бойной зоне под воздействием волн идет непрерывное переформирование дна, причем глубина переформирования может в некоторых случаях достигать 10—15 м. Сила удара волн на оголенный трубопровод может достигать нескольких тонна-сил на 1 м^2. В первом случае возможна укладка труб без заглубления в дно, во втором — невозможна.

§ 1.2. КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

По расположению относительно естественной поверхности дна водоемов трубопроводы можно укладывать ниже дна (заглубленный трубопровод), на дне (незаглубленный трубопровод) и выше дна (погруженный трубопровод).

Наиболее распространенной является укладка труб по заглубленной схеме, позволяющей надежно защитить их от внешних силовых воздействий.

Укладка по незаглубленной схеме применяется в тех случаях, когда заглубление труб в грунт по каким-либо причинам невозможно. Открытое положение труб делает их уязвимыми для механических повреждений и поэтому требуется их защита.

Сооружение трубопровода по погруженной схеме делает трубопровод уязвимым как для механических, так и гидродинамических воздействий. Трубопровод, находящийся в воде в подвешенном состоянии, легко может быть поврежден якорями, якорными цепями, рыболовными снастями. Он непрерывно подвергается силовому и волновому воздействию движущейся воды. Тем не менее применение такой схемы может оказаться неизбежным при очень больших глубинах водоема.

Рассмотрим конструктивные особенности каждой из схем.

Заглубленный трубопровод. Основное условие для этой схемы — заглубление трубопровода ниже прогнозируемой поверхности размыва дна водоема на расчетный период эксплуатации. Кроме того, необходимо учитывать возможность повреждения труб якорями, волокушами и т. п. предметами, опускаемыми или бросаемыми на дно водоема проходящими или работающими в данном районе водоема судами. При укладке трубопровода ниже предельной глубины размыва грунта $h_р$ (рис. 1.1, *а*) какой-либо дополнительной защиты труб от механических повреждений не требуется. Конструкция трубопровода будет наиболее простой: труба *1*, имеющая расчетную толщину стенки, покрытая антикоррозийной изоляцией *2*, если трубопровод имеет отрицательную плавучесть, или изолированная труба с утяжеляющими грузами или утяжеляющим покрытием *3*. Если трубопровод находится на глубине $h<h_я$ или $h<h_р$, где $h_я$ — глубина проникновения в грунт якорей, волокуш и т. п., то для защиты труб от возможных механических повреждений применяют либо усиленное защитное покрытие

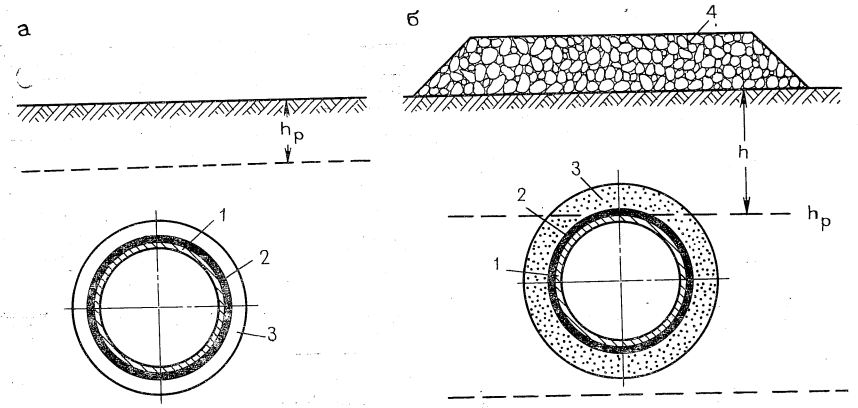


РИС. 1.1.
Заглубленный трубопровод

самих труб, например железобетонной оболочкой, либо крепление поверхности грунта над трубопроводом каменной наброской *4*, бетонными плитами и т. п. (рис. 1.1, *б*).

Незаглубленная схема. Применение этой схемы допустимо только в условиях, полностью исключающих местные размывы грунта под трубопроводом. Это возможно только в случае очень плотных или скальных грунтов, не размываемых потоком воды при максимальных скоростях потока, зарегистрированных в месте укладки трубопровода. Если это условие не будет выполнено, т. е. если трубопровод на участке длиной $l_р$ окажется провисшим, то, как правило, он начинает колебаться. При определенных условиях (см. § 5.8) возникает резонансный режим колебаний и тогда становится неизбежным разрушение труб.

Если опасности механических повреждений якорями в месте укладки нет, то обеспечение неразмываемости грунта и защиты труб от коррозии еще не гарантирует их эксплуатационную надежность при укладке труб на дне. Поскольку давление продукта в трубопроводе и его температура могут изменяться в процессе эксплуатации, то незакрепленный трубопровод может смещаться как в продольном, так и поперечном направлениях. Вследствие этого может разрушиться изоляционное покрытие, обычно имеющее малую механическую прочность, после чего начинается быстрое коррозионное разрушение труб. Поэтому при незаглубленной схеме укладки трубы должны быть покрыты не только антикоррозийной изоляцией, но и защитным покрытием от механических повреждений. Таким покрытием