

*М.П. Дубровский, д.т.н., профессор  
В.А. Гусейнов, инженер  
Одесский национальный морской университет*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА ДЛИННЫХ СВАЙ-ОБОЛОЧЕК ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ГЛУБОКОВОДНЫХ ВОДНОТРАНСПОРТНЫХ И ШЕЛЬФОВЫХ СООРУЖЕНИЙ**

*Приведены результаты разработки новой, эффективной технологии погружения длинных свай-оболочек с использованием традиционного сваебойного оборудования.*

**Ключевые слова:** *свая-оболочка, глубина погружения, «грунтовая пробка».*

*М.П. Дубровський, д.т.н., професор  
В.А. Гусейнов, інженер  
Одеський національний морський університет*

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВЛАШТУВАННЯ ДОВГИХ ПАЛЬ-ОБОЛОНОК ПРИ БУДІВНИЦТВІ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ГЛИБОКОВОДНИХ ВОДНОТРАНСПОРТНИХ ТА ШЕЛЬФОВИХ СПОРУД**

*Наведено результати розроблення нової ефективною технології занурення довгих паль-оболонки із використанням традиційного палебійного обладнання.*

**Ключові слова:** *паль-оболонка, глибина занурення, «грунтова пробка».*

*M.P. Doubrovsky, D.Sc., Professor  
V.A. Guseinov, Engineer  
Odessa National Marine University*

## **IMPROVEMENT OF INSTALLATION TECHNOLOGY OF LONG TUBULAR PILES ON BUILDING AND RECONSTRUCTION OF DEEP- WATER WATER-TRANSPORT AND OFFSHORE STRUCTURES**

*Results of new effective technology development to drive long tubular piles using traditional pile-driving equipment are shown.*

**Keywords:** *tubular pile, driving depth, «soil plug».*

**Введение.** Характерной особенностью современных глубоководных воднотранспортных и шельфовых сооружений, возводимых на свайных основаниях, является использование длинных свай-оболочек, к которым отнесем опоры длиной более 35 м. В последние годы такие сваи выполняют, как правило, из стальных труб значительного диаметра.

**Обзор последних источников исследований и публикаций.** В портовой гидротехнике для глубоководных причальных сооружений используют трубы диаметром порядка 1 м и более с толщиной стенки 11 – 14 мм, а в глубоководных шельфовых конструкциях диаметр стальных трубчатых свай может достигать 2 м и более при толщине стенки 30 – 60 мм и более. Высокопрочные марки сталей обеспечивают надежную эксплуатацию

таких сооружений при длине свайных опор от нескольких десятков (в воднотранспортных сооружениях) до нескольких сотен (в шельфовых стационарных платформах) метров.

В указанных случаях наблюдаются существенные различия как в условиях проектирования/возведения, так и в особенностях технической эксплуатации свайных сооружений на длинных сваях по сравнению с традиционными конструкциями свайных ростверков в гражданском и промышленном строительстве или существующих в настоящее время причальных эстакад и пирсов неглубоководных портов (где максимальные длины свай не превышают 30 – 35 м).

Одной из характерных особенностей, отличающих условия применения длинных свай-оболочек при строительстве и эксплуатации рассматриваемых сооружений, является эффект образования грунтовой пробки в зоне нижнего конца оболочки. Этот эффект может быть как положительным, так и отрицательным.

Положительным он является для свай, беспрепятственно погруженных в грунтовое основание до проектной отметки (например, благодаря применению достаточно мощного сваебойного оборудования), поскольку нижний торец сваи обеспечивает сопротивление внешней осевой вдавливающей силе с учетом работы грунтовой пробки, что повышает несущую способность сваи.

Отрицательным же этот эффект может быть в связи с тем, что затрудняет процесс погружения сваи-оболочки, увеличивая сопротивление под нижним концом сваи. При отсутствии мощного сваебойного оборудования достижение проектной отметки погружения сваи-оболочки в этих условиях становится проблематичным (либо вызывает необходимость привлечения более совершенного и, соответственно, более дорогого оборудования). В ряде случаев приходится применять сопутствующие дополнительные технологии, облегчающие погружение свай-оболочек, основанные на разбурировании или размыве под давлением водой грунта в основании сваи; известны также методы погружения с применением лидерных скважин меньшего, чем у сваи-оболочки, диаметра [1, 2].

**Постановка задачи.** В связи с отмеченной особенностью представляет практический интерес разработка комплексного подхода при возведении трубчатых свайных опор. Для этого целесообразно на первом этапе (погружение сваи) минимизировать (или исключить) негативный эффект от образования «грунтовой пробки», затрудняющий процесс погружения. На втором этапе (по окончании погружения сваи до проектной отметки) следует обеспечить максимально возможную несущую способность сваи за счет создания «грунтовой пробки».

Задача минимизации/исключения влияния «грунтовой пробки» на первом этапе может быть решена применением инновационных технологических подходов, один из которых предложен авторами ниже в

настоящей работе. Эффективное использование несущей способности «грунтовой пробки» на втором этапе возможно при наличии достоверной информации о ее параметрах и условиях образования, полученной теоретическим или экспериментальным путем [3].

**Основной материал и результаты.** Для преодоления сопротивления грунта в полости сваи-оболочки и предотвращения образования «грунтовой пробки» в процессе погружения сваи предлагается вместе со сваей-оболочкой осуществлять погружение сваи-сердечника, размещенного в пределах полости внешней трубчатой сваи. При этом погружение внешней сваи и внутреннего сердечника следует осуществлять попеременно пошагово, чередуя шаги погружения внешней сваи и сердечника. Начинать возведение такой свайной опоры целесообразно погружением сердечника, а завершать – погружением внешней сваи с тем, чтобы обеспечить создание «грунтовой пробки» при достижении нижним концом сваи-оболочки проектной отметки.

Таким образом, в процессе возведения сваи опережающее погружение сердечника (одной или нескольких внутренних свай) препятствует образованию «грунтовой пробки» внутри внешней трубчатой сваи и обеспечивает возможность достижения необходимой глубины погружения внешней сваи. В свою очередь, погружение внешней трубчатой сваи облегчает погружение сердечника, поскольку снижает трение грунта по внешней боковой поверхности сердечника.

На рис. 1 схематически показан предложенный процесс погружения трубчатой свайной опоры с сердечником. Грунт основания предполагается нескальным, т. е. должен позволять погружение свай традиционным сваебойным оборудованием (забивкой или вибропогружением, или вдавливанием).

Технологический процесс начинается погружением сваи-сердечника 1 (рис. 1, а). Свая-сердечник может быть выполнена традиционной конструкции, например, в виде стальной трубы или призматической железобетонной сваи (естественно, что максимальный поперечный размер сердечника должен быть меньше внутреннего диаметра внешней сваи и подбираться в зависимости от него). Глубина погружения сердечника на этой стадии определяется соотношением параметров сваи-сердечника (площадь нижнего конца, площадь боковой поверхности), свойств грунтового основания и мощности применяемого для погружения оборудования. Затем на сваю-сердечник 1 надевают внешнюю трубчатую сваю 2 большего внутреннего диаметра, чем внешний диаметр/размер, которую погружают вдоль сердечника (рис. 1, б). Глубина погружения трубчатой сваи на этой стадии определяется соотношением ее параметров (площадь кольцевого сечения нижнего конца, площадь боковой поверхности), свойств грунтового основания и мощности применяемого оборудования. Дальнейшие стадии процесса погружения (рис. 1, в, г, д)

повторяют попеременно пошагово, чередуя шаги погружения внешней сваи и сердечника, пока не достигнут проектной глубины погружения внешней трубчатой сваи с образованием в ее нижнем конце «грунтовой пробки». На завершающей стадии (рис. 1, е) сердечник извлекают из грунта и удаляют. При необходимости сердечник может быть оставлен для повышения несущей способности/прочности внешней сваи, тогда по окончании погружения внешней сваи ее жестко соединяют с сердечником в надгрунтовой части свайной опоры.

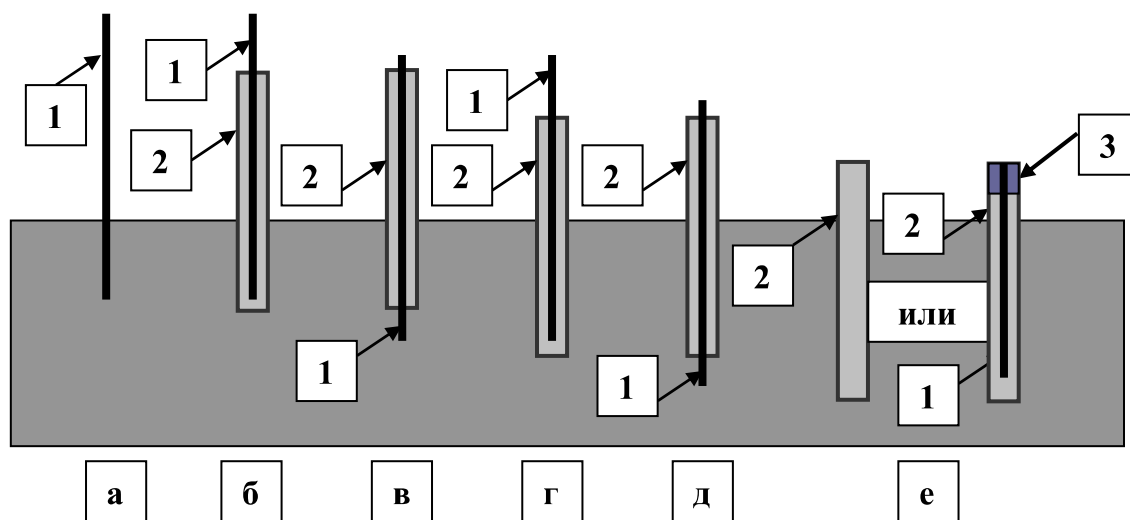


Рис. 1. Основные стадии процесса погружения трубчатой свайной опоры с сердечником

Наиболее быстрый вариант рассмотренной технологии возведения свайной опоры может быть обеспечен при работе тандема механизмов: свая-сердечник погружается молотом ударного действия (гидравлическим или дизельным) либо вибропогружателем (воздействие осуществляется на верхний конец сваи), а трубчатая свая погружается вдавливанием (гидравлическое устройство с захватом боковой поверхности трубы). В этом случае оба устройства (одно – для погружения сердечника, другое – для погружения трубы) работают независимо; также возможна их одновременная работа (с опережающим погружением сердечника). Что касается извлечения сваи-сердечника на последней стадии технологического процесса, то для этого может быть также применено обычное сваебойное оборудование, которое используют как для погружения, так и извлечения свай. Извлеченный сердечник может быть использован при возведении других свай аналогичным способом.

**Выводы.** К достоинствам рассмотренного способа погружения сваи-оболочки можно отнести следующее. В зависимости от габаритов внешней сваи, требуемой глубины ее погружения и свойств грунтового основания представляется возможным, варьируя шаг глубины погружения внутренних и внешних свай, обеспечить:

- достижение увеличенной глубины погружения внешней трубчатой сваи, чего нельзя добиться при использовании известных способов;

- использование менее мощного оборудования для погружения свай (соответственно снижение затрат энергии при погружении свай, уменьшение экологической нагрузки на окружающую среду при производстве работ), поскольку не нужно преодолевать значительное трение внутри трубчатой сваи (при ее погружении не образуется «грунтовая пробка»);

- при необходимости сваи-сердечники, извлеченные после окончания погружения внешней трубчатой сваи, могут быть повторно (и неоднократно) использованы при погружении других трубчатых свай.

Таким образом, разработан эффективный способ погружения трубчатой свайной опоры в нескальный грунт основания, позволяющий избежать в процессе погружения образования «грунтовой пробки».

#### *Литература*

1. Левачев, С.Н. *Сваи в гидротехническом строительстве* / С.Н. Левачев. – М.: Издательство АСВ, 2003. – 240 с.

2. Носков, Б.Д. *Гидросооружения водных путей, портов и континентального шельфа. Часть III. Сооружения континентального шельфа* / Б.Д. Носков, Ю.П. Правдивец. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 280 с.

3. *Fleming W.G.K. Piling Engineering.* / W.G.K. Fleming. – Blackie Academic & Professional, 1994. – 390 p.

*Надійшла до редакції 25.09.2013*  
*© М.П. Дубровський, В.А. Гусейнов*