено Greenstreak)



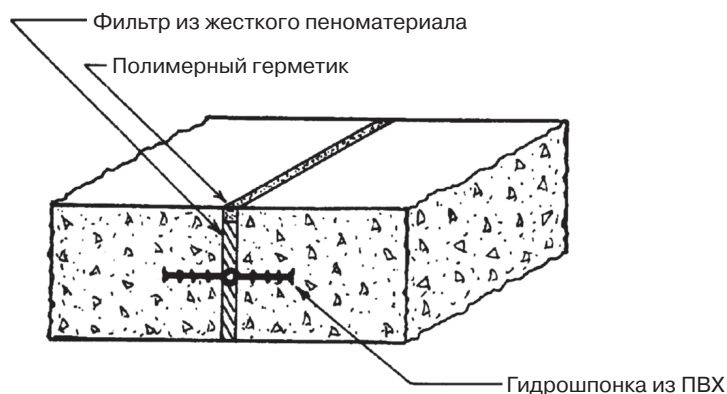


Рис. 2.17. Использование гидрошпонок из ПВХ для компенсационных швов (предоставлено AntiHydro)

Гидрошпонки из ПВХ в форме гантели посередине используются в тех случаях, когда в подложке ожидаются существенные подвижки. На рис. 2.17 показан компенсационный шов с шарообразной частью гидрошпонки, подвергающейся воздействию, для обеспечения возможности деформаций. Необходимо заметить, что при применении гидроизоляции шов должен быть заполнен герметиком соответствующего типа. Это необходимо чтобы гидроизолирующая подземная мембрана могла постоянно перемещаться над швом.

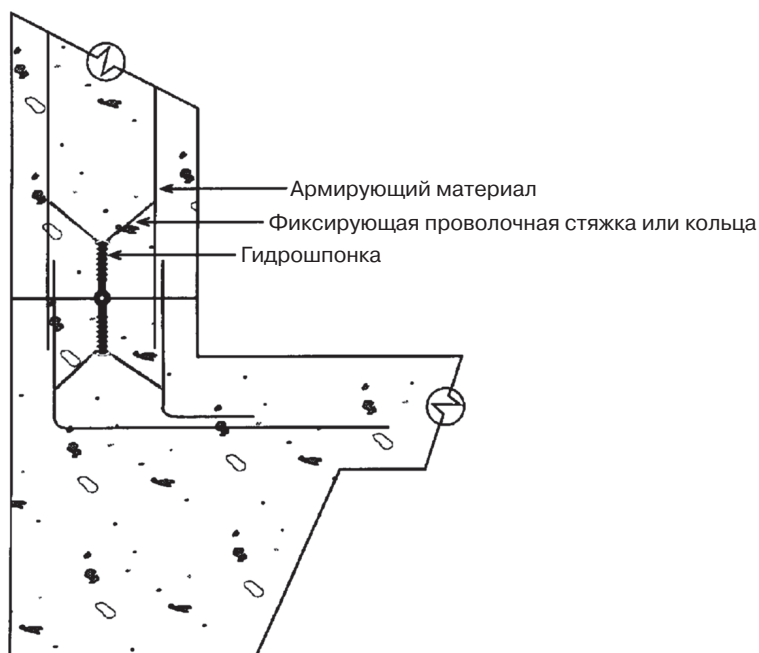


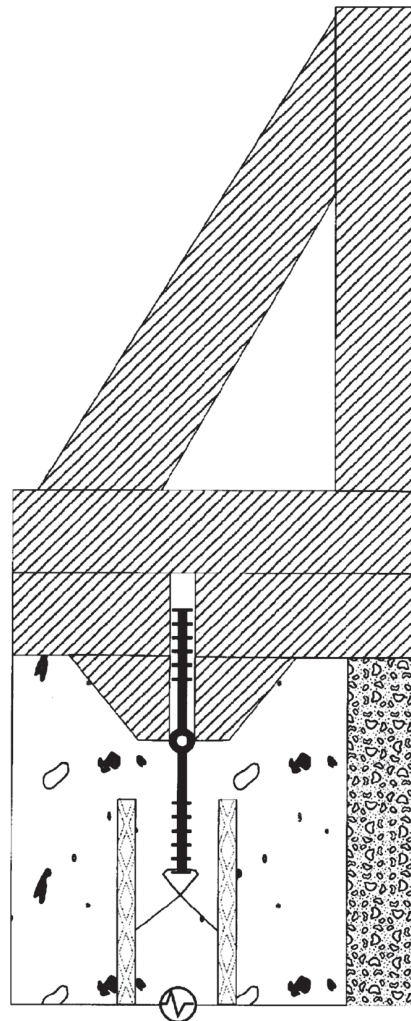
Рис. 2.18. Установка и закрепление гидрошпонок в строительных швах (предоставлено J.P. Specialties, Inc.)

Проблемой гидрошпонок из ПВХ является их чувствительность к неправильной установке (принцип 99%) и возможное повреждение во время укладки бетона. Гидрошпонка должна прочно удерживаться на месте во время укладки первой части бетона. Это достигается множеством различных способов, что продемонстрировано на рис. 2.18 и 2.19. В этом случае, положение гидрошпонки должно тщательно контролироваться во время всех стадий работы по укладке бетона. Зачастую гидрошпонка перегибается, что препятствует ее нормальному функционированию. Кроме того, рабочие, устанавливающие арматурные стержни, часто бывают неаккуратны: они сжигают, прокалывают или срезают гидрошпонки.

Для того чтобы создать защиту от дурака в применении к гидрошпонкам, производители разработали несколько вариантов замены для стандарта ПВХ, в том числе из гидрофильных производных. Эти замены, наряду с системами на основе бентонита или битумного пластика, используются для контрольных швов и не применяются для компенсационных швов. Они просты в установке: материал прилипает прямо к краю первой части укладываемого бетона и уже готов к установке следующей. Посмотрите эту схему на рис. 2.20 и фотографию уже установленной гидрошпонки на рис. 2.21.

Такие материалы расширяются при смачивании водой, которая содержится в бетонной смеси. Благодаря этому они заполняют пустоты в строительных швах, что обеспечивает герметичность этих швов. Поскольку материалы расширяются в присутствии воды, нельзя допускать, чтобы они намокли преждевременно. Для этого вторую укладку бетона следует производить сразу после монтажа гидрошпонки, в противном случае шов может расширяться под воздействием дождя или росы. Битумный пластик не так восприимчив к влаге, как бентонит или гидрофильные материалы, но он плохо растягивается, что может воспрепятствовать полной герметизации шва.

Описанные материалы легко устанавливаются в самых разных положениях под землей, это показано на рис. 2.22. Однако все эти материалы должны быть полностью закрыты при укладке бетона, потому что они не предназначены для работы под воздействием погодных условий. Следствием являются ограниченные способности выдерживать деформацию подложки.



**Рис. 2.19.** Установка гидрошпонки при укладке первой половины бетона (предоставлено J.P. Specialties, Inc.)

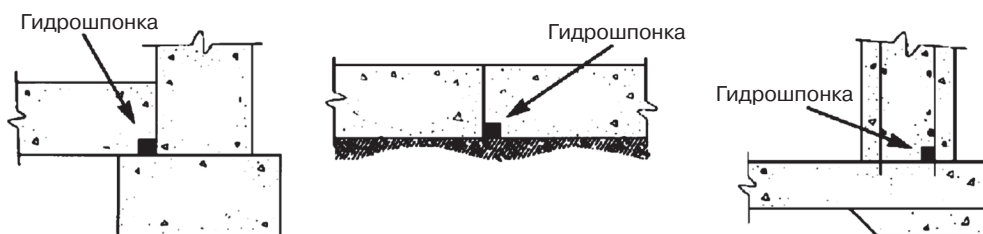


Рис. 2.20. Типичная установка гидрошпонок из гидрофильных и подобных материалов (предоставлено TC MiraDRI)

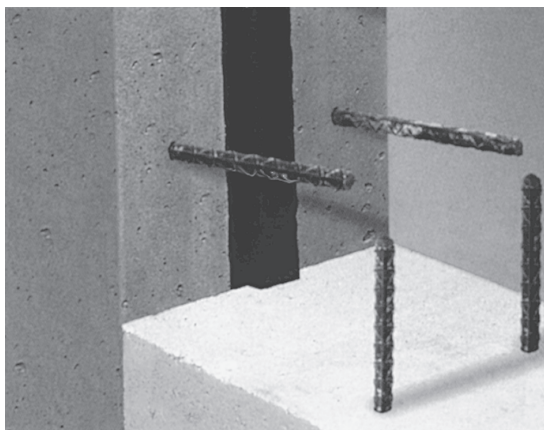
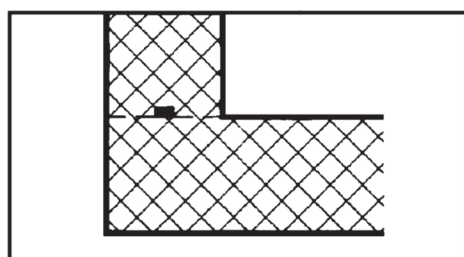
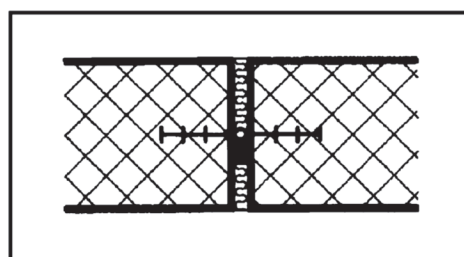


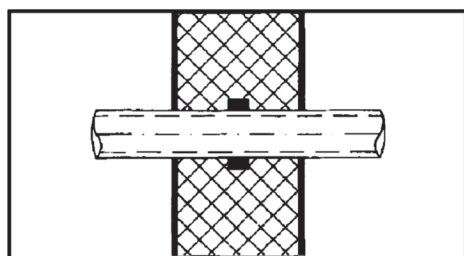
Рис. 2.21. Установка гидрошпонок из битумного пластика (предоставлено Vinylex Corp.)



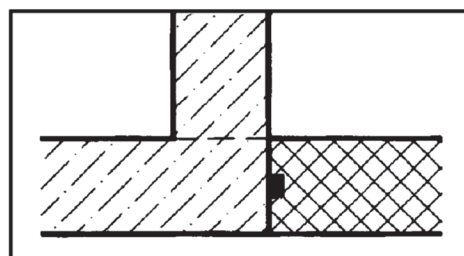
Строительные швы



Компенсационные швы  
(в сочетании с канавками для воды)



Труба, заключенная в бетонную стену



Швы между смежными конструкциями

Рис. 2.22. Примеры использования гидрошпонок из гидрофильных материалов

**Таблица 2.2.** Предлагаемые размеры гидрошпонок для общих условий (предоставлено Vinylex Corporation)

Размер (выступ/толщина), см	Максимально допустимый напор воды (согласно Army Corps Engineering Manual EM 1110-22101), м	Минимальное погружение выступа в бетон, см	Минимальное расстояние от края до плиты/стены, см
10,2 × 7,6/40,6	1500	3,2	5,1
23 × 7,6/40,6	3050	7,3	7,3
23 × 7,6/20,3	4600	7,3	7,3
30,5 × 2,5/5,1	7600	10,2	10,2

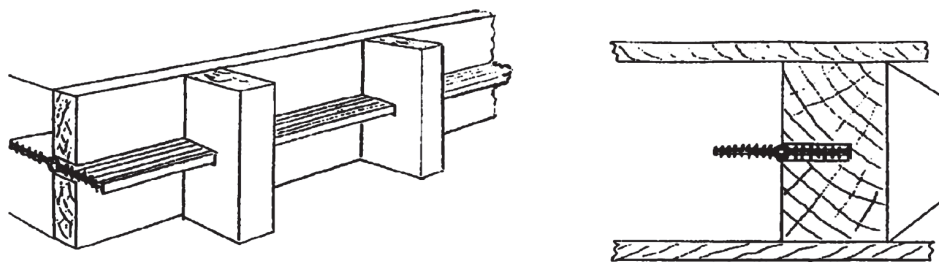
Размеры гидрошпонок определяется ожидаемым давлением воды на шов. В табл. 2.2 приведены рекомендуемые гидрошпонки и минимальная глубина погружения в бетонную подложку при различных значениях напора. Данные являются приблизительными, потому что реальные условия на объекте могут различаться. Реальный проект шва на основе имеющихся рабочих условий может быть рекомендован производителями гидрошпонок.

## Монтаж гидрошпонки

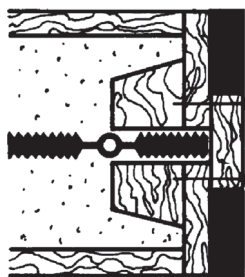
### *ПВХ, неопреновая резина, термопластичная резина*

Гидрошпонки таких типов помещаются в бетонную опалубку и надежно закрепляются в ней на время укладки бетона. Необходимо закрепить гидрошпонку таким образом, чтобы она не имела возможности изогнуться во время укладки бетонной смеси. На рис. 2.23 показаны несколько типовых методов закрепления гидрошпонки перед первой укладкой бетона. На рис. 2.24 представлен метод установки гидрошпонки, использующий шпоночное соединение.

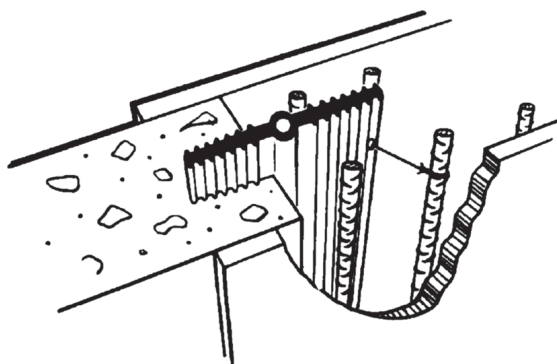
С обеими укладками бетонной смеси гидрошпонка обычно скрепляется с помощью проволоки, привязанной к стальной арматуре через каждые 30 см. Проволоку следует привязывать за первое или второе ребро гидрошпонки, как показано на рис. 2.25. Обратите внимание, что в каждой из деталей центральный шарик находится точно посередине шва. Это сделано для того, чтобы обеспечить правильную работу гидрошпонки в контрольном шве при любых подвижках конструкции.



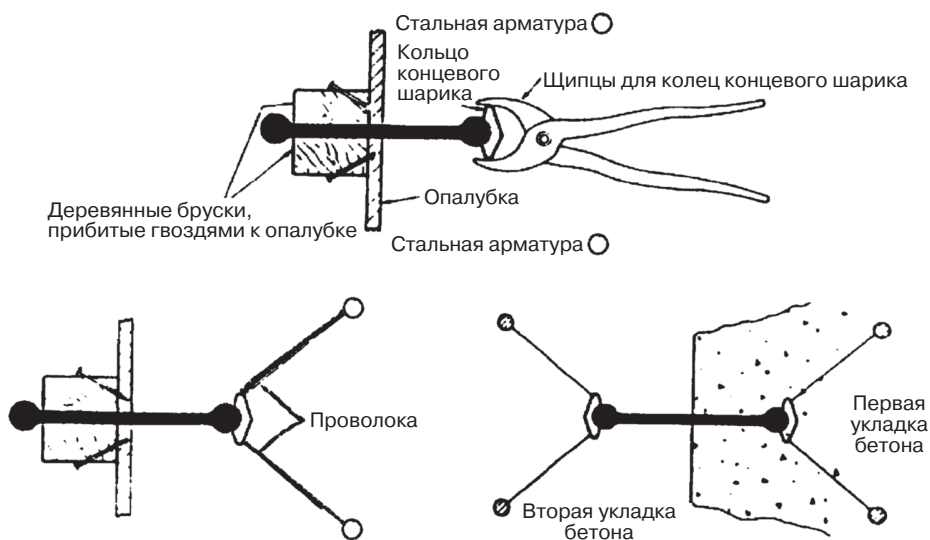
**Рис. 2.23.** Закрепление гидрошпонки из ПВХ перед первой укладкой бетона (предоставлено Tamms Industries)



**Рис. 2.24.** Опалубка с системой шпоночных соединений. Обратите внимание, что шарик находится строго по центру шва, чтобы обеспечить его правильную работу в качестве компенсационного шва (*предоставлено Tamms Industries*)



**Рис. 2.25.** Закрепление гидрошпонки из ПВХ перед второй укладкой бетона (*предоставлено Vinylex Corp.*)



**Рис. 2.26.** Крепление гидрошпонки с шариком на конце (*предоставлено Tamms Industries*)

Ни в коем случае нельзя устанавливать шарик целиком в одну из укладок бетона, иначе он потеряет способность к удлинению. Важно также уберечь центральный шарик и любую часть выступа рядом с ним от проколов гвоздями и строительными обрезками.

При использовании гидрошпонок в строительных швах материал с шарообразными концами облегчает прикрепление к стальной арматуре применением для этой цели проволочных колец, которые проходят через концевые шарики, а не через выступы. На рис. 2.26 показано поэтапное использование такой системы для обеих половин укладки бетона.

Установка гидрошпонок из ПВХ и резины на строительной площадке обычно требует проведения сварки для соединения их концов или изменения плоскости.

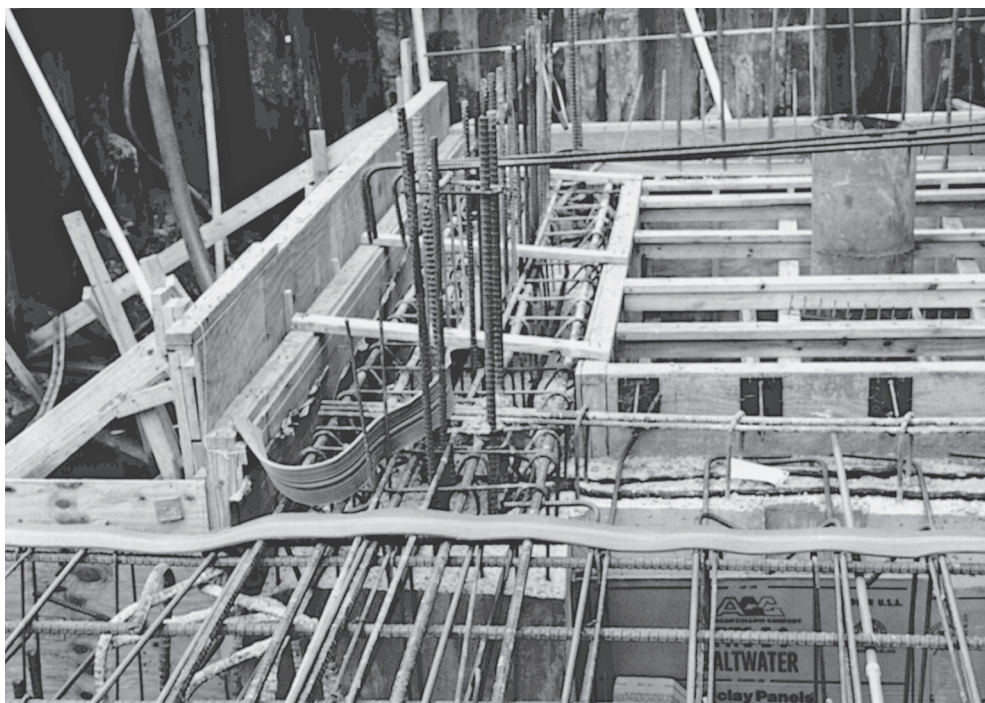
Гидрошпонки никогда не следует просто устанавливать внахлест. Концы отрезков материала должны быть приварены друг с другом. Это делается при помощи металлических соединителей — они расплавляют концы, которые затем удерживаются вместе до остывания, в результате чего образуется один непрерывный кусок материала. На рис. 2.27 изображена такая сварка на строительной площадке.

Исследования неисправных швов обычно показывают, что основными причинами дефектов были либо неправильное позиционирование материала в стыке (см. рис. 2.28 — перегиб во время укладки бетона), либо такие изменения плоскости в изолируемой конструкции, для которых данная гидрошпонка не предназначена. Каждый раз, когда применяется сварка, материал в точке соединения испытывает негативное воздействие, и его свойства уже отличаются от свойств исходного материала. Поэтому рекомендуется каждый раз при смене направления хода материала использовать готовые соединительные фитинги. Производители гидрошпонок обычно предлагают различные соединители заводского изготовления для изменения направления (см. рис. 2.29). Многие производители также предлагают изготовление требуемых соединителей на заказ.



Рис. 2.27. Сварка гидрошпонки из ПВХ на строительной площадке (предоставлено J.P. Specialties)





**Рис. 2.28.** Неправильно позиционированная, помещенная и закрепленная гидрошпонка (*предоставлено Coastal Construction Products*)



**Рис. 2.29.** Типичные готовые соединители (фитинги) и переходники для гидрошпонок из ПВХ (*предоставлено Tamms Industries*)

Для предотвращения проникновения воды рекомендуется устанавливать гидрошпонки вокруг элементов, проходящих через плиты или стены подземной конструкции. На рис. 2.30 изображен пример использования гидрошпонки, установленной вокруг колонны из конструкционной стали, проходящей через бетонную плиту над фундаментом.

Рис. 2.31 и 2.32 показывают, что установка гидрошпонок может усложниться. В подобных случаях для обеспечения водонепроницаемости необходимо использовать готовые сварные соединения. Эти фотографии также наглядно демонстрируют, как важно заранее диагностировать состояние рабочей области, правильно устанавливать и располагать гидрошпонку во время укладки бетонной смеси.

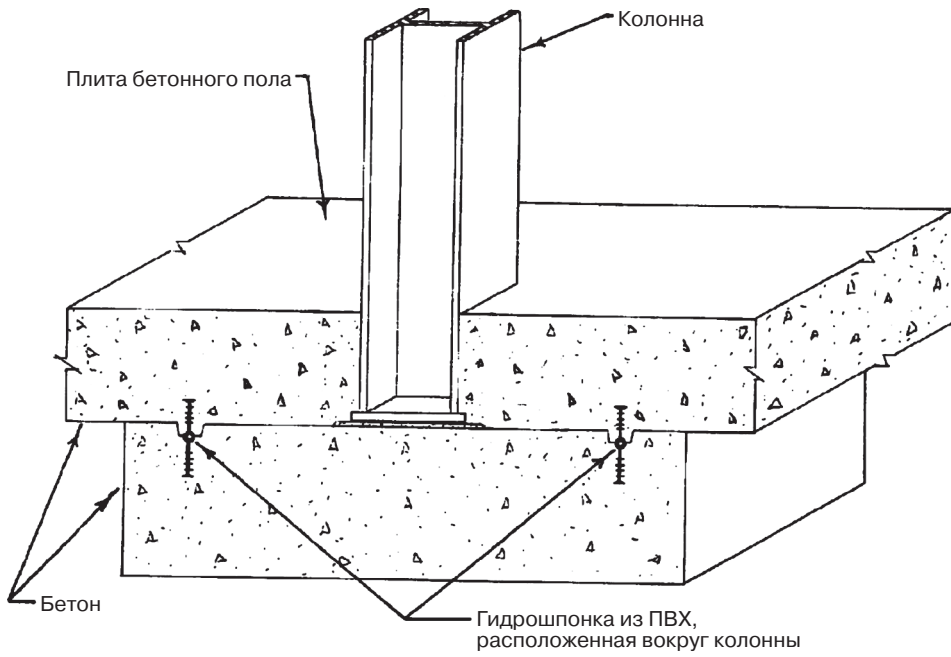


Рис. 2.30. Установка гидрошпонки вокруг колонн фундамента из конструкционной стали (предоставлено AntiHydro)



Рис. 2.31. Монтаж соединителя гидрошпонки из ПВХ в опалубке (предоставлено J.P. Specialties)





Рис. 2.32. Контроль качества обеспечивает успешную установку гидрошпонки (*предоставлено J.P. Specialties*)

### Гидрофильные материалы, бентонит, битумный пластик

Такие системы устанавливаются после укладки первой части бетона. Материал при этом прикрепляется прямо к ней, для чего существует множество разных способов. Гидрошпонки поставляются в рулонах длиной в несколько десятков метров.

Обычно не существует особой необходимости в полном выдерживании бетона, так как это может помешать графику его укладки, да и подготовка подложки обычно является минимальной. Необходимо только удостовериться, что убраны материалы распалубки, ребра и другие выступающие части, которые могут повредить или проткнуть гидрошпонку во время монтажа. Крепление осуществляется различными способами, один из самых простых – прибить ленту гвоздями к бетону, это удержит ее на время укладки второй половины бетона.



Рис. 2.33. Установка гидрошпонки разбухающего типа

Важно, чтобы гидрофильные материалы и бентонит не подвергались воздействию осадков до начала укладки бетона. В противном случае материал разбухнет и потеряет способность плотно закрывать шов. На рис. 2.33 показана установка гидрошпонки из разбухающего материала, который приклеивается к подложке герметиком.

## Капиллярный эффект

В конструкцию следует включать элементы, предотвращающие капиллярное действие грунта, находящегося под фундаментом или подземным настилом. Капиллярный эффект — это движение воды и пара вверх через пустоты в почве в направлении от влажных нижних областей к более сухим высоким. Капиллярное действие зависит от типа почвы. Глинистые почвы способствуют наибольшему капиллярному эффекту, достигающему 3 м по вертикали. Рыхлый крупный гравий препятствует капиллярному эффекту — в этом случае практически отсутствует вертикальное движение.

Капиллярное действие начинается с насыщения влагой нижних областей, расположенных рядом с источником воды. В результате выше слоя насыщения возникает смесь жидкости и пара, которая переходит в чистый пар в верхних слоях почвы. Важно знать, что пар может нанести столько же вреда, что и вода, проникающая в здание. В случае отсутствия должной гидроизоляционной защиты под действием капиллярного эффекта в здание в день может поступать до полулитра воды на квадратный метр поверхности.

Микроскопические поры и капилляры, которые возникают при укладке бетона, позволяют влаге и воде без труда проходить через подземные стены и полы.

Этот процесс особенно устойчив, когда во внутренней части конструкции поддерживается влажность ниже 100%, а температура в помещении выше, чем у почвы. Такие условия создают идеальные обстоятельства втягивания воды в помещение, не защищенное гидроизоляционными или, как минимум, пароизоляционными материалами.

Водяной пар просачивается через поры бетонных полов и, как только он достигает смежных помещений, — конденсируется. Конденсат вызывает отслоение отделки полов, появление плесени и пятен. Поэтому ни в коем случае не следует допускать капиллярное действие, даже в тех случаях, когда под бетонными плитами используются гидроизолирующие мембраны. Выемка достаточного количества грунта под высотной отметкой пола и установка подушки из грунта, сопротивляющейся капиллярному эффекту, обеспечивают дренаж воды под плитами, лежащими на грунте.

Такое сочетание фундаментного дренажа и подушки из грунта направляет воду от конструкции, оно является необходимым для монтажа любой гидроизоляции и ограждающей конструкции. Советуем читателю вновь обратиться к рис. 2.1 за рекомендациями по контролю за поверхностными и грунтовыми водами.

## Системы на положительное и отрицательное давление

Как при новой установке, так и при ремонте подземные гидроизоляционные системы разделяются на системы на *положительное* и *отрицательное* давление. Системы на положительное давление применяются с той стороны конструкции, на которую непосредственно действует гидростатическое давление воды. Системы на отрицательное давление применяются на противоположной, или внутренней, стороне конструкции (примеры см. на рис. 2.34).

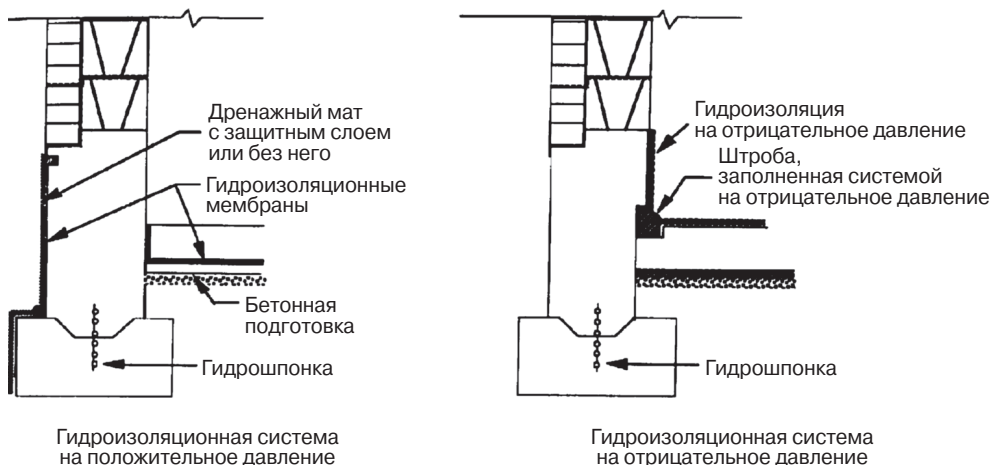


Рис. 2.34. Схема подземных гидроизоляционных систем на положительное и отрицательное давления

Таблица 2.3. Сравнение гидроизоляционных систем на положительное и отрицательное давление\*

Гидроизоляционные системы на положительное давление	Гидроизоляционные системы на отрицательное давление
<b>Достоинства</b>	
Предотвращает попадание воды на поверхность подложки	Доступна после монтажа для обработки
Подложка защищена от циклов заморзания-оттаивания	Для бетонной подложки разрешена влажная обработка
Подложка защищена от корродирующих химикатов в грунтовых водах	Исключает необходимость в бетонной подготовке и осушении грунта для гидроизоляции фундамента
<b>Недостатки</b>	
Бетон может не затвердеть должным образом	Могут использоваться только цементные системы
Система не доступна для обработки после монтажа	Нет защиты от циклов замораживания-оттаивания
Для гидроизоляции фундамента необходима бетонная подготовка и осушение грунта	Нет защиты подложки или стальной арматуры от грунтовой воды и химикатов

\* Для монтажа гидроизоляционной системы на положительное давление рекомендуется, чтобы бетон был должным образом выдержан (до 21 суток) перед нанесением любых гидроизоляционных материалов.

Хотя оба типа гидроизоляционных систем имеют отличительные характеристики, приведенные в табл. 2.3, большая часть имеющихся на рынке изделий представляет собой системы на положительное давление. Примеры систем на отрицательное давление ограничены лишь материалами на основе цемента, который часто используется в ремонтных работах. Некоторые материалы при ремонте наносятся на сторону конструкции с отрицательным давлением, однако они все же действуют как гидроизоляция на положительное давление. К таким материалам относятся химические и эпоксидные подвижные строительные растворы, а также подвижные строительные растворы для напорного впрыскивания. Добавки (материал, добавленный или замешанный в строительные смеси, строительный гипс, штукатурка или бетон) имеют свойства, важные при применении как на положительное, так и на отрицательное давление, однако они не так эффективны, как материалы для поверхностного нанесения.

Главное достоинство систем на отрицательное давление воды одновременно является и их главным недостатком. Такие системы позволяют воде проникать в бетонную подложку, при этом способствуя как активному затвердеванию, так и коррозии стальной арматуры в случае присутствия хлоридов. Гидроизоляционные системы на положительное давление дают противоположный результат – они не способствуют затвердеванию бетона, однако защищают стальную арматуру и подложку.

Подземные системы на положительное и отрицательное давление:

- цементные системы;
- жидкие мембраны;
- листовые мембранные системы;
- пароизоляционные материалы.

## Цементные системы

Цементные гидроизоляционные системы производятся на основе портландцемента с добавлением песка или без такового, они также содержат активное гидроизоляционное вещество. Существует четыре типа цементных систем: металлосодержащие, капиллярные, системы с химическими добавками и модифицированные акриловые системы. Применение цементных систем эффективно в случаях как положительного, так и отрицательного давления. Также они применяются и в ремонтных работах. Такие системы наносятся щеткой или кельмой на бетонные или кладочные поверхности, становясь при этом неотъемлемой частью подложки.

Цементные системы могут быть с успехом использованы как в гражданских, так и в инфраструктурных проектах. Они используются как ниже, так и выше уровня грунта в составе гидроизоляционных систем на положительное или отрицательное давление. Конструкции, в которых используются цементные системы, обычно состоят из больших бетонных частей, структура материала которых аналогична структуре материала цементных систем. Это обеспечивает простоту монтажа и исключает проблему несовместимости материалов. Ниже перечислены некоторые типы конструкций, в которых используются цементные гидроизоляционные системы:

- туннели;
- подземные убежища;
- водохранилища;
- средства очистки воды и сточных вод;
- шахты лифтов и эскалаторов;
- подземные бетонные конструкции;
- бассейны;
- резервуары градирен.

При строительстве новых конструкций, когда цена и сроки выполнения работ имеют значение, такие системы особо эффективны. Им не требуется абсолютно сухая подложка, а бетон не обязательно должен полностью выдерживаться перед установкой системы. Также отсутствует необходимость осушать грунт и контролировать уровень воды во время строительства. Такие системы могут наноситься как на полы, так и на стены за один раз, тем самым исключается разбивка процесса нанесения гидроизоляции на этапы. Для случая горизонтального нанесения при строительстве нового объекта перед нанесением гидроизоляции не требуется подготовка бетона. Как результат, для таких объектов, как шахты лифтов гидроизоляционные работы выполняются практически в любое время в процессе строительства.

Все цементные системы схожи с точки зрения монтажа и их действия, однако они по-разному отталкивают воду. За это отвечают добавки, входящие в их рецептуру. Цементные системы имеют несколько общих преимуществ, в том числе бесшовное нанесение, после которого отпадает необходимость в установке защитных панелей.

Недостатком всех материалов на основе цемента является то, что они не перекрывают трещины большой ширины и им не хватает эластичности. Но они с ус-



пехом применяются в подземных конструкциях, где малы тепловые деформации. Однако следует учесть, что подземные области подвергаются воздействию циклов замораживания и оттаивания, а также оседанию конструкции. Если в результате возникают подвижки, то цементная система может потрескаться, что приведет к просачиванию воды в конструкцию.

### *Металлосодержащие системы*

Материал металлосодержащих систем содержит смесь песка и цемента с мелким металлическим заполнителем или металлическими опилками. Когда эта смесь смешивается с водой, образуется жидкий цементный раствор, в котором вода действует как вещество, вызывающее окисление железных опилок. Вследствие окисления материалы расширяются, что эффективно герметизирует подложку и препятствует дальнейшему прохождению воды через материал. Такая система является одним из старейших методов, используемых в гидроизоляции (она была впервые запатентована в 1906 г.), однако и по сей день остается достаточно эффективной гидроизоляционной системой (см. рис. 2.35).

Металлосодержащие системы наносятся в два или три слоя. Верхний слой состоит из песка и цемента, обеспечивая защиту основного слоя гидроизоляции. Этот слой герметизирует металлическое покрытие и предотвращает выщелачивание или окисление краской или окончательной отделкой, наносимой поверх гидроизоляции. Для того чтобы предотвратить чрезмерный износ верхние слои бетона устанавливаются поверх незащищенных горизонтальных поверхностей, подвергающихся воздействию пешеходной или транспортной нагрузки.



Рис. 2.35. Нанесение цементной гидроизоляции на сторону отрицательного давления