

БЕЗОПАСНОСТЬ ПОДВОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Рогачко С.И. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

У даній роботі викладений метод визначення заглиблення у морське дно підводних трубопроводів та підводних комунікацій з метою їх захисту від силового впливу кильової частини торосів в залежності від глибини води й розмірів розрахункового торосу у конкретному районі будівництва.

В суровые зимы часть акваторий Черного и Азовского морей, относящихся к территориальным водами Украины покрываются ледовым покровом. Как показывают данные натурных наблюдений, толщина ровных ледяных полей в припае может превышать 0,5м. Отрываясь от берегов, и, находясь в состоянии дрейфа, ровные ледяные поля под воздействием целого ряда природных факторов, могут подвергаться процессу торошения. При этом в условиях мелководья могут формироваться торосы с ярко выраженной высотой надводной части. В тех случаях, когда высота килевой части торосистых образований будет соизмерима с глубиной воды, они могут, при подходе к берегу, воздействовать на поверхностные слои донного грунта. Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании подводных объектов, трубопроводов и коммуникаций. Во избежание их разрывов на таких участках донных поверхностей и, связанных с этим возможных потерь, необходимо еще на стадии проектирования таких объектов предусматривать соответствующие меры их защиты от силового воздействия килевой части торосистых образований. Это воздействие может быть существенным, если дрейфующий торос будет представлять собой, снявшуюся с мели стамуху при определенном стечении обстоятельств. Например, при резком повышении уровня воды и одновременном действии в одном направлении ветра и течений. С помощью натурных наблюдений, за торосами, сидящими на мели (стамухами) в арктических морях было установлено, что иногда происходит почти полная консолидация (промерзание) килевой части, а также частичное промерзание донного грунта вокруг кия. Такие торосы, при вторичной посадке на мель, представляют собой наибольшую опасность для подводных трубопроводов и различных коммуникаций, прокладываемых по морскому дну.

Силовое воздействие килевой части торосов на подводные коммуникации, можно предотвратить путем их заглиблення под уровень дна, ниже глубины воздействия кия расчетного тороса, с учетом падения глубины воды к урезу воды. При этом необходимо учитывать целый ряд расчетных параметров, которые следует назначать на основании анализа результатов инженерных изысканий в районах предполагаемого строительства. К ним, прежде всего, относятся: расчетные уровни воды; топография дна; размеры расчетного тороса и его прочностные свойства; физико-механические характеристики поверхностных слоев донного грунта.

Как известно, в процессе взаимодействия килевой части торосов с донным грунтом происходит его пропахивание с образованием траншеи, профиль которой соответствует конфигурации килевой части тороса. Пропахивание прекращается, когда энергия дрейфа тороса уравнивается пассивным отпором грунта в процессе посадки тороса на мель, а также некоторым выпором и поворотом тороса /1/. Под килем тороса, по мере его внедрения в морское дно, возникает напряженно-деформированное состояние в поверхностном слое грунта, интенсивность которого затухает с глубиной. Таким образом, чтобы избежать порыва подводных коммуникаций или их недопустимой деформации, которая может стать причиной нарушения герметичности подводных кабелей, необходимо чтобы:

- проектное положение трубопровода или кабеля было бы ниже отметки кия расчетного тороса;
- напряжения в грунте, под килевой частью расчетного тороса, не должны превышать допустимых для проектируемых коммуникаций.

Безопасная величина заглиблення кабеля в донный грунт может определяться исходя из ряда соображений, подтвержденных инженерной практикой /2/. Так, на рис. 1 представлена схема взаимодействия килевой части торосов при пересечении линии прокладки подводной коммуникации в виде электрического кабеля или трубопровода при расчетной отметке уровня воды 98% обеспеченности. Такой случай в принципе является экстремальным расчетным сценарием, поскольку любое превышение уровня воды над этой отметкой представляет собой вполне определенный запас.

В качестве расчетных могут быть рассмотрены два сценария. Первый из них соответствует прохождению кия тороса над трассой коммуникации без остановки при минимальном уровне воды в районе строительства. Тогда величина заглиблення кабеля под уровень дна может быть определена с помощью следующей ниже зависимости:

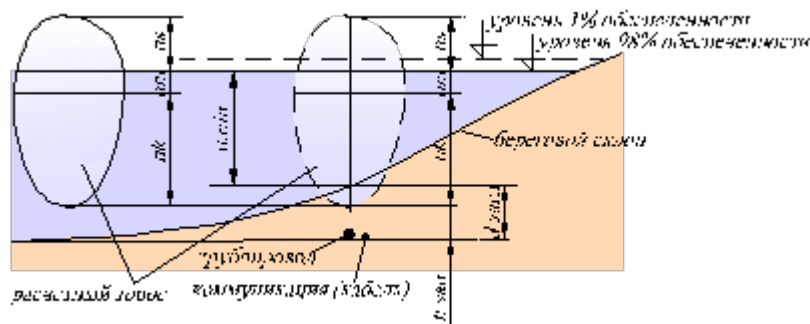


Рис. 1. Положение расчетного тороса над трубопроводом или коммуникацией при минимальном уровне воды

$$d_{\text{загл}} = h_m + h_k + h_{\text{запаса}} - d_{\text{min98\%}}, \quad (1)$$

где h_m и h_k – соответственно толщина консолидированной и килевой частей расчетного тороса; $h_{\text{запаса}}$ – величина запаса, равная расстоянию между отметкой кия и отметкой заложения кабеля; $d_{\text{min98\%}}$ – глубина воды в районе строительства 98% обеспеченности.

Следует отметить, что если глубина воды в створе превысит сумму параметров ($h_m + h_k + h_{\text{запаса}}$), то в этом случае $d_{\text{загл}}$ станет отрицательной величиной. Это будет означать, что киль расчетного тороса в этой точке не коснется дна и, в таких случаях различного рода коммуникации, в том числе и трубопроводы, можно прокладывать по поверхности дна. Величина запаса $h_{\text{запаса}}$ при этом может назначаться исходя лишь из физико-механических свойств донного грунта. Учитывая то обстоятельство, что поверхностные слои донных грунтов, как правило, представлены илами, то величина запаса может не превышать одного метра. Такие запасы были приняты в целом ряде реализованных проектов.

Ко второму расчетному случаю можно отнести момент остановки тороса над трассой коммуникации. Тогда трубопроводы или кабели попадают в зону напряженно-деформированного состояния грунта. В таких случаях величина безопасного заглубления под уровень дна будет зависеть от: физико-механических характеристик грунта; закона распределения напряженно-деформированного состояния грунта по его глубине; предельно-допустимого давления на подводные трубопроводы или кабели. Следует особо отметить, что вероятность реализации такого расчетного сценария по сравнению с предыдущим весьма незначительна. По этой причине основным расчетным случаем является первый.

Глубина заглубления от уровня дна, по мере приближения коммуникаций к урезу воды, должна назначаться также и с учетом особенностей литодинамических процессов, происходящих в береговой зоне непосредственно в зоне прокладки.

Вывод

Таким образом, проектирование подводных трубопроводов и коммуникаций при обустройстве морских месторождений углеводородов должно производиться при обязательном научном сопровождении с учетом перечисленных природно-климатических факторов конкретного района строительства.

Литература

1. Лунин А.Ф., Рогачко С.И. Взаимодействие дрейфующих ледовых образований с морским дном. Производственно-технический журнал “Газовая промышленность”, М., 1998.
2. Вершинин С.А. и др. Воздействие льда на сооружения Сахалинского шельфа М., 2005.