

НЕКОТОРЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ПАЛОВ НА СВАЙНОМ ОСНОВАНИИ

Дубровский М.П., Геращенко А.В., Добров И.Ю.

Одесский национальный морской университет
г. Одеса, Украина

АНОТАЦІЯ: Розглянуто інноваційні конструкторсько-технологічні рішення для глибоководних морських споруд у вигляді пальових кущів та швартовно-відбійних палів, які підвищують ефективність технічної експлуатації споруд та спрощують їх зведення.

АННОТАЦИЯ: Рассмотрены инновационные конструкторско-технологические решения для глубоководных морских сооружений в виде свайных кустов и швартовно-отбойных палов, повышающие эффективность технической эксплуатации сооружений и упрощающие их возведение.

ABSTRACT: Innovative structural and technological decisions for deep-water marine structures made as piled clusters and mooring/fender dolphins are considered; they increase efficiency of technical maintenance and simplify structures construction.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: свайный куст, швартовно-отбойный пал, несущая способность, энергопоглощающая способность.

ВВЕДЕНИЕ

При возведении глубоководных причальных сооружений на свайных кустах, например, опор эстакад, швартовно-отбойных палов и стационарных точечных причалов, размещаемых как на акваториях портов, так и за их пределами (например, на внешнем рейде порта или на континентальном шельфе), для снижения усилий в несущих элементах сооружения (как правило, это длинные свайные опоры из стальных труб) широко применяют пространственные каркасы между сваями. Эти каркасы состоят

из горизонтальных связей и наклонных раскосов, которые предназначены для уменьшения свободной длины свайных опор и улучшения условий их работы; выполняют их также из стальных труб. Для крупногабаритных глубоководных сооружений создание при строительстве с воды подводного каркаса массой в сотни тонн представляет сложную и дорогостоящую технологическую задачу (подводная сварка на значительных глубинах 20...60 м, высокоточный монтаж длинных и тяжелых элементов к заранее погруженным сваям). Другая из применяемых технологий заключается в изготовлении каркаса на береговой базе, транспортировке его в море к месту строительства, кантовании и установке пространственного каркаса на дне моря в проектное положение, погружении через опоры каркаса, как через направляющие, свайных опор сооружения и соединении (сваркой или омоноличиванием) свай с элементами каркаса. Такой подход также создает серьезные технологические трудности ввиду огромной массы перемещаемого объемного блока и неудобства выполнения в морских условиях работ по соединению свай с пространственным каркасом.

Характерным недостатком обеих рассмотренных традиционных технологий является невозможность обеспечения конструктивной связи между несущими свайными опорами ниже уровня дна моря, так как пространственный каркас может быть размещен только в пределах свободной высоты свай (от их голов до поверхности дна моря). В то же время, учитывая значительную длину свай рассматриваемых морских сооружений (измеряемую десятками, а иногда и сотнями метров ввиду больших глубины воды в месте строительства и глубины погружения свай в грунт дна) и, соответственно, их высокую гибкость, изгибающие моменты в сваях во многих случаях вызывают напряжения, близкие к предельным даже для высокопрочных сталей, т.е. порядка 500...600 МПа).

ЭФФЕКТИВНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В СВАЙНОМ КУСТЕ

Для устранения отмеченных недостатков нами предложен пространственный каркас, объединяющий свайные опоры, располагать не только в пределах свободной высоты свай, т.е. выше уровня дна моря, но и ниже уровня дна в грунтовом основании. Это позволит существенно улучшить условия работы свай при восприятии внешних боковых нагрузок и, таким образом, применить свайные опоры облегченного поперечного сечения, т.е. менее материалоемкие и легче погружаемые.

Как показано на рис. 1, пространственный каркас выполняют в виде частично заглубленной в грунтовое основание вертикально расположенной цилиндрической оболочки, а свайные опоры размещают по периметру оболочки и соединяют с ее боковой поверхностью в пределах высоты оболочки, включая ее заглубленную в грунт часть. Связь простран-

ственного каркаса в виде оболочки со свайными опорами может быть выполнена посредством замковых соединений (по аналогии с замковыми соединениями шпунтовых свай).

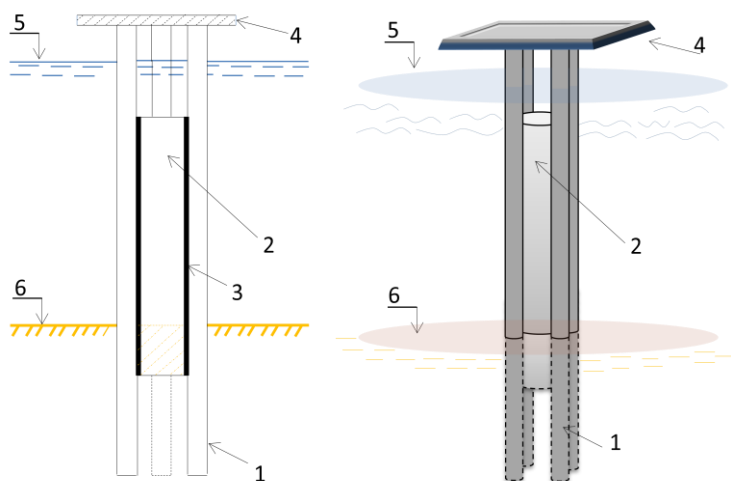


Рис. 1 . Пространственная конструкция свайного куста: разрез и 3D вид
 1 – несущие свайные опоры; 2 – стальная цилиндрическая оболочка большого диаметра; 3 – замковые соединения; 4 – верхнее строение; 5 – уровень воды; 6 – уровень дна.

Работа рассматриваемого сооружения под действием внешних нагрузок (естественных – ветровых, волновых, ледовых и т.п., эксплуатационных – швартовных и от навала судов) и собственного веса заключается в использовании несущей способности как свайных опор, так и пространственного каркаса в виде цилиндрической оболочки, причем все эти конструктивные элементы работают одновременно, обеспечивая благоприятное распределение усилий между ними. Форма пространственного каркаса обеспечивает его оптимальное напряженно-деформированное состояние (в отличие от пространственной стержневой фермы по прототипу, где возможно неравномерное распределение усилий между горизонтальными связями и наклонными раскосами). При этом свайные опоры также работают в благоприятных условиях, поскольку обеспечивается связь между опорами не только в пределах их свободной длины выше уровня дна, а и ниже уровня дна в пределах погруженной в грунтовое основание части высоты цилиндрической оболочки.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОПОГЛОЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПАЛА

Традиционная конструкция гибкого швартовно-отбойного пала включает опорную колонну (моносваю) и размещенные на ее верхнем конце швартовное и отбойное приспособления. Недостатком такого пала при его использовании на больших глубинах и для приема крупнотоннажных судов (в составе глубоководных причалов морских портов, на внешнем рейде порта или на континентальном морском шельфе) является существенная материалоемкость, дороговизна и трудности технологического характера при возведении, обусловленные применением в качестве свайных опор длинных (от 40 м и длиннее) стальных труб большого диаметра (в современных шельфовых сооружениях – порядка 2...4 м и более) и значительной толщины стенки трубы (порядка 25...40 мм).

В предложенном нами решении (рис. 2) опорная колонна выполнена

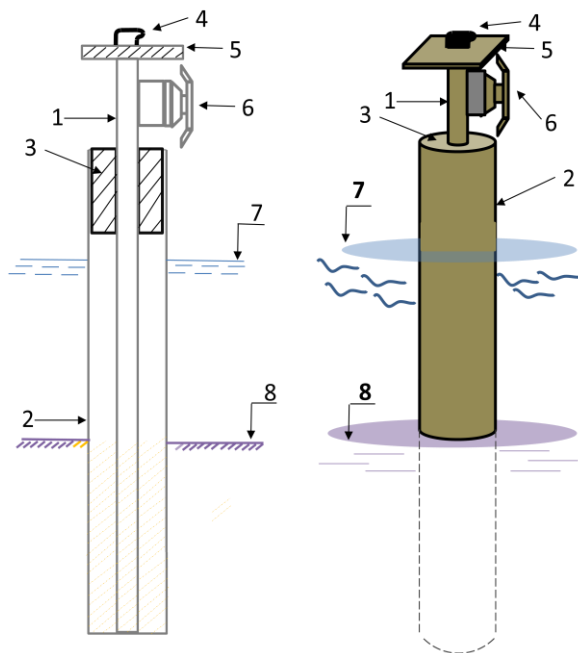


Рис. 2. Швартовно-отбойный пал: разрез и 3D вид:

- 1 – внутренняя свая-сердечник; 2 – внешняя трубчатая свая; 3 – упругий элемент (амортизатор); 4 – швартовная тумба; 5 - верхнее строение;
- 6 – отбойное устройство; 7 - уровень воды; 8 – уровень дна

из помещенных одна в другой свай разного поперечного размера – внутренней сваи-сердечника и внешних по отношению к свае-сердечнику трубчатых свай. Внутри опорной колонны в зоне ее верхнего конца в пространстве между внутренней боковой поверхностью сваи большего поперечного размера и внешней боковой поверхностью смежной сваи меньшего поперечного размера размещены упругие элементы (амортизаторы), контактирующие с указанными поверхностями. Сваи в опорной колонне размещены соосно, а внешних по отношению к свае-сердечнику трубчатых свай может быть одна и более, причем изгибная жесткость свай в опорной колонне возрастает по мере удаления в радиальном направлении от сваи-сердечника. Отбойное и швартовное приспособления пала закреплены на верхнем конце внутренней сваи-сердечника.

Работа предложенного швартовно-отбойного пала под действием внешних эксплуатационных нагрузок (швартовых и от навала судна) заключается в следующем.

При воздействии на пал швартовной нагрузки она передается через швартовную тумбу и верхнее строение на голову внутренней сваи-сердечника, которая при этом изгибается (голова сваи-сердечника смещается в сторону пришвартованного судна). Изгибаясь, верхняя часть сваи-сердечника сжимает упругий элемент, размещенный между ней и внешней трубчатой свай.

В процессе сжатия упругого элемента и по мере реализации его энергопоглощающей способности часть внешнего усилия (не поглощенная при изгибе сваи-сердечника и при сжатии упругого элемента) передается на внешнюю трубчатую сваю. Таким образом, в рассматриваемом случае последовательно включаются в работу свае-сердечник, упругий элемент между сваями и внешняя свая. В зависимости от величины внешней нагрузки от пришвартованного судна, изгибных жесткостей внутренней сваи-сердечника и внешней трубчатой сваи, а также упругих свойств амортизатора, вклад упомянутых конструктивных элементов в восприятие швартовной нагрузки может варьироваться. Для восприятия небольшой внешней нагрузки достаточно работы на изгиб внутренней сваи-сердечника и сжатия упругого элемента. При значительной внешней нагрузке (при максимальной деформации сваи-сердечника и полном сжатии упругого элемента) она воспринимается также и за счет работы на изгиб внешней трубчатой сваи.

При воздействии на пал нагрузки от навала судна (при подходе судна к причалу или от пришвартованного судна) она передается через стандартное отбойное приспособление на верхний конец внутренней сваи-сердечника, которая при этом изгибается (голова сваи-сердечника смещается в сторону от пришвартованного судна). Изгибаясь, верхняя часть сваи-сердечника сжимает упругий элемент, размещенный между ней

и внешней трубчатой сваей. Дальнейшая работа устройства аналогична случаю восприятия швартовной нагрузки (разница заключается лишь в направлении смещений свай; в рассматриваемом случае – от судна).

Таким образом, швартовно-отбойный пал по предложенному решению может быть возведен из комплекта стальных трубчатых свай стандартной номенклатуры без использования моносвай большого диаметра со значительной толщиной стенки, что упрощает технологию погружения опор, снижает материалоемкость и стоимость строительства сооружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морские шельфовые и речные гидротехнические сооружения / [Дубровский М.П., Яковлев П.И., Бугаев В.Т., Князев Е.А.]. – М.: Недра, 1995. - 246 с.
2. Носков Б.Д. Гидросооружения водных путей, портов и континентального шельфа. Часть III. Сооружения континентального шельфа / Носков Б.Д., Правдивец Ю.П. - М.: АСВ, 2004. – 280 с.
3. W.G.K. Fleming et al. Piling Engineering. Blackie Academic & Professional, 1994. –390 p.

REFERENCES

1. Doubrovsky M.P. et al. Marine offshore and river hydrotechnical structures. Moscow – Nedra, 1995.-246 p.
2. Noskov B.D., Pravdivets Yu.P. Hydrotechnical structures of waterways, ports and continental shelf. Moscow – ACB, 2004.–280 p.
3. W.G.K. Fleming et al. Piling Engineering. Blackie Academic & Professional, 1994.–390 p.

Статья поступила в редакцию 19.07.2016 г.