
Глава 11. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАЛЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ

11.1. Общие положения

Для предохранения железнодорожной линии от затопления и размыва вода, протекающая к ней, должна быть отведена в сторону от дороги или пропущена через земляное полотно. Проектирование сооружений и устройств продольного водоотвода — нагорных канав, продольных лотков, кюветов и др. — изучают в курсе «Железнодорожный путь» [36]. В данной главе рассмотрены вопросы проектирования наиболее часто применяемых малых водопропускных сооружений (труб и мостов), обеспечивающих поперечный пропуск воды через тело земляного полотна железной дороги.

Водопропускные сооружения (ВС) являются важными конструктивными элементами железнодорожной линии. Мосты и трубы «принадлежат» одновременно дороге и водотоку. Поэтому они должны обеспечивать выполнение двух главных функций — пропуск по ним подвижного состава и пропуск под ними (мостами) или через них (трубы) водного потока. Следовательно, ВС в «одном лице» являются дорожными и гидротехническими объектами. От условий работы этих сооружений, особенно в период пропуска высоких паводков, зависит общее состояние железной дороги, уровень безопасности и бесперебойности движения поездов, а также состояние окружающей среды на прилегающей территории.

ВС должны обладать необходимым набором потребительских свойств и удовлетворять требованиям, предъявляемым к этим потребительским свойствам: *безопасность, надежность, долговечность, ремонтпригодность, экономичность, экологичность, эстетичность*. Перечисленные свойства взаимосвязаны и взаимозависимы; их надлежит обеспечивать при разработке проекта каждого сооружения.

В книге «Малые водопропускные сооружения на дорогах России» [18] глава 1 посвящена общим положениям и рекомендациям, подлежащим учету в проектах малых ВС, а в главе 2 приведены этапность их проектирования, основная нормативная база, а также состав инженерно-гидрометеорологических изысканий при проектировании ВС и железнодорожной линии в целом.

11.2. Типы малых водопропускных сооружений и их размещение на трассе железной дороги

Типы водопропускных сооружений и некоторые особенности их устройства. К малым ВС относят трубы, лотки, дюкеры, акведуки, фильтрующие насыпи, селедуки, селеспуски, а также мосты полной длиной до 25 м.

Применительно к водопропускным трубам под шириной *отверстия* (далее — *отверстием*) понимают наибольший горизонтальный размер в свету наименьшего

поперечного сечения трубы. Отверстием моста называют расстояние между передними гранями устоев (или между откосами конусов при обсыпных устоях), определяемое по продольной оси моста на расчетном уровне воды за вычетом суммарной ширины промежуточных опор.

Трубы подразделяют:

- по форме поперечного сечения (отверстия) — круглые (рис. 11.1, *a*), прямоугольные (рис. 11.1, *б*), с вертикальными стенками и полукруглым сводом (рис. 11.1, *в*), овоидальные (рис. 11.1, *г*), арочные;
- по числу отверстий — одноочковые и многоочковые;
- по материалу — железобетонные, бетонные, металлические (обычно из тонкого гофрированного металла).



Рис. 11.1. Основные формы поперечного сечения труб: *a* — круглое; *б* — прямоугольное; *в* — с вертикальными стенками и полукруглым сводом; *г* — овоидальное

Трубы состоят из *звеньев* (секций) и *оголовков* (входного и выходного), которыми обустраивают входной и выходной участки трубы. Оголовки бывают порталными, коридорными, раструбными, воротниковыми и обтекаемыми (рис. 11.2). Наличие оголовков препятствует продольным смещениям (растяжению) элементов трубы при оползаниях откосов насыпи и осадке ее основания. Кроме этого, некоторые типы оголовков (раструбные, обтекаемые) улучшают гидравлические условия протекания воды в пределах водопропускного тракта сооружения, обеспечивая большую плавность ввода потока в трубу и соответственно вывода его из трубы; их применение увеличивает возможную водопропускную способность труб.

В ряде случаев трубы возводят без оголовков. Так, металлические гофрированные трубы в большинстве случаев применяют без оголовков, что существенно упрощает устройство и монтаж этого типа труб. При малых расходах притекающей воды и сравнительно небольших высотах насыпи трубы любого типа можно устраивать без оголовков.

С целью увеличения плавности вводимого в трубу водного потока и расширения сферы (диапазона) ее работы в безнапорном режиме, что одновременно повышает возможную водопропускную способность сооружения, в прямоугольных трубах нередко первые несколько звеньев устраивают с большей высотой, чем остальные (нормальные звенья) — это трубы с *повышенным входным звеном*.

Характерные типы труб с их оголовками показаны на рис. 11.2. В учебном пособии [18] дано описание наиболее распространенных типов водопропускных труб, которые применяли в СССР.

На дорогах СССР наиболее часто возводили (и продолжают строить в России) круглые железобетонные трубы из элементов заводского изготовления (рис. 11.3). В последние десятилетия при строительстве дорог широкое распространение получили металлические гофрированные трубы (рис. 11.4, *a*), а в настоящее время появились спиральновитые трубы (рис. 11.4, *б*). В благоприятных условиях применение

гофрированных труб весьма эффективно благодаря малой массе сборных элементов, удобной их транспортабельности, скорости монтажа и соответственно непродолжительному сроку строительства. Последнему также способствует то, что металлические гофрированные трубы устраивают без фундамента — трубу укладывают на песчано-гравийную подушку.

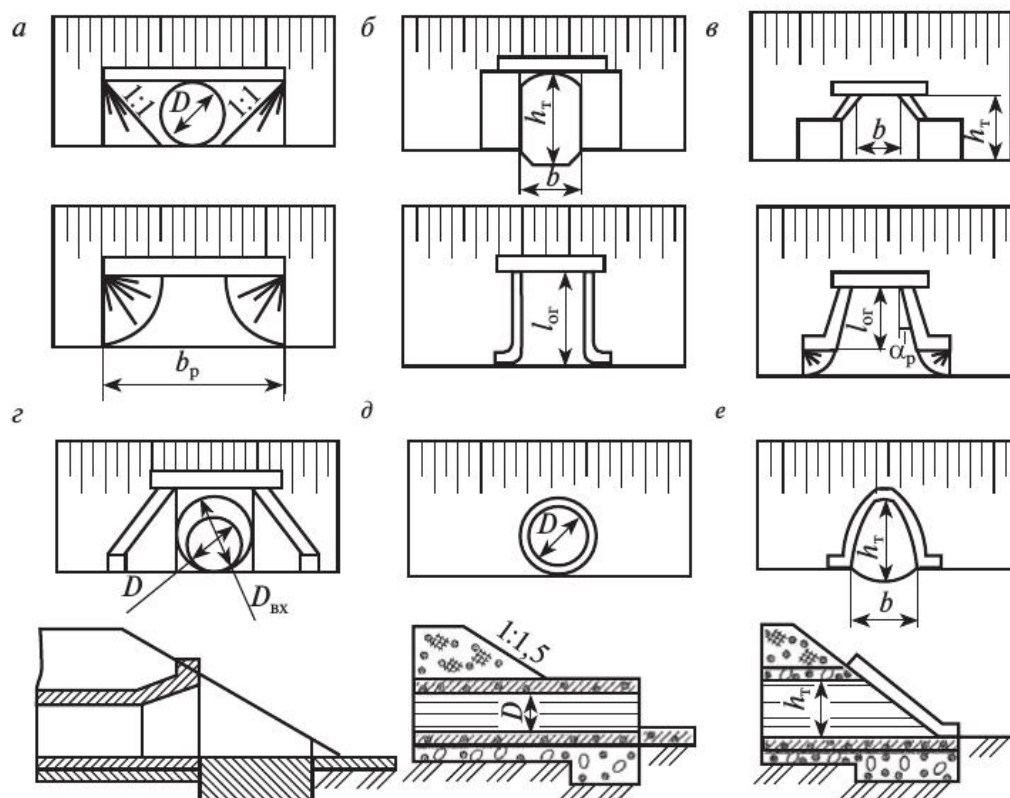


Рис. 11.2. Формы и типы оголовков водопропускных труб (а–в — фасад и план; г–е — фасад и продольный разрез): а — круглая с порталным оголовком; б — с вертикальными стенками и коридорным оголовком; в — прямоугольная с раструбным оголовком с обратными стенками; г — круглая с коническим звеном и раструбным оголовком; д — круглая безоголовочная; е — овоидальная с воротниковым оголовком

Для предотвращения размыва подводящее и отводящее русла ВС укрепляют. В зависимости от скорости течения воды используют разные типы укрепления: бетонные плиты или блоки по щебеночной подготовке, железобетонные плиты по щебеночной подготовке, монолитный бетон, мощение камнем на цементном растворе по щебеночной подготовке, каменная наброска и др.

С целью уменьшения, а лучше — предотвращения фильтрации воды через тело земляного полотна и размыва его откосы насыпей и водопропускных сооружений следует укрепить. Отметка верха укрепления у труб должна возвышаться над наибольшим уровнем подпертой воды не менее чем на 0,25 м.

Наряду с укреплением откосов насыпи, для предотвращения фильтрации воды и размыва земляного полотна и прежде всего для обеспечения равномерного давления на элементы трубы ее тело должно быть заключено в массив (обойму) плотного, водонепроницаемого, мягкого, хорошо уплотненного грунта (суглинки, глины), который

должен возвышаться над верхним сводом (шельгой) трубы не менее чем на 0,5 м. При устройстве прямоугольных труб их оголовки обычно засыпают дренирующим грунтом.

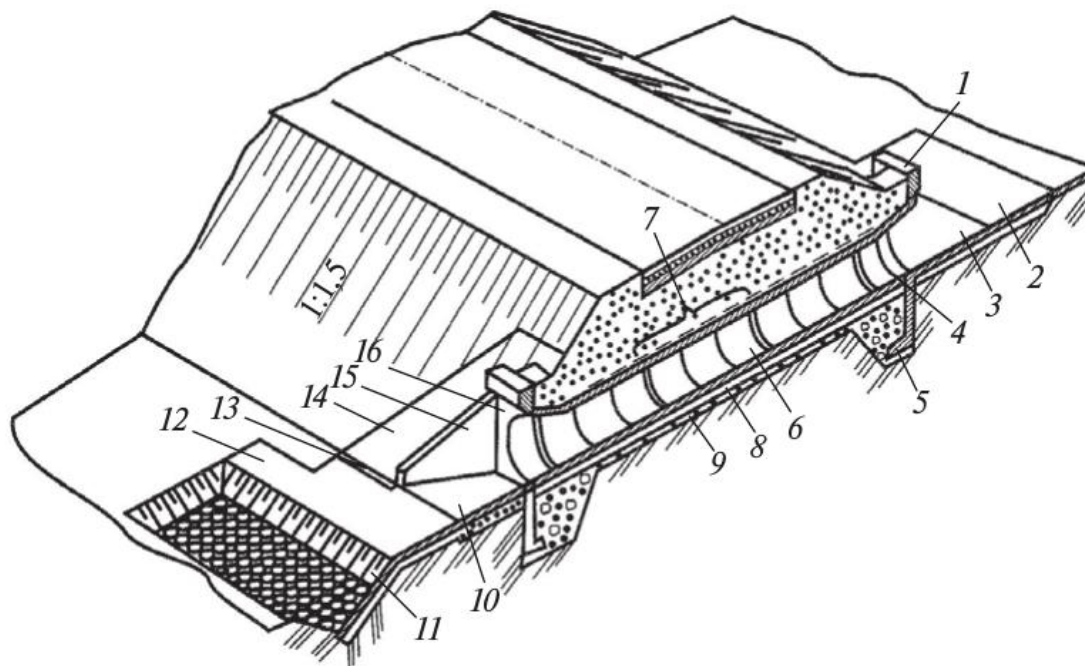


Рис. 11.3. Элементы круглой железобетонной трубы (гидроизоляция не показана): 1 – портал входного оголовка; 2 – укрепление подводящего русла; 3 – укрепление лотка входного оголовка; 4 – коническое звено; 5 – фундамент порталной стенки входного оголовка; 6 – цилиндрическое звено; 7 – секция звеньев; 8 – фундаментный блок; 9 – щебеночная подготовка; 10 – укрепление лотка выходного оголовка; 11 – воронка размыва с каменной наброской; 12 – укрепление отводящего русла; 13 – бетонный упор; 14 – укрепление откоса насыпи; 15 – откосное крыло; 16 – порталная стенка выходного оголовка

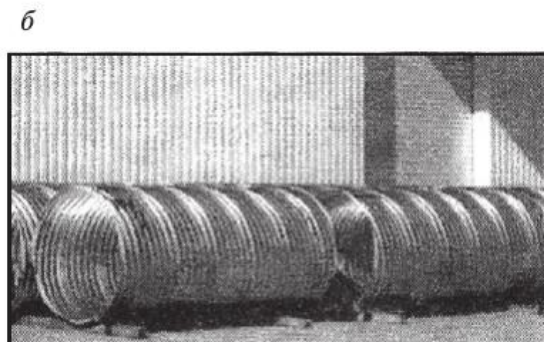


Рис. 11.4. Круглая металлическая (двухочковая) гофрированная труба (а) и спиральновитая труба (б)

Для повышения безопасности проведения работ при обследовании труб, когда их высота превышает 2 м, необходимо на верховом и низовом откосах насыпи над трубой устраивать ограждение в виде решетки (забора).

Для предотвращения растяжки труб при оседании насыпи и ее основания трубы возводят со *строительным подъемом* (по лотку в продольном направлении), который обычно устраивают по дуге окружности. В зависимости от грунтов основания

и типа фундаментов величину строительного подъема в середине трубы назначают в диапазоне от $1/80$ до $1/40$ высоты насыпи. Расчет координат точек дуги строительного подъема приведен в [18, приложение 13]. При высотах насыпей более 12 м строительный подъем устанавливают в соответствии с расчетом ожидаемых осадок основания от веса грунта насыпи.

Трубы, возводимые на косогорах с уклоном более 0,02, укладывают со *ступенчатым расположением звеньев* (рис. 11.5), что приводит к некоторому, обычно небольшому, уменьшению площади поперечного сечения трубы. Такие косогорные трубы надлежит возводить в комплексе со специальными устройствами, обеспечивающими гашение энергии водного потока. Определенный интерес представляет тип косогорного ВС, разработанный в ОАО «Трансмост» (бывший Ленгипротрансмост). Основой этого сооружения (рис. 11.6) является свайный или столбчатый фундамент либо рамно-столбчатый фундамент на естественном основании, ростверк которого расположен горизонтально. При этом ростверк вдоль сооружения (трубы) разделен на отдельные секции деформационными швами. Длину секции назначают в зависимости от высоты насыпи, несущей способности грунтов основания, конструкции опорных элементов фундамента и собственно ростверка.

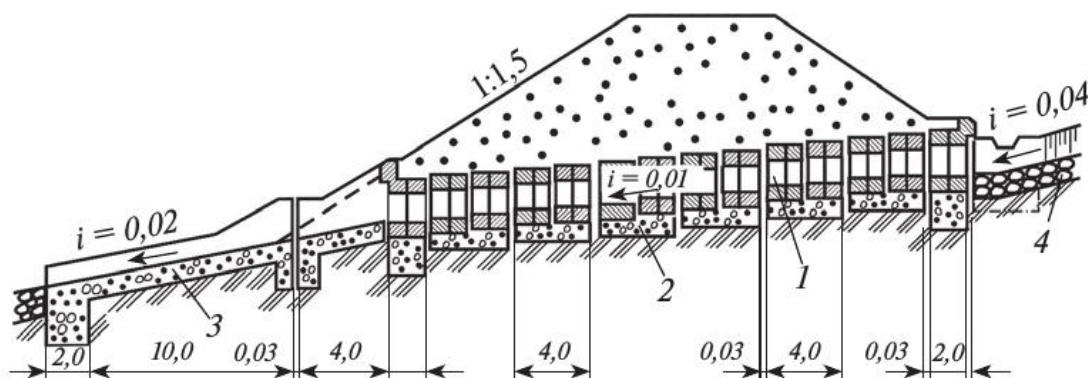


Рис. 11.5. Схема устройства косогорной трубы (продольный разрез, размеры указаны в метрах): 1 — звенья трубы; 2 — фундамент секции; 3 — быстроток; 4 — укрепление русла на входе

Подводящее русло устраивают в виде лотка из бетона или железобетона, водоприемного колодца, многоступенчатого перепада или другого конструктивного решения. Принятые конструкции подводящего русла и входного оголовка должны предотвращать фильтрацию воды под сооружение. Саму трубу целесообразно устраивать из типовых звеньев, опертых на ростверк фундамента. Уклон лотка трубы принимают независимо от уклона лога — в соответствии с прогнозируемыми гидравлическими условиями работы сооружения. На выходе из трубы устраивают консольный водосброс, каменную берму или другой тип укрепления откоса насыпи. Тип нижнего бьефа сооружения следует выбирать с учетом расходов притока воды, наличия местных строительных материалов и на основе технико-экономического сравнения назначенных к рассмотрению вариантов.

Малые мосты подразделяют по:

- конструкции моста в целом — *балочные, арочные, рамные*;
- форме подмостового сечения (отверстия) — *прямоугольные и трапециевидальные*;

- числу пролетов — *однопролетные* и *многопролетные*;
- материалу пролетных строений — *железобетонные, металлические, деревянные* (на временных дорогах и при восстановлении разрушенных мостов);
- конструкции опор — *массивные, свайные (стоечные)*;
- конструкции верхнего строения железнодорожного пути — *на балласте, на железобетонных плитах, на деревянных брусках (поперечинах)*.

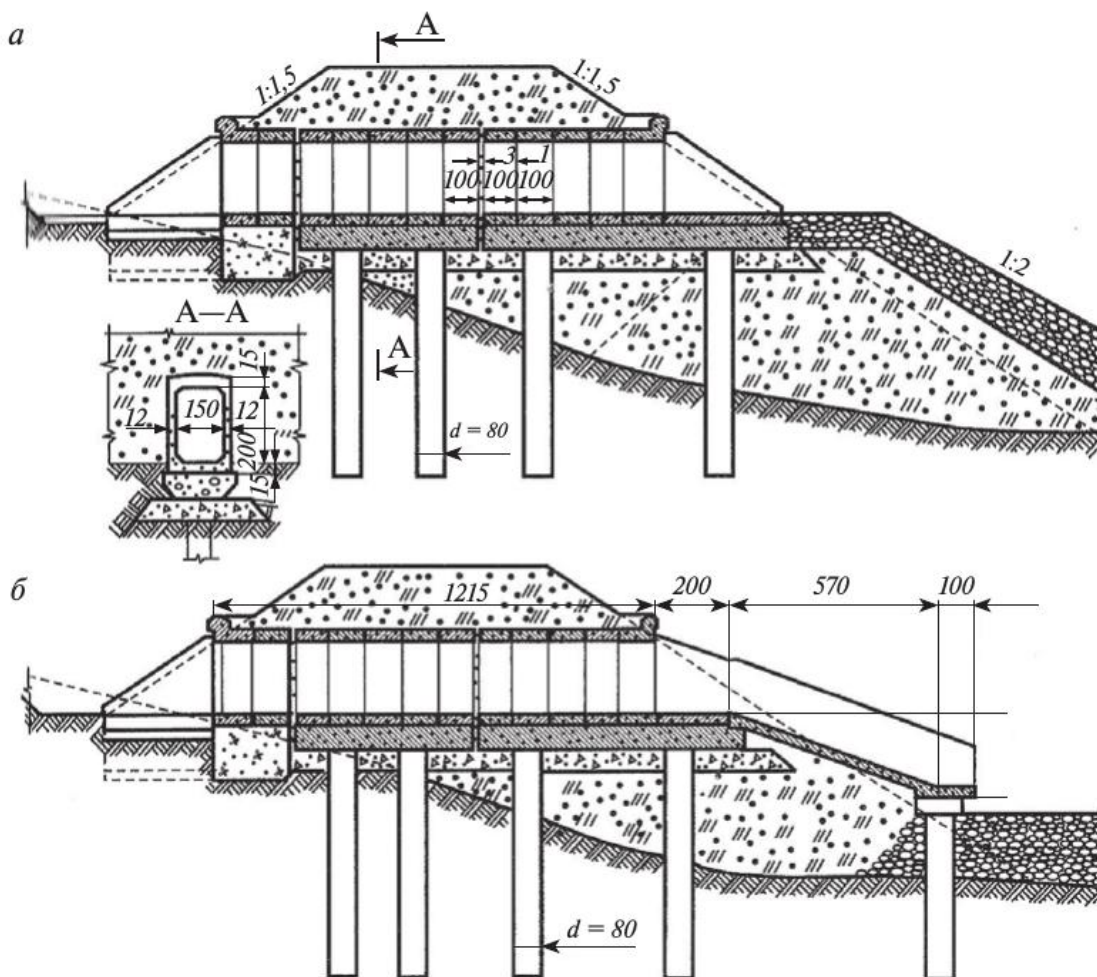


Рис. 11.6. Схема устройства косоугорного сооружения (размеры указаны в см):
 а — с креплением откоса насыпи; б — с консольным водосбросом и каменной бермой

Малые мосты могут иметь *укрепленное* или *неукрепленное подмостовое русло*, что влияет на условия гидравлической работы и возможную водопрпускную способность. Русло под малыми мостами обычно укрепляют.

По общей геометрической форме моста в целом, влияющей на гидравлические условия пропуска воды, различают следующие типы малых мостов: с *обратными стенками и конусами* (рис. 11.7, а), с *откосными крыльями* (рис. 11.7, б), *эстакадные (многопролетные) с конусами* (рис. 11.7, в), с *заборными (подпорными) стенками* (рис. 11.7, г).

При строительстве новых дорог в последние десятилетия наиболее часто применяют *сборные железобетонные мосты эстакадного типа* с опорами на *свайном основании (свайно-эстакадные мосты)* или на *естественном основании*