

УДК 624.047.2:624.157

РАЗМЫВ ГРУНТА У ОСНОВАНИЯ ОПЫТНОЙ ОПОРЫ МСП В АКВАТОРИИ АЗОВСКОГО МОРЯ

Пшеничная-Аджермачёва К.С.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Введение

Расчеты конструкций и сооружений, применяемые в строительной практике, базируются на многократных опытах и многолетней эксплуатации сооружений.

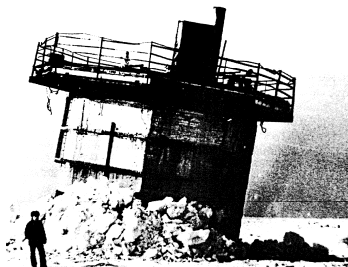


Рис. 1

Однако в отдельных случаях, особенно при проектировании уникальных сооружений, опыта эксплуатации таких объектов недостаточно или вовсе нет, тогда принимают решение провести экспериментальные исследования в реальных условиях.

Так было с первой ледостойкой морской платформой для разведки и добычи углеводородов, которую предполагалось построить на

Стрелковском месторождении Азовского моря на глубине 5 м.

Цель и задачи исследования

Главным вопросом, который необходимо было решить, являлось определение ледовой нагрузки на опорные конструкции в период подвижки ледовых полей.

Известно, что величина ледовой нагрузки на сооружение зависит от многих факторов, и в первую очередь от прочности льда, его толщины, скорости подвижки, температуры льда, размера льдин и ледовых полей, солености льда, формы и размеров опоры и т.д. Значения цифровых величин по каждому фактору характерны для данных конкретных условий, и перенос их из других условий может отражать только примерные значения.

В 1975 г. в Азовском море на глубине 5 м, непосредственно на Стрелковском месторождении газа, была установлена вышеуказанная железобетонная опора, оснащенная специальными приборными устройствами для определения сил горизонтальных ледовых воздействий на опору, которые позволили получить фактические горизонтальные нагрузки от подвижки полей зимой 1975-1976 гг. Однако в следующем году железобетонная опора под воздействием льда получила большой крен (рис. 1). Летом 1977 г. было проведено обследование действительного состояния подводной части наклонившейся опоры. Оказалось, что под опорой и вокруг нее грунт полностью размыт на глубину до 2 м, а этот фактор при проектировании не был учтен, однако он бы привел к аварии морской платформы с

последующими большими экономическими и экологическими последствиями.

Методика исследования

Для получения возможной картины размыва грунта у опорного блока ледостойкой морской платформы было решено провести испытание модели в волновом бассейне института гидромеханики АН Украины (рис. 2).



Рис. 2

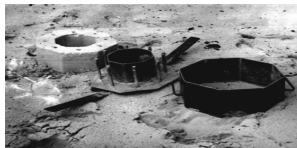


Рис. 3

Было изготовлено шесть блоков-колец (рис. 3), которые имели восемь продольных отверстий для насаживания их на стержни арматуры, имитирующие вертикальные сваи и закрепленные на стальной плите (рис. 4). После сборки модели опоры ее установили на песчаное основание в бассейне и создали волновой процесс, имитирующий штормовые волны в акватории Азовского моря в районе установки железобетонной опоры (рис. 5).



Рис. 4

На рис. 6 показана картина донной поверхности у основания опоры после воздействия штормовых волн. На фотографии четко видны размывы дна у опорной части модели. Размыв наблюдается не только по фронту опоры от воздействия течения и волн, но еще, пожалуй, больший по боковым сторонам, в результате увеличения скорости потоков в этих местах и за счет этого уноса частиц грунта за опору.

Исследования переноса грунта при различных скоростях течений показывают, что даже медленные течения со скоростью 15 см/с способны переносить тонкодисперсный песок. При скорости 30 см/с переносится крупнозернистый песок, при 60 см/с — частицы гравия размером до 5 мм, а в потоке со скоростью 125 см/с могут перемещаться и некрупные пластинчатые обломки размером до 5-10 см [1].

Картина размыва грунта (рис. 6) достаточно хорошо показывает качественную сторону воздействия штормовых волн на исследуемую преграду.

А теперь обратимся к фактической железобетонной опоре, построенной в Азовском море. Эта опора при высоте 11,7 м образована из 9 железобетонных колец высотой 1,3 м. В плане опора представляет собой восьмигранник, диаметр внешней описанной окружности 7,84 м, длина внешней стороны восьмигранника составляла 3 м. Закрепление к морскому дну осуществлялось 16 стальными трубчатыми сваями [2]. Для этого в железобетонных кольцах предусматривались 16 вертикальных отверстий диаметром 530 мм, в которые свободно проходили стальные трубчатые сваи

диаметром 426 мм, забиваемые в основание на глубину 25 м. После этого производилось замоноличивание свай в отверстиях при помощи нагнетания раствора, при этом замоноличивались и стыки между железобетонными кольцами. Толщина колец составляла 1 м. Опора представляла пустотелый цилиндр, установленный на морское дно.

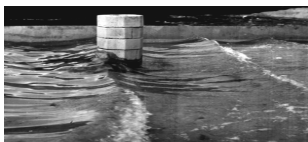


Рис. 5

При обтекании опоры морским течением и штормовыми волнами, по-видимому, процесс размыва основания у опоры происходил качественно так же, как и при исследовании модели опоры в бассейне. Но следует учитывать и факторы, которые достаточно сложно смоделировать, например, особенности действительного поведения опоры и водной среды, а они, по нашему мнению, не нашли отражения при экспериментальных исследованиях модели в бассейне:

1. При моделировании поперечных размеров модели внешняя среда (вода) осталась той же плотности.

2. Грунт представлял собой мелкий песок, а в натуре – ил с включениями, который при волнении быстро вымывается из основания. Толщина иловых отложений в районе строительства платформы достигают 12 м и более [3].

3. Неизвестно, как учтен такой фактор, как характер прохождения волны при обтекании преграды малого диаметра и широкой плоскости.

4. Действительная скорость потока на боковых гранях фактической преграды будет больше, а это увеличит унос взвешенных частиц, оторванных от основания.

5. При начальном подмыве грунта под донным кольцом, который был свободно установлен на дно, образуется отверстие, которое служит соединительным каналом между морем и внутренним объемом опоры.



Рис. 6

6. Учитывая, что в акватории Азовского моря часто наблюдаются ветра со скоростью 30 – 35, а иногда и до 40 м/с, которые создают волны высотой 4 – 4,5 м, но при малой глубине моря и сильном порывистом ветре, волны имеют большую крутизну [4], т.е. отношение высоты волны к ее протяженности значительно больше, чем в других морских акваториях и океанах.

Эти перечисленные факторы и другие должны были повлиять на действительную картину размыва грунта около опор морского сооружения и, в конечном счете, на надежность сооружений.

Результаты и анализ

Рассмотрим конкретный случай воздействия течений и штормовых волн на железобетонную опору, построенную в 1975 г. в акватории Азовского моря на Стрелковском месторождении газа.

Сила воздействия морского волнения на гидротехническое сооружение зависит от многих факторов и, прежде всего, от характера волнения, топографии дна, глубины моря, состояния поверхности обтекаемого тела и т.п.

При набегании волны на опору, она не может ее обойти, а поднимается на фронтальную сторону, при этом скорость воды может превышать фазовую скорость волны на 10% и более, а ускорение может превышать ускорение свободного падения [5]. Затем волна отклоняется в обратную сторону и многотонная масса воды обрушивается вниз у опоры, создавая гидравлический удар по грунту, он разрушается, и частицы грунта уходят в сторону, устремляясь вдоль боковых граней по направлению движения волн, а для Азовского моря это характерно особенно при малых глубинах. Происходит размывание грунта у опоры и подмыв опорного основания платформы.

Скорость морского течения при штормах возрастает, в результате имеет место совпадение по фазе придонных течений с движениями волны, в результате чего создаются вихри, способствующие размыву и уносу грунта.

После того как произошел подмыв у нижнего опорного блока, наступает вторая стадия размыва грунта у опоры. С появлением промыва под опорной частью образуется два сообщающихся сосуда: море и пустотелый цилиндр опоры. При набегании волны уровень воды на внешней стороне цилиндра повышается и вода в него устремляется под давлением с большой скоростью, так размывается основание под опорой. Уровень воды во внутренней части опоры повышается. Когда волна проходит, наблюдается обратная картина. Вода из опоры под давлением устремляется наружу. При своем проходе под опорой разрушает грунт и выносит его наружу. Происходит высасывание грунта волнами из-под опоры. Этому способствуют образовавшиеся щели между опорой и дном моря, что наблюдается довольно часто у сооружений, возводимых на слабых грунтах. Это имело место и в рассмотренном случае. А вот этот эффект не был отмечен при модельных испытаниях в волновом бассейне института гидромеханики АН Украины (рис.6), т.к. бетонные кольца модели устанавливались на стальной лист и закреплялись вертикальной арматурой (рис.4).

За два года из-под опоры и вокруг нее было вымыто около 750 м³ грунта, а сваи, закрепляющие опору, оголились на высоту до 2 м. Это привело к наклону опоры в результате воздействия ледовых полей при их подвижке [6]. Спрашивается, можно ли применять такие конструктивные решения опорных конструкций для морских платформ и, в частности, при их строительстве в Азовском море. Ответ может быть положительным, если исключить размыв у основания опоры.

При разработке конструктивного решения опирания опоры на грунт необходимо решить основную задачу – обезопасить от размыва грунта зону, окружающую опору на несколько метров шириной.

Здесь можно предложить несколько мероприятий, которые будут защищать приопорную зону от размыва грунта.

Вокруг опоры уложить на грунт гибкие маты, которые могут быть из

различных материалов. Наиболее эффективную защиту от эрозии обеспечивают гибкие маты, образованные из бетонных плит, соединенные друг с другом при помощи оцинкованной проволоки или тросов. Предусмотреть в нижней части опоры специальные ребра, которые входят в грунт на 2-3 м, образуя защитный экран. Вокруг опоры сделать отсыпку из гравия на ширину 3-5 м.

Пожалуй, наибольший эффект можно получить, если нижняя часть опоры будет «прозрачной» для морского течения и волн.

Защитные мероприятия могут объединять одновременно несколько предложений.

Выводы

1. Размыв грунта у основания сооружения происходит в результате воздействия волн, течений и других факторов.
2. Размыв грунта у основания сооружения можно исключить, если припорную зону грунта защитить на несколько метров гибкими матами, отсыпкой гравия или путем других мероприятий.
3. Подмыв опорной части можно исключить, если по наружному контуру опоры предусмотреть специальные ребра, которые входят в грунт на 2-3 м, образуя защитный экран.
4. Нижнюю часть опоры сделать «прозрачной» для морских течений и волн.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Арабаджи М.С. В недрах голубого континента. // М., «Недра», 1988. - 142 с.
2. Дудик Э.Ф., Макаенко В.И., Копайгородский Е.М., Евдокимов Г.Н. Исследование ледовых нагрузок на морские газопромысловые сооружения в Азовском море. // Нефтепромысловые сооружения. № 10. 1978. - с.7-10.
3. Сковородкин М.С. Работы института «ВНИПИшельф» в области разработок и проектирования морских нефтегазопромысловых сооружений. // Развитие, совершенствование и реконструкция специальных сварных стальных конструкций зданий и сооружений. Четвертая Украинская республиканская научно-техническая конференция по металлическим конструкциям. Сборник 1. Киев, 1988. - с.14-15.
4. Ибрагимов А.М. Гидротехнические сооружения при шторме. // Азернешр. Баку. 1968. - 176 с.
5. Kjeldsen S.P. Shock Pressures from Deep Water Breaking Waves. // Proc. Int. Conf. On Hydrodynamics and Ocean Engineering Trondheim. Norway. 1. 1981. - pp.567-584.
6. Ажермачёва К.С. О причинах наклона опытного ледостойкого основания в акватории Азовского моря. // Збірник наукових праць Українського інституту імені В.М.Шимановського. Вип.7. Видавництво «Сталь». Київ. 2011. - с.6-11.