С С С Р

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

# Р У К О В О Д С Т В О

## ПО ИСПЫТАНИЯМ СВАЙ-ОБОЛОЧЕК ОСЕВЫМИ ВДАВЛИВАЮЩИМИ НАГРУЗКАМИ И ОЦЕНКЕ ИХ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

РТМ 3I.30I5 - 78

Ленинград, ЛМНИИП,-1978г.

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАН Государственным проектно-изыскательским и научно-исследовательским институтом морского транспорта (Союзморниипроект) - Ленинградским филиалом "ЛЕНМОРНИИПРОЕКТ"
Главный инженер Фирсов В.А.
Руководитель темы к.т.н. Курочкин С.Н.
Руководитель разработки и исполнитель к.т.н. Долинский А.А.

ВНЕСЕН Государственным проектно-изыскательским и научно-исследовательским институтом морского транспорта (Союзморниипроект) - Ленинградским филиалом "ЛЕНМОРНИИПРОЕКТ"
Главный инженер Фирсов В.А.
Зав.отделом к.т.н. Курочкин С.Н.

УТВЕРЖДЕН Государственным проектно-изыскательским и научно-исследовательским институтом морского транспорта (Союзморниипроект)
Главный инженер Ларин А.А.

ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ ПРИКАЗОМ Государственного проектно-изыскательского и научно-исследовательского института морского транспорта (Союзморниипроект) от "17" мая 1978г. № 58.

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

РУКОВОДСТВО ПО ИСПЫТАНИЯМ СВАЙ-ОБОЛОЧЕК ОСЕВЫМИ ВДАВЛИВАЮЩИМИ НАГРУЗКАМИ И ОЦЕНКЕ ИХ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

РТМ 31.3015-78

ВЗАМЕН: вводится впервые

Приказом Союзморниипроекта от 17 мая 1978 г. № 58 срок введения в действие установлен с 1 января 1979 г.

Настоящий РТМ содержит требования к проведению производственных статических испытаний свай-оболочек осевыми вдавливающими нагрузками и составлен в развитие главы СНиП 11-51-74 "Гидротехнические сооружения морские. Основные положения проектирования", главы СНиП 11-Б.5-67 "Свайные фундаменты. Нормы проектирования" и ГОСТ 5686-69 "Сваи и сваи-оболочки. Методы полевых испытаний".

РТМ распространяется на проектирование свайных конструкций портовых гидротехнических сооружений, а также свайных фундаментов зданий и сооружений, возводимых в портах и судоремонтных заводах.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Статические испытания свай-оболочек осевыми вдавливающими нагрузками проводят для определения их несущей способности и упругой податливости, оценки сопротивляемости слоев грунта на наружной боковой поверхности, среднего значения сопротивляемости грунта на внутренней боковой поверхности, а также сопротивляемости грунта на уровне нижнего конца оболочки.

1.2. Количество свай-оболочек, подлежащих статическому

испытанию, определяется проектной организацией, которая составляет и передает заказчику проекта техническое задание на испытание свай-оболочек. Техническое задание должно предусматривать, по возможности, использование испытываемых оболочек в строящемся сооружении.

1.3. Проектная организация, разрабатывающая проект, осуществляет техническое руководство, наблюдения и необходимые измерения в период испытаний и обработку результатов.

1.4. Строительная организация, осуществляющая возведение сооружения, выполняет в соответствии с техническим заданием подрядные работы, связанные с приобретением оболочек и необходимых датчиков, закладкой датчиков продольных усилий в оболочки при их изготовлении, а также осуществляет доставку свай-оболочек на объект, устройство оборудования и приспособлений для нагрузки и испытание оболочек.

1.5. О результатах испытания свай-оболочек составляют акт, к которому прилагают:

план места испытаний с привязкой испытываемых оболочек; геологический разрез в месте испытаний с указанием физико-механических характеристик грунтов и глубины погружения оболочек; журналы погружения и испытания свай-оболочек.

В акте указывают также размеры оболочек, отмечают особенности их погружения и испытания, приводят характеристики оборудования, применявшегося для этих целей, приборов для измерения деформаций, усилий и нагрузок. Для манометров указывается дата последней государственной поверки.

Акт о результатах испытаний составляют за подписями представителей заказчика, проектной организации и организации, прово-

дившей испытание.

## 2. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ

2.1. Перед испытанием проектной организацией составляется техническое задание, содержащее методику его проведения. Техническое задание согласовывается с организацией, проводящей испытания и утверждается главным инженером строительства.

2.2. Подготовка на площадке строительства включает:

монтаж загрузочного устройства (рамного типа или платформы; опробование и проверку на ступени загружения, не превышающей 0,1 ожидаемой предельной нагрузки, силового оборудования и контрольно-измерительных приборов и датчиков.

Особое внимание следует уделять точности установки выравнивающих оголовков, на которых размещаются гидродомкраты, или загрузочные платформы, при этом не рекомендуется применение металлических подкладок при неровностях торца свай-оболочки.

## 3. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ГРАДУИРОВКА ДАТЧИКОВ, РАЗМЕЩЕННЫХ В ЗВЕНЬЯХ ПРЕДНАПРЯЖЕННЫХ СВАЙ-ОБОЛОЧЕК

3.1. Предварительная градуировка датчиков проводится на заводах железобетонных конструкций, оборудованных аппаратурой контроля натяжения арматуры.

3.2. Схема размещения датчиков в звеньях свай-оболочек и особенности их градуировки приводятся в Техническом задании.

3.3. Градуировка проводится в целях проверки надежности работы датчиков и предварительной оценки чувствительности датчиков к осевым нагрузкам.

Цена деления прибора к усилию, воспринимаемому бетоном, определяется по формуле.

$$a_\sigma = \frac{\mu}{1+n\mu}\,\sigma_0\,\frac{F_\delta}{m}, \qquad (1)$$

где $\mu$ - коэффициент армирования, равный отношению площадей поперечного сечения напряженной арматуры и бетона;

$n$ - отношение модулей упругости арматуры и бетона к моменту передачи усилия натяжения арматуры на бетон;

$\sigma_0$ - среднее значение установившегося напряжения в арматуре после всех потерь, происходящих до обжатия бетона, определяемое с помощью аппаратуры контроля;

$F_\delta$ - площадь бетона поперечного сечения сваи-оболочки;

$m$ - отсчет по прибору, соответствующий установившемуся напряжению в арматуре.

## 4. СТАТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ СВАЙ-ОБОЛОЧЕК ОСЕВЫМИ ВДАВЛИВАЮЩИМИ НАГРУЗКАМИ

4.1. Испытания свай-оболочек статическими осевыми вдавливающими нагрузками следует проводить в соответствии с ГОСТ 5686-69."Сваи и сваи-оболочки. Методы полевых испытаний."

4.2. Продолжительность "отдыха" перед статическими испы-

таниями свай-оболочек устанавливается программой испытаний в зависимости от состава и характера прорезаемых грунтов и грунтов под нижними концами оболочек, но не менее:

для свай-оболочек, погруженных в песчаные и супесчаные грунты - 6 суток после окончания погружения;

для свай-оболочек, погруженных преимущественно в суглинки - 15 суток;

при прорезании или залегании под нижними концами свай-оболочек пылеватых или жирных глин - 28 суток.

4.3. Нагрузка при испытании свай-оболочек должна быть доведена до величины, вызывающей их осадку не менее чем на 40 мм.

Примечание. При заглублении нижних концов испытываемых свай-оболочек в скальные и крупно-обломочные грунты, а также плотные пески (гравелистые, крупные и средней крупности) минимальная осадка от максимальной нагрузки при испытании не нормируется.

Максимальная нагрузка в этом случае должна быть доведена до величины, предусмотренной программой испытаний, но не менее полуторной нормативной нагрузки на сваю-оболочку, определенной расчетом.

4.4. Для измерения осадки сваи-оболочки рекомендуется применять теодолит с винтовым окулярным микрометром МОВ-1-15$^{x}$ (ГОСТ 7865-56), а также любые приборы, дающие возможность измерять перемещения порядка 0,1 мм.

4.5. Порядок работы с теодолитом, оборудованным микрометром следующий.

4.5.1. На поверхность испытываемой сваи-оболочки наклеивается полоска ватмана с нанесенными на ней на расстоянии 40 мм двумя рисками.

4.5.2. Микрометр надевается на окулярную трубку теодолита до упора и закрепляется на ней винтом, после чего, вращая окуляр за накатанную часть, устанавливают его на резкость изображения перекрестия.

4.5.3. Выбирается стоянка теодолита на таком расстоянии от сваи-оболочки, чтобы величина ожидаемой осадки оболочки укладывалась в 2/3 поля зрения окуляра.

4.5.4. Производится тарировка прибора, которая начинается с совмещения риски подвижной сетки окуляра микрометра с одной из рисок, нанесенных на ватмане. На этом положении записывается показание барабана, а затем вращением барабана риска подвижной сетки совмещается со второй риской, нанесенной на ватмане.

Разделив разность отсчетов барабана на 40 (расстояние в мм между двумя рисками на ватмане), получаем число делений барабана, соответствующее 1 мм осадки сваи;

4.5.5. Производятся измерения осадок сваи-оболочки в процессе ее загружения, перед началом которого риска подвижной сетки окуляра микрометра совмещается с одной из рисок, нанесенных на ватмане.

После создания нагрузки, вызывающей соответствующую осадку сваи, вращением барабана риска подвижной сетки снова совмещается с той же риской на ватмане. Разность отсчетов по графику тарировки дает величину осадки сваи.

4.6. Статические испытания опытной сваи-оболочки производятся дважды.

Первое испытание производится в целях определения критической нагрузки, за которую принимается такая нагрузка, при

которой исчерпывается сопротивляемость грунта на боковой поверхности и на уровне низа сваи-оболочки.

Второе испытание производится после удаления грунта из полости сваи-оболочки и включает определение сопротивляемости грунта на наружной боковой поверхности по формуле

$$\bar{f}_н = \frac{R_{пр}}{u\ell}, \qquad (2)$$

где $R_{пр}$ – предельная нагрузка на сваю-оболочку, определяемая по результатам второго испытания;

$u$ – наружный периметр сваи-оболочки;

$\ell$ – глубина погружения оболочки в грунт.

Сопротивляемость грунта на внутренней боковой поверхности определяется по результатам первого и второго испытаний по формуле

$$\bar{f}_{вн} = \frac{R - R_{пр} - R_к}{u_{вн} h}, \qquad (3)$$

где $R$ – критическая нагрузка на сваю-оболочку, определяемая по результатам первого испытания;

$R_к$ – продольное усилие на уровне низа сваи-оболочки, соответствующее критической нагрузке $R$, определяемое по датчику, заложенному вблизи нижнего конца оболочки;

$u_{вн}$ – внутренний периметр сваи-оболочки;

$h$ – высота грунтового ядра в полости оболочки.

4.7. Статические испытания опытной сваи-оболочки, погружаемой с выемкой грунта и заполнением полости бетоном, производятся дважды.

Первое испытание производится после удаления грунта из полости сваи-оболочки и включает определение сопротивляемости грунта на наружной боковой поверхности по формуле

$$\bar{f}_н = \frac{R_{пр}}{ul} \qquad (4)$$

Второе испытание производится после заполнения полости бетоном и включает определение, помимо общей несущей способности $\bar{R}$ сопротивляемости грунта на уровне низа сваи-оболочки по формуле

$$\bar{r}_0 = \frac{\bar{R} - \bar{f}_н u l}{F_0} \qquad (5)$$

где $F_0$ - площадь поперечного сечения сваи-оболочки брутто.

4.8. Закладка датчиков продольных усилий в сваи-оболочки, полость которых заполняется бетоном, как правило, не требуется. Оснащение датчиками таких оболочек определяется необходимостью получения более полной информации о процессе вибрационного погружения в целях накопления данных о влиянии особенностей погружения на сопротивляемость грунтов основания осевым сдавливающим нагрузкам.

## 5. СТАТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ СВАЙ-ОБОЛОЧЕК, РАБОТАЮЩИХ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОСЕДАЮЩИХ СЛАБЫХ ГРУНТОВ

5.1. В сваи-оболочки, прорезающие слои слабых грунтов, сильная сжимаемость которых со временем может привести к реализации отрицательного трения, рекомендуется в процессе изготовления звеньев оболочек закладка датчиков продольных усилий. Установка датчиков производится с учетом их расположения по высоте на границах слоев грунта после погружения оболочки.

5.2. Сопротивляемость грунта на боковой поверхности оболочки в пределах слоя определяется по формуле

$$f_n = \frac{N_{n-1} - N_n}{u l}, \qquad (6)$$

где $N_{n-1}$, $N_n$ - продольные усилия в оболочке на границах слоев грунта $n-1$ и $n$, определяемые по датчикам.

5.3. Градуировку датчиков продольных усилий допускается производить в процессе испытаний свай-оболочек осевыми вдавливающими нагрузками.

Для оценки продольных усилий предварительно определяется модуль упругости бетона по формуле

$$E_б = \frac{N - n a_\varepsilon E_a F_a}{n a_\varepsilon F_б}, \qquad (7)$$

где $N$ - нагрузка на сваю-оболочку;

$F_a, F_б$ - площади поперечного сечения соответственно арматуры и бетона;

$a_ε$ - цена деления прибора в относительных деформациях, по которому производится отсчет сигнала рассогласования, поступающего от датчика;

$n$ - отсчет, в делениях прибора по верхнему датчику, соответствующий нагрузке $N$ ;

$E_a$ - модуль упругости арматуры.

Продольное усилие $N_n$ на границе слоев определяется по формуле

$$N_n = m b_ε (F_a E_a + F_б E_б), \qquad (8)$$

где $b_ε$ - цена деления прибора в относительных деформациях, расположенного на границе раздела " $n$ " слоев грунта;

$m$ - отсчет, в делениях прибора, по датчику, расположенному на границе раздела " $n$ ".

5.4. При отсутствии закладных датчиков продольных усилий сопротивляемости слоев грунта на боковой поверхности сваи оболочки, из полости которой удален грунт, могут быть определены по методике, основу которой составляет положение о том, что распределение внешней нагрузки между слоями при осадке пропорционально отношению $\frac{S}{S_a}$ и сопротивляемости грунта на боковой поверхности $f$

$$P = \frac{S}{S_{ai}} f_i u l_i + \frac{S}{S_{aj}} f_j u l_j , \qquad (9)$$

где $f_i$, $f_j$ – сопротивляемость грунта на боковой поверхности $i$-го и $j$-го слоев, тс/м$^2$;

$l_i$, $l_j$ – мощности слоев, м;

$u$ – периметр сваи-оболочки, м;

$S_{0i}$, $S_{0j}$ – предельные сдвиговые осадки, при которых происходит полная реализация сил сопротивления грунта на боковой поверхности, мм.

При $S = S_{0i} < S_{0j}$

$$P_{i(np)} = f_i u l_i + \frac{S_{0i}}{S_{0j}} f_j u l_j \qquad (10)$$

При $S = S_{0j} > S_{0i}$

$$P_{j(np)} = f_i u l_i + f_j u l_j \qquad (11)$$

Решая (10) и (11) уравнения совместно, получаем

$$\Delta P_{ji(np)} = f_j u l_j \left(1 - \frac{S_{0i}}{S_{0j}}\right) \qquad (12)$$

$$f_j = \frac{\Delta P_{ji(np)}}{u l_j \left(1 - \frac{S_{0i}}{S_{0j}}\right)} \qquad (13)$$

Здесь $\Delta P_{ji(np)}$ – разность нагрузок $P_{j(np)}$ и $P_{i(np)}$ соответствующих предельным сдвиговым осадкам $j$-го и $i$-го слоев грунта на боковой поверхности, тс.

5.5. Значения предельных сдвиговых осадок определяются по графикам нагрузка-деформация, на которых точки перелома позволяют установить величины этих осадок и соответствующие им сопротивления слоев грунта.

В том случае, когда точки перелома на графике нельзя выделить явно, значения предельных сдвиговых осадок допускается определять по таблице.

ПРЕДЕЛЬНЫЕ СДВИГОВЫЕ ОСАДКИ

| Наименование грунта | Предельная сдвиговая осадка $S_a$, мм |
|---|---|
| Супесь легкая пылеватая с гнездами песка, средней плотности | 3 |
| Супесь легкая пылеватая, насыщенная водой, средней плотности | 5 |
| Супесь пылеватая с растительными остатками, мягкопластичная | 7 |
| Суглинок тугопластичный | 8 |
| Суглинок пылеватый с гравием, мягкопластичный (морена) | 10 |
| Суглинок пылеватый слоистый, мягкопластичный | 15 |
| Суглинок пылеватый ленточный, мягкопластичный | 18 |
| Глина пылеватая ленточная, тугопластичная | 22 |
| Глина пылеватая ленточная, мягкопластичная | 25 |

ПРИМЕЧАНИЕ. Если грунтовые условия строительной площадки аналогичны условиям близ расположенной территории, для которой уже имеются данные статических испытаний свай-оболочек или свай, из которых следует, что несущая способность оболочек определяется в основном сопротивляемостью грунта на боковой поверхности, то по согласованию с проектной организацией - автором проекта допускается проведение статических испытаний по схеме "оболочка в оболочке" (см.приложение 1).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
рекомендуемое

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СВАЙ-ОБОЛОЧЕК ОСЕВЫМИ ВДАВЛИВАЮЩИМИ НАГРУЗКАМИ ПО СХЕМЕ "ОБОЛОЧКА В ОБОЛОЧКЕ"

При проведении испытаний предполагается наличие на строительной площадке оболочек двух диаметров, меньшая из которых может быть размещена в полости большей (например, свай-оболочек диаметрами 1,6 и 1,2 м с толщинами стенок 0,12 м).

1. Последовательность проведения подготовительных работ со сваями-оболочками.

1.1. Производится погружение рядовой сваи-оболочки диам.1,6 м.

1.2. Производится выемка грунта из полости оболочки до отметки, на два метра превышающей отметку ее низа.

1.3. В полость погруженной оболочки устанавливается свая-оболочка диам.1,2 м на два метра длиннее погруженной и производится ее вибропогружение с отметки верха грунтовой пробки до отметки, расположенной на два метра ниже низа оболочки диам.1,6 м.

1.4. Производится бетонирование внутренней полости оболочки диам.1,2 м.

2. Последовательность проведения подготовительных работ с анкерующими и загрузочными устройствами.

2.1. На подготовленное бетонное основание устанавливаются гидродомкраты.

2.2. К шпилькам с резьбой, выходящим из бетона верхнего

звена свай-оболочки крепится переходный наголовник от вибратора, который предварительно усиливается ребрами жесткости и оборудуется упорной балкой, рассчитанной на усилие, развиваемое домкратами.

2.3. К головным фланцам обеих оболочек привариваются стрежни, оканчивающиеся пластинками, на которые наклеиваются полоски ватмана с нанесенными на них рисками (см.п.4.5.1 Указаний).

3. Последовательность проведения статических испытаний свай-оболочки диаметром 1,2 м.

3.1. Производятся испытания свай-оболочки осевыми вдавливающими нагрузками в соответствии с ГОСТ 5686 -69."Сваи и сваи-оболочки. Методы полевых испытаний."

3.2. Сопротивляемость грунта на уровне низа свай-оболочки $\tau_0$ определяется по графику зависимости осадки (перемещения) от нагрузки $S = \varphi(P)$

Для этого следуя по направлению штриховой линии со стрелками, приняв за исходную точку начала движения величину предельной сдвиговой осадки $S_0$ для самого слабого слоя грунта, прорезаемого сваей-оболочкой (см.график $S = \varphi(P)$ на рисунке.

Примечание. Значения предельных сдвиговых осадок для самого слабого слоя грунта следует определять в соответствии с рекомендациями п.5.5 настоящего РТМ, причем для определения сдвиговых осадок используются графики $S = \varphi(P)$, построенные по результатам испытаний свай-оболочек, из полостей которых полностью удален грунт.

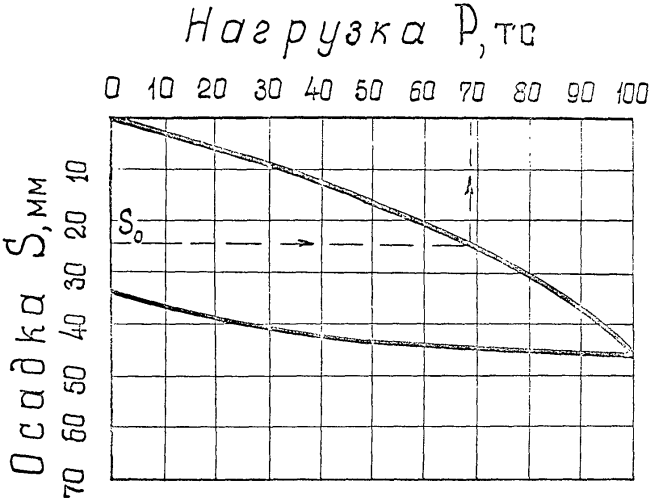


Рис. График зависимости осадки сваи-оболочки от нагрузки

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
справочное

# П Е Р Е Ч Е Н Ь
## ЗАИМСТВОВАННЫХ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

ГОСТ 5686-69 Сваи и сваи-оболочки. Методы полевых испытаний.

СНиП II-Б.5-67 Свайные фундаменты. Нормы проектирования.

СНиП II-51-74 Гидротехнические сооружения морские. Основные положения проектирования.

Инструкция по нестандартным испытаниям свай статическими нагрузками. Союзморниипроект, М., 1966, 39 с.

МСН 171-71 Минмонтажспецстрой — Указания по расчету трубчатых железобетонных свай диаметром $0,8 < Д \leqslant 1,6$ м на вертикальную и горизонтальную нагрузки. ЦБНТИ, М., 1971, 39 с.

Рекомендации по учету сил отрицательного трения при проектировании свайных фундаментов. НИИОСП, М., 1972, 30 с.

# С О Д Е Р Ж А Н И Е


| | Стр. |
|---|---|
| 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ..... | 1 |
| 2. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ ..... | 3 |
| 3. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ГРАДУИРОВКА ДАТЧИКОВ, РАЗМЕЩЕННЫХ В ЗВЕНЬЯХ ПРЕДНАПРЯЖЕННЫХ СВАЙ-ОБОЛОЧЕК ..... | 3 |
| 4. СТАТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ СВАЙ-ОБОЛОЧЕК ОСЕВЫМИ ВДАВЛИВАЮЩИМИ НАГРУЗКАМИ ..... | 4 |
| 5. СТАТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ СВАЙ-ОБОЛОЧЕК, РАБОТАЮЩИХ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОСЕДАЮЩИХ СЛАБЫХ ГРУНТОВ ..... | 9 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Методика статических испытаний свай-оболочек осевыми вдавливающими нагрузками по схеме "оболочка в оболочке" (рекомендуемое)..... | 14 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Перечень заимствованных нормативно-технических документов (справочное) | 17 |


gost.e-ecolog.ru