НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
(ЦНИИС)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ СВАЙ МЕТОДОМ ЭЛДИ

Москва
2002

gost.e-ecolog.ru

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
(ЦНИИС)

Утверждаю:
Зам. генерального директора
по науке, д-р техн. наук
А. А. Цернант

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ СВАЙ МЕТОДОМ ЭЛДИ

Москва
2002

Методические рекомендации по проведению полевых испытаний свай методом ЭЛДИ. – М., ЦНИИС, 2002, с. 36.

© НИИ транспортного строительства (ЦНИИС), 2002 г.

Содержание

Предисловие 5

1. Общие положения 8

2. Принципы и теоретические основы метода ЭЛДИ 11

3. Нагружающие устройства 13

4. Измерительные приборы и регистрирующая аппаратура 15

5. Проведение статических испытаний свай 19

6. Проведение динамических испытаний свай 23

7. Обработка и представление результатов испытаний 26

8. Техника безопасности при производстве работ 30

9. Технический контроль и приемка работ 34

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современная практика строительства фундаментов различного назначения направлена на применение свай большой мощности, несущая способность которых достигает более 1000 т. Уменьшение количества свай в сооружениях снижает материалоемкость и трудовые затраты строительства, сокращает его окупаемость и сроки. Вместе с тем значительно возрастает роль полевых испытаний свай, проводимых для обоснования правомерности, подтверждения надежности и качества конструктивно-технологических решений и разработок фундаментов.

Производство полевых испытаний свай регламентировано в России требованиями ГОСТ 5686. Испытания проводятся на стадиях инженерных изысканий, проектирования и в ходе строительства объектов. Сваи нагружаются статическими нагрузками, как правило, до разрушения (статические испытания) или динамическими нагрузками стандартных сваебойных средств с обработкой результатов по упрощенной формуле Н. М. Герсеванова (динамические испытания).

Статические испытания дают весьма точную информацию о несущей способности свай, однако чрезвычайно трудоемки, сопряжены с техническими трудностями подачи и реактивного восприятия испытательных нагрузок, продолжительны во времени. В силу разрушающего характера испытаний сваи не могут быть использованы в дальнейшем и подлежат выбраковке.

Динамические испытания – более оперативны, менее трудоемки, чем статические. После проведения испытаний сваи не выбраковываются. Тем не менее, получаемые результаты в большинстве случаев не согласуются с результатами статических испытаний, оказываются приближенными, несущая способность свай не может быть определена с достаточной достоверностью.

Существенным недостатком обоих видов испытаний является также отсутствие сведений о распределении несущих спо-

собностей по боковым поверхностям и подошвам конструкций, практическая невозможность проведения испытаний свай, обладающих несущей способностью по грунту более 300–400 тс. Таким образом, информационная обеспеченность для свай большой мощности в настоящее время фактически отсутствует, надежность и качество фундаментов с применением таких свай требуют неотложного практического разрешения.

Указанных недостатков и несогласованностей в значительной мере можно избежать путем проведения испытаний свай методом ЭЛДИ. Этот метод представляет собой модифицированные для отечественных условий известные методы TNO и PDA, широко применяемые за рубежом в последние 10–12 лет.

Метод испытания свай ЭЛДИ, разработанный в содружестве ОАО ЦНИИС, НИИОСП им. Н. М. Герсеванова, компанией ISOTOP Ltd (Израиль) и фирмой «ЭЛГАД», прошел практическую апробацию на строительстве фундаментов 3-его транспортного кольца и промышленно-гражданской инфраструктуры г. Москвы в 2000–2001 гг. Полученные результаты в высокой степени согласуются с результатами контрольных испытаний свай статической нагрузкой. Метод надежен, оперативен, достаточно экономичен. Мощность свай, подлежащих испытаниям, не ограничивается. Предоставляемая методом возможность раздельной оценки несущей способности свай по их боковым поверхностям и подошвам обеспечивает осуществимость эффективного выбора наиболее целесообразных и рациональных конструктивно-технологических решений свайных фундаментов.

Настоящие Методические рекомендации разработаны в ОАО ЦНИИС на основе накопленного опыта испытания свай, «Технологического регламента проведения полевых испытаний несущей способности свай методом ЭЛДИ» (М., ЦНИИС–НИИОСП им. Н. М. Герсеванова, 2001).

Разработка выполнена ведущими специалистами ОАО ЦНИИС: зав. отделением ИТА канд. техн. наук Ю. В. Новаком, гл. научным сотрудником ИТА д-ром физ.-мат. наук В. А. Робсманом, ст. научным сотрудником канд. техн. наук Ф. М. Тер-Микаэляном с участием канд. техн. наук Н. Гадаева, канд. техн. наук В. В. Новака, инженеров Х. Дели и М. Шейнера. Оформление

Методических рекомендаций выполнено ст. лаборантом А. А. Ахапкиным.

Методические рекомендации согласованы с профильными управлениями Корпорации «Трансстрой», ведущими проектными институтами РФ – ГП «Мосинжпроект» и ОАО «Трансмост».

Замечания и предложения просим направлять по адресу: 129329, Москва, ул. Кольская, д. 1, ОАО ЦНИИС.

Зам.генерального директора
по научной работе, д-р техн. наук А. А. Цернант

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Методические рекомендации определяют проведение полевых испытаний несущей способности свай методом ЭЛДИ, включая подготовку конструкций, использование оборудования и измерительной аппаратуры, подачу испытательной нагрузки, получение и обработку информации, представление и сдачу-приемку результатов испытаний, а также технику безопасности и контроль качества работ в процессе их производства.

1.2. Методические рекомендации предназначены для использования при выполнении полевых испытаний свай всех видов, в том числе призматических, цилиндрических, свай-оболочек, с уширенной пятой, висячих, свай-столбов и др. (далее свай), независимо от их материала, способа погружения или устройства в грунте (забивных, вибропогружаемых, буронабивных и т.п.), проводимых в комплексе проектно-изыскательских работ и контрольных испытаний при строительстве объектов транспортного, гидротехнического и промышленно-гражданского назначения.

1.3. Методические рекомендации разработаны в развитие ГОСТ 5686, «Технологического регламента проведения полевых испытаний несущей способности свай методом ЭЛДИ» и распространяются на проведение испытаний свай, погруженных в любые грунты за исключением вечномерзлых, просадочных и набухающих, подверженных тектоническим изменениям или сейсмическим воздействиям, требующих специального изучения для научно-исследовательских целей.

1.4. При производстве работ с использованием настоящих Методических рекомендаций должны выполняться требования и указания следующих нормативных и научно-технических документов:

СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты».

СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений».

СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты».

СНиП 3.06.04-91 «Мосты и трубы».

СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия».

СНиП 3.01.01-85* «Организация строительного производства».

МГСН 2.07-97 «Основания, фундаменты и подземные сооружения».

СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства».

ГОСТ 5686 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями».

Контроль качества на строительстве мостов. М., «Гипростроймост», 1994.

Правила производства земляных и строительных работ, прокладки и переустройства инженерных сетей и коммуникаций в г. Москве. Правительство Москвы. Постановление № 603 от 08.08.2000 г..

Методические указания по применению импульсной акустической диагностики (ИНАД) для контроля сплошности и неоднородности буронабивных свай. М., ЦНИИС, 2000.

Технологический регламент проведения полевых испытаний несущей способности свай методом ЭЛДИ. М., ЦНИИС–НИИОСП им. Н. М. Герсеванова, 2001.

1.5. Метод испытания свай ЭЛДИ, модифицирующий известную технологию TNO, прошел научно-техническую и практическую апробацию с положительной оценкой в ОАО ЦНИИС, НИИОСП им. Н. М. Герсеванова и на строительстве свайных фундаментов 3-его транспортного кольца и промышленно-гражданской инфраструктуры г. Москвы. Это нашло отражение в следующих документах:

Научно-технический отчет по теме ИТА-2000-0110 «Адаптация и внедрение метода TNO испытания свай». М., ЦНИИС, 2000.

Анализ экспериментально-теоретических основ и практических результатов испытаний свай методом ЭЛДИ. Заключение. М., НИИОСП им.Н. М. Герсеванова, 2000.

О результатах анализа теоретических основ и достоверности результатов натурных измерений метода ЭЛДИ для статических и динамических испытаний буронабивных свай. Техническое заключение. М., ЦНИИС, 2000.

Разработка Методических рекомендаций по испытаниям свай ударной нагрузкой по методу ЭЛДИ с учетом специфики ПГС. Технический отчет. М., НИИОСП им. Н. М. Герсеванова, 2001.

2. ПРИНЦИПЫ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДА ЭЛДИ

2.1. Метод ЭЛДИ предназначен для определения несущей способности и деформативности свай по грунту с оценкой составляющих по боковой поверхности и установлением зависимости перемещений свай в грунте от нагрузки путем их испытаний в условиях строительной площадки объекта (полевые испытания), проводимых в комплексе проектно-изыскательских работ и контрольных испытаний при строительстве.

2.2. Полевые испытания свай в методе ЭЛДИ производятся осевыми вдавливающими нагрузками, прикладываемыми к «головам» свай в виде ступенчато-возрастающих статических (статические испытания) и ударных динамических (динамические испытания) усилий. Испытания проводятся без нанесения ущерба работоспособности, прочности и несущей способности свай по специальным программам, утверждаемым в установленном порядке.

2.3. Динамические испытания в методе ЭЛДИ являются основными по объему получаемой информации. Количество свай, подлежащих динамическим испытаниям, устанавливается Техническим заданием проектной организации или заказчиком объекта с учетом требований ГОСТ 5686 и СНиП 3.02.01-87 относительно общего количества испытываемых свай.

2.4. Статические испытания в методе ЭЛДИ носят вспомогательный характер, выполняются только для корреляции (калибровки) результатов, получаемых при динамических испытаниях в заданных группах свай, погруженных в грунты с достаточно близкими (идентичными) физико-механическими свойствами. Необходимость проведения статических испытаний устанавливается руководителем работ по результатам анализа инженерно-геологических изысканий с учетом имеющегося в его распоряжении банка данных.

2.5. В процессе статических испытаний получают непосредственную (прямую) информацию о перемещениях сваи в грунте и напряжениях в ней, возникающих реактивных сопротивлениях грунта по боковой поверхности и острию сваи при ее одноосном сжатии. Работы по выполнению статических испытаний реализуют прямые методы наблюдений.

2.6. В процессе динамических испытаний получают опосредованную (непрямую) информацию о состоянии материалов и поведении сваи в грунте в виде экспериментальных параметров прохождения ударной волны, инициируемой приложением к свае соответствующей ударной нагрузки. Работы по выполнению динамических испытаний реализуют косвенные методы наблюдений.

2.7. Взаимодействие свай с грунтом в обоих видах испытаний по методу ЭЛДИ аппроксимируется расчетными моделями, содержащими пружины, демпферы и добавочные массы.

2.8. Адаптация результатов динамических испытаний свай в методе ЭЛДИ к искомым параметрам по п. 2.1 основана на теории распространения ударной волны в одноосном прямолинейном стержне, находящимся в квазиупругой среде

2.9. Параметры, определяющие сплошность материалов, длины и прочностные характеристики свай, используемые для решения уравнений по п. 2.8, вводятся в уравнения по результатам акустического контроля, проводимого для каждой испытываемой сваи методами SONYC с помощью прибора PET или ИНАД (импульсной нелинейной акустической диагностики) по разработке ОАО ЦНИИС.

3. НАГРУЖАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

3.1. Нагружающие устройства в методе ЭЛДИ обеспечивают приложение к головам свай испытательных нагрузок, тарированных в заданном силовом и временном режимах. При этом нагрузки на испытываемые сваи должны передаваться центрально и соосно.

3.2. Для выполнения статических испытаний в методе ЭЛДИ применяют установки по ГОСТ 5686, в которых испытательная нагрузка на головы свай создается за счет давления гидравлических домкратов.

3.3. При статических испытаниях свай, использующих установки с анкерными сваями, количество последних следует назначать в зависимости от величины испытательной нагрузки и предельного сопротивления (несущей способности) анкерных свай выдергиванию по грунту, а также прочности их материала на растяжение.

При недостаточной несущей способности и прочности анкерных свай или в случаях их отсутствия в установках статического испытания применяют пригрузы.

3.4. Глубина погружения или заложения анкерных свай в установках статического испытания не должна превышать глубины погружения или заложения испытываемой сваи.

3.5. Расстояния в осях от статически испытываемой призматической или цилиндрической сваи с наибольшим размером (диаметром) поперечного сечения $d \leq 800$ мм до анкерной или ближайшей опоры грузовой платформы, а также до опор реперной установки должны быть не менее трех наибольших размеров поперечного сечения испытываемой сваи и не менее 1,5 м.

3.6. При статических испытаниях свай-оболочек, набивных свай диметром более 800 мм, свай с уширенной пятой, а также винтовых свай расстояния между испытываемой и анкерной сваями в свету допускается уменьшать до $2d$, где d – диаметр

сваи-оболочки, набивной сваи, уширенной пяты или завинчивающейся лопасти.

3.7. Предельный прогиб конструкции, служащей упором для домкратов в установках статического испытания свай, ограничивается величиной 0,004 от ее расчетного пролета. Все элементы установок должны быть рассчитаны на нагрузку, превышающую на 20% наибольшую испытательную нагрузку.

3.8. При выполнении динамических испытаний в методе ЭЛДИ испытательная нагрузка интерпретируется ударами по «головам» свай, не приводящими к разрушению конструкций и потере их работоспособности.

3.9. Для проведения динамических испытаний применяют установки-стенды, основным рабочим элементом которых является молот, сбрасываемый на «головы» испытываемых свай по направляющей штанге с заданной высоты. «Головы» свай снабжаются стальными опорными плитами (наковальнями), принимающими удары молота. Между плитами и молотом вводится демпфирующая прокладка из упругого материала, обеспечивающая гашение высокочастотной составляющей удара при испытаниях.

3.10. Молот, предназначенный для проведения динамических испытаний, должен свободно перемещаться по направляющей штанге. В конструкции молота следует предусматривать возможность изменения развиваемой энергии удара при обязательном удовлетворении следующих требований:

- Несоосность перемещения молота относительно продольной оси сваи не допускается более 5° по высоте и 10 мм по горизонтали.
- Осадка сваи от одного удара молота не должна превышать 7 мм при оптимальной величине 2–3 мм.
- Высота сбрасывания (падения) и вес молота должны быть регулируемыми.

3.11. При удовлетворении условий пп. 3.8 и 3.10 в качестве нагружающего устройства для выполнения динамических испытаний в методе ЭЛДИ могут также применяться другие установки, в том числе стандартные сваебойные средства согласно ГОСТ 5686.

4. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И РЕГИСТРИРУЮЩАЯ АППАРАТУРА

4.1. Измерительные приборы и регистрирующая аппаратура в методе ЭЛДИ обеспечивают получение и передачу на обработку в ПЭВМ информации (сигналов) о загружении свай, их состоянии и поведении в грунтовом массиве в процессе испытаний, включая данные о величинах подаваемых нагрузок, перемещениях конструкций и распределении напряжений в них, распространении ударной волны и т.п.

4.2. Типовое (обычное) использование и размещение измерительных приборов в зависимости от вида выполняемых испытаний свай приведено в табл. 1. По условиям производимых работ допускается замена приборов на аналогичные с теми же характеристиками.

4.3. Измерительные приборы по п. 4.2 должны быть предварительно тарированы. Перед использованием приборов на испытаниях следует произвести их внеочередную поверку. Класс точности – наибольшие погрешности измерительных приборов должны удовлетворять требованиям табл. 2.

4.4. Измерительные приборы, используемые для испытаний свай, должны быть защищены от непосредственного воздействия солнечных лучей (инсоляции), сильного ветра, песчаной пыли и атмосферных осадков.

4.5. При работе с прогибомерами следует использовать стальную проволоку диаметром 0,3 мм, которая перед началом измерений должна быть подвергнута предварительному растяжению в течение двух дней грузом в 4 кгс. При производстве испытаний величина груза на проволоке должна составлять 1,0–1,5 кгс.

4.6. Реперная система для установки прогибомеров и места размещения нивелиров должны быть изолированы от случайных толчков в процессе работы, а их конструкции – исключать возможность температурных и иных деформаций, в том числе вследствие консолидации и внутреннего сдвига грунтов.

4.7. Регистрирующая аппаратура системы PDA, задействованная в комплексе с измерительными приборами (см. табл. 1), включает в себя аналого-цифровой преобразователь (АЦП) сигналов и специализированный компьютер с эксклюзивным программным обеспечением PDA-W и CAPWAPE. Возможно также использование программ CASE, Impedance и WAVE DLT Signal Matching.

Таблица 1

Типовое использование измерительных приборов в методе ЭЛДИ

№ п/п	Измерительный прибор	Назначение	Размещение	Колво, шт.
Статические испытания				
1	Манометр образцовый	Контроль нагружения	Насосная станция	1
2	Прогибомер ПМ-3	То же перемещения (осадка) сваи	Реперная система	≥2
3	Индикатор-дефлектометр	То же горизонтальное	Оголовок сваи	≥4
4	Тензодатчик VW Strain Gauge	Измерение нормальных напряжений в свае	Армокаркас по рис. 6	14
5	Термограф-автомат КСП-4	То же температур воздуха, °С	Стройплощадка	1
6	Силоизмеритель-динамомстр	Контроль величины нагружения	Оголовок сваи	1
Динамические испытания				
7	Акселерометр	Измерение скорости ударной волны	Боковая поверхность сваи*	2
8	Тензодатчик VW Strain Gauge	То же нормальных напряжений в свае	То же	4
9	Нивелир в комплекте с рейкой	То же осадки сваи	На расст. 3–5 м от сваи	1
10	Термограф-автомат КСП-4	То же температур воздуха, °С	То же	1

Примечания.

1. Поз. 5 и 9 допускается заменять на ртутные термометры со шкалой измерений от -50 до +50 °С;

2. Поз. 6 и 7 монтируются в едином блоке с размещением (*) от верха сваи на расстоянии 2–3 наибольшего размера ее поперечного сечения (диаметра), но не менее 1,5 м.

Таблица 2

Класс точности и наибольшие погрешности измерительных приборов

№ п/п	Наименование по п. 4.2	Показатель точности – погрешности	Нормированная величина
1	Манометр образцовый	Класс точности	0,6 %
2	Прогибомер ПМ-3	Цена деления	0,10 мм
3	Индикатор-дефлектометр	Точность отсчета	0,01 мм
4	Тензодатчик VW Strain Gauge	Погрешность измерения относит. деформаций	$0,5 \times 10^{-6}$
5	Термограф-автомат КСП-4	Наибольшая погрешность измерения	0,5 %
6	Акселерометр	Диапазон линейной регистрации сигнала	1000÷7500 Гц
7	Нивелир (в комплекте с рейкой)	Наибольшая погрешность измерения	0,5 мм
8	Силоизмеритель-динамометр	Класс точности	0,5 %

4.8. В процессе производства испытаний система PDA записывает и обрабатывает сигналы, получаемые от измерительных приборов, выдает предварительные текущие результаты испытаний, которые используются при выполнении работы, в том числе для корректировки, регулирования энергии удара, высоты подъема молота по п. 3.10.

4.9. По окончании испытаний система PDA с помощью программы CAPWAP производит интегральную обработку полученной информации и представляет результаты испытаний в цифровом и графическом отображениях в виде следующих данных:

- статическое и динамическое сопротивление сваи с элементами зависимости (графиком) «нагрузка-осадка» по ступеням нагружения и во времени;
- наибольшее сжатие-растяжение сваи;
- несущая способность сваи на сжатие по грунту с распределением по острию (подошве) и боковой поверхности;
- передаваемая эффективная энергия и соосность удара;
- скорость распространения и затухания ударной волны.

4.10. Регистрирующая аппаратура по п. 4.7 должна устанавливаться на расстояниях не ближе 5 м от испытываемой сваи и 20 м от источников магнитного излучения.

Применяемые в методе ЭЛДИ электронные измерительные приборы и регистрирующая аппаратура могут эксплуатироваться при температурах наружного воздуха от -20 до +65°С и его влажности от 45 до 95%.

5. ПРОВЕДЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СВАЙ

5.1. Статические испытания свай в методе ЭЛДИ выполняются в случае установленной необходимости согласно п. 2.4. Испытания проводятся до условной стабилизации осадки сваи, которая может приниматься на уровне 40–42 мм (без сохранения работоспособности сваи) или на уровне до 7–8 мм с сохранением работоспособности сваи.

5.2. Проведение статических испытаний свай предусматривает последовательное выполнение следующих операций:

1) Установка (монтаж) тензодатчиков VW Strain Gauge на арматурном каркасе испытываемой сваи выполняется по специальной схеме. Датчики должны быть приварены точечной сваркой к продольным стержням каркаса на предварительно зачищенные площадки, снабжены защитными экранами (изоляцией) и рассекателями бетона. Электрические выводы датчиков помещают в металлические трубки и выводят на поверхность к регистрирующей аппаратуре по п. 4.7.
2) Изготовление (погружение) испытываемой сваи по заданной технологии.
3) Размещение и закрепление на голове испытываемой сваи индикаторов-дефлектометров, коммутирование и присоединение индикаторов к регистрирующей аппаратуре.
4) Монтаж и раскрепление анкерующей системы, нагружающего устройства (установки) на испытываемой свае, включая гидравлические домкраты, присоединение домкратов к насосной станции с подключением манометра по п. 4.2.
5) Оборудование испытательной площадки реперной установкой с прогибомерами ПМ-3, установка на площадке термографа-автомата КСП-4 (термометра) по пп. 4.2 и 4.6.
6) Пробное включение измерительной системы с проверкой ее работоспособности по всей цепи получения и обработки испытательной информации.

7) Подача испытательной нагрузки на голову сваи, снятие и обработка испытательной информации, представление результатов испытаний.

5.3. Испытание статической вдавливающей нагрузкой (статические испытания) забивных свай следует начинать после их «отдыха» согласно ГОСТ 5686.

Для свай, погруженных другими способами, начало испытаний устанавливается соответствующей программой, но не ранее чем через 1 сутки после их погружения.

Бетонные и железобетонные сваи, в том числе буронабивные, можно испытывать после достижения бетоном свай не менее 80% проектной прочности по результатам испытаний контрольных кубов или с применением неразрушающих методов по действующим нормативным документам.

5.4. Сваи с разрушенной «головой», предназначенные для статического испытания, должны быть обрублены, а торцевая поверхность обрубленного ствола выровнена надбетонкой высокопрочного материала с образованием плоскости, имеющей отклонение от проектного положения не более 1/100 и единичные (2–3) сколы бетона размером не более 2 см.

5.5. Загружение испытываемой сваи следует производить равномерно, без ударов, ступенями нагрузки, величина которых определяется программой испытаний, но не более 1/10 предполагаемой ее несущей способности.

5.6. При заглублении нижних концов свай в крупнообломочные грунты, гравелистые и плотные пески, а также в глинистые грунты твердой консистенции допускается при испытании первые три ступени нагрузки принимать равными 1/5 предполагаемой несущей способности сваи.

5.7. На каждой ступени загружения сваи снимают отсчеты (испытательную информацию) по всем приборам с интервалами 15–30 мин до затухания перемещения (осадки) сваи, именуемого ее условной стабилизацией.

5.8. За условную стабилизацию сваи принимается скорость ее перемещения в грунте согласно ГОСТ 5686:

– не более 0,1 мм за последний час наблюдений, если под нижним концом испытываемой сваи залегают песчаные грунты

или глинистые грунты от твердой до тугопластичной консистенции;

– не более 0,1 мм за последние 2 ч наблюдений, если под нижним концом сваи залегают глинистые грунты от мягкопластичной до текучей консистенции.

5.9. При испытании свай фундаментов мостов осадку сваи на данной ступени загружения считают стабилизированной, если она составляет:

– не более 0,1 мм за последние 30 мин наблюдений при опирании сваи на крупнообломочные и песчаные грунты, а также в случае глинистых грунтов твердой консистенции;

– не более 0,1 мм за последний час наблюдений при опирании сваи на глинистые грунты полутвердой и тугопластичной консистенции.

5.10. При отсутствии условной стабилизации в течение суток статические испытания сваи прекращают независимо от величины ее осадки.

5.11. Наибольшая нагрузка, передаваемая на сваю при выполнении статических испытаний, не должна превышать ее полуторной расчетной величины, определенной проектом сооружения.

5.12. Разгрузку испытываемых свай производят после достижения наибольшей нагрузки по п. 5.11 ступенями, равными удвоенным величинам ступеней загружения.

Наблюдения за перемещением (осадкой) сваи необходимо вести на каждой ступени разгрузки в течение 15 мин. После полной разгрузки (до нуля) наблюдения за перемещением сваи следует вести в течение 30 мин – при песчаных грунтах, залегающих под нижним концом сваи, и в течение 1 ч – при глинистых грунтах.

5.13. Результаты испытаний оформляют в виде таблиц параметров свай по п. 2.1, диаграмм и графиков зависимостей осадок (перемещений) от нагрузок $S = f(P)$, изменения осадок во времени по ступеням нагружения $S = f(t)$, сопротивления свай по боковым поверхностям R_{bi} на заданных глубинах заложения h_i в зависимости от величин приложенных нагрузок $R_{bi} = f(P,h_i)$.

5.14. В процессе статических испытаний свай следует вести

«Журнал полевого испытания сваи статической вдавливающей нагрузкой» по форме, установленной ГОСТ 5686. Допускается применять журналы иной формы, содержание которых должно быть согласовано с заказчиком испытаний свай (потребителем продукции).

6. ПРОВЕДЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СВАЙ

6.1. Динамические испытания свай в методе ЭЛДИ выполняются при обнажении боковых поверхностей испытываемых свай на глубину от поверхности грунта (уровня приложения нагрузки) до 2,5d их наибольшего размера поперечного сечения (диаметра), но не менее 1,2 м.

6.2. Бетонные и железобетонные сваи, в том числе буронабивные, предназначенные для динамических испытаний, не должны иметь трещин с раскрытием более 0,2 мм, а также сколов в бетоне, уменьшающих их поперечные сечения более чем на 15%.

Прочность бетона свай к моменту их испытаний должна составлять не менее 80% его проектной прочности по результатам испытаний контрольных кубов или с применением неразрушающих методов контроля по действующим нормативным документам.

6.3. Проведение динамических испытаний предусматривает последовательное выполнение следующих операций:

1) Обработка и усиление оголовка испытываемой сваи путем его зачистки и укладки на нем слоя материала толщиной до 80 см с прочностью на сжатие к моменту подачи на сваю ударной испытательной нагрузки не менее 40 МПа, обладающего, как правило, повышенной ударной вязкостью и сопротивляемостью на срез и растяжение (например, сталефибробетона). Укладка материала усиления оголовка производится обычно внутри стальной обечайки-обоймы, надеваемой на «голову» сваи. Поверхность оголовка после усиления должна быть строго горизонтальной и ровной, пригодной для размещения на ней опорной плиты (наковальни) по п. 3.8.
2) Размещение на боковой поверхности испытываемой сваи на расстоянии не ближе 20 см от нижнего обреза обечайки и не менее 2d от верха оголовка сваи двух диаметрально расположенных измерительных блоков, состоящих из приборов 6 и 7

по п. 4.2. Предварительно на боковой поверхности сваи должны быть устроены (зачищены) соответствующие опорные площадки. Измерительные блоки крепятся на теле сваи с помощью забуриваемых болтов, коммутируются и присоединяются к регистрирующей аппаратуре.

3) Монтаж нагружающего устройства по п. 3.8, включая установку на «голову» (оголовник) сваи наковальни и молота на направляющей штанге с введением между молотом и наковальней демпфирующей прокладки из упругого материала. Наковальня крепится к оголовку сваи анкерными болтами.
4) Оборудование на строительной площадке места для размещения нивелира, установка в зоне проведения испытаний термографа-автомата КСП-4 или ртутного термометра.
5) Пробное включение измерительной системы с проверкой ее работоспособности по всей цепи получения (съема) и обработки испытательной информации, проведение первого нивелирования положения сваи.
6) Подача ударной испытательной нагрузки по п. 3.9 на «голову» сваи, снятие и обработка испытательной информации, представление результатов испытаний.

6.4. Нивелир по п. 6.3.4 должен находиться в зоне свободного доступа, обеспечивать ясную видимость испытываемой сваи.

6.5. Подача ударной испытательной нагрузки на «голову» сваи по п. 6.3.6 (проведение динамического испытания) производится последовательно выполняемыми циклами:

- подъем молота на заранее определенную расчетом высоту;
- сброс молота по направляющей штанге, передача энергии удара молота на сваю;
- регистрация величины осадки сваи по нивелиру и сигналов, полученных от измерительных блоков по п. 4.2;
- компьютерная обработка полученной информации, принятие оперативного решения о высоте подъема молота в очередном цикле.

6.6. В ходе динамического испытания высота подъема молота должна увеличиваться от цикла к циклу. Критерием завершения циклов подачи нагрузки и испытания в целом является получение качественных, четких сигналов от измерительных

блоков по п. 4.2 при просадке сваи до 2–3 мм.

6.7. В процессе динамических испытаний свай следует вести «Журнал полевого испытания сваи динамической нагрузкой» по аналогии с соответствующим журналом ГОСТ 5686.

Результаты испытаний оформляются в виде таблиц параметров свай по 2.1, диаграмм и графиков, аналогичных получаемым при статических испытаниях по п. 5.12 при соответствующей расчетной экстраполяции осадок, а также зависимостей скорости перемещения свай от величины энергии удара (силы), прикладываемой к конструкциям.

7. ОБРАБОТКА И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

7.1. Результаты испытаний свай по пп. 5.12 и 6.7 являются стандартными распечатками системы PDA, получаемыми в ходе обработки сигналов измерительной системы с помощью программ PDA-W и CAPWAPE при учете корреляций и моделирования по пп. 2.4 и 2.7 на базе решения исходного дифференциального уравнения п. 2.8. (рис 1, 2).

7.2. Несущие способности свай по грунту, входящие в комплекс параметров по п. 2.1, вычисляются программой CAPWAPE путем обработки графиков «осадка-нагрузка» $S = f(P)$ с использованием методов «шести мм», «касательных» и Дэвиссона (рис. 3):

- по методу «шести мм» несущая способность сваи определяется абсциссой точки пересечения горизонтальной прямой, находящейся на уровне 6 мм от начала графика «осадка-нагрузка», с этим графиком;
- по методу «касательных» несущая способность сваи определяется абсциссой точки пересечения касательных, проведенных к началу и наибольшему наполнению графика «осадка-нагрузка»;
- по методу Дэвиссона несущая способность сваи определяется абсциссой точки пересечения прямой, параллельной линии упругой осадки сваи и расположенной в 10 мм от начала графика «осадка-нагрузка», с этим графиком.

7.3. За истинную (реальную) несущую способность сваи по грунту в методе ЭЛДИ принимается наибольшее значение, рассчитанное по программе CAPWAPE в соответствии с п. 7.2.

7.4. Расчет несущей способности свай по грунту, проводимый в комплексе проектно-изыскательских работ, рекомендуется выполнять апробированным в ОАО ЦНИИС методом конечных элементов (МКЭ) с использованием программы к ЭВМ COSMOS/M (USA), который позволяет вычислять составляющие

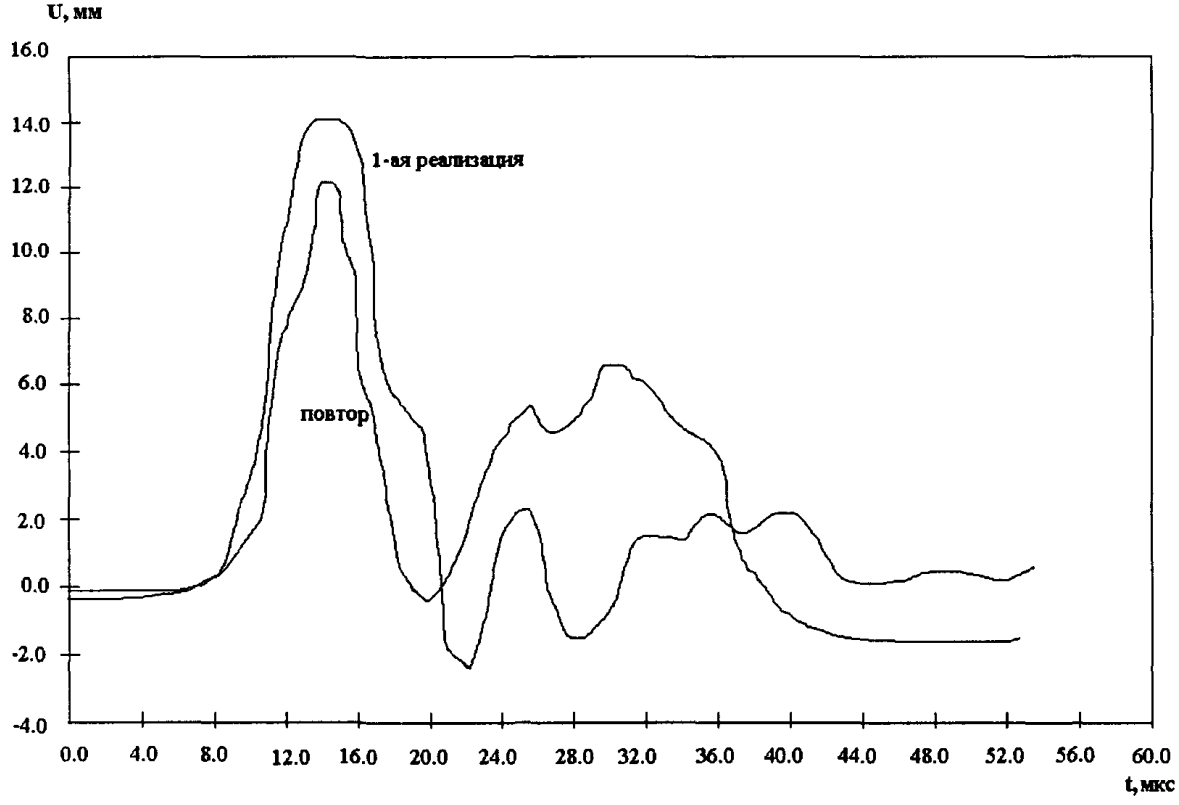

Рис. 1. *График зависимости деформации оголовка свай от времени t при ударном воздействии*

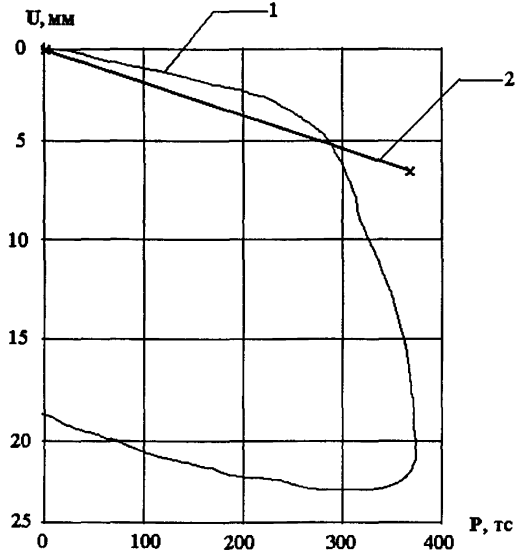

Рис. 2. *Графики зависимостей скоростей перемещения сваи от величины энергии удара по результатам испытаний:*
1 – осадка, динамические испытания, мм;
2 – упругая осадка

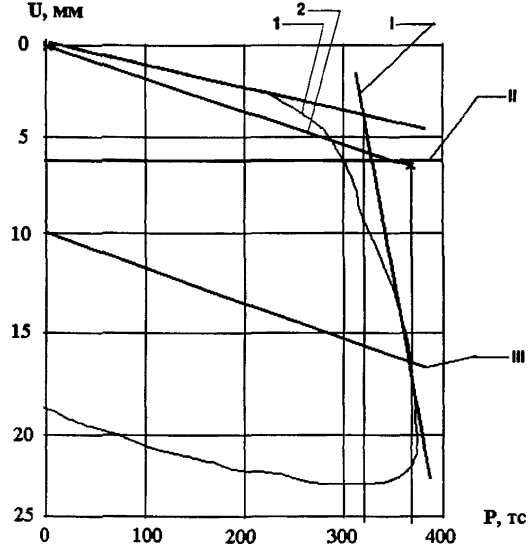

Рис. 3. *Определение несущей способности сваи:*
1 – осадка, динамические испытания, мм;
2 – упругая осадка;
I – метод касательных; II – метод шести, мм;
III – метод Дэвиссона

несущей способности свай по их боковым поверхностям. Допускается также применение других методов расчета, обеспечивающих достаточную сходимость получаемых результатов с результатами испытаний свай по методу ЭЛДИ, согласно п. 1.5.

7.5. Результаты испытаний свай по методу ЭЛДИ должны быть представлены в виде технических отчетов и Заключений, а также по формам ГОСТ 5686 в соответствии с требованиями заказчика, генерального подрядчика и проектной организации объекта.

7.6. К техническим материалам испытания свай по методу ЭЛДИ в обязательном порядке должны быть приложены акты и заключения ОАО ЦНИИС о результатах контроля каждой испытанной сваи на сплошность и неоднородность материала (бетона).

8. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАБОТ

8.1. Производство работ по настоящим Методическим рекомендациям следует вести с соблюдением требований следующих нормативных документов:

СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве. Общие требования»;

СНиП III-4-93 «Техника безопасности в строительстве»;

Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов машин. МПС РФ, Приказ № РБ ЦРБ-278 от 14.01.1994;

Правила производства земляных и строительных работ, прокладки и переустройства инженерных сетей и коммуникаций в г. Москве. Правительство Москвы. Постановление № 603 от 08.08.2000 г.

8.2. К работам, определенными настоящим Методическими рекомендациями, допускаются лица, сдавшие техминимум по производству работ и технике безопасности. До начала работ со всеми рабочими и ИТР, привлекаемыми к испытаниям свай, должен быть проведен конкретный инструктаж по порядку выполнения и безопасному ведению работ с записью под расписку в Журнале регистрации инструктажа на рабочем месте.

8.3. К началу производства работ по испытаниям свай все механизмы, оборудование, стропы и инвентарь должны быть освидетельствованы производителем работ и приняты им по Акту. В процессе производства работ за их состоянием и исправностью следует вести постоянный контроль. Использование кранов, не имеющих ограничителей грузоподъемности, запрещается.

Стальные канаты, такелажные и грузозахватные приспособления (стропы, траверсы и т.п.) должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.3.010.

8.4. Подключение электрических инструментов и оборудо-

вания, включая насосные станции к гидравлическим домкратам для подачи статической нагрузки на сваи, должно выполняться только аттестованным электриком.

8.5. Гидравлические шланги домкратов для подачи статической нагрузки на сваи должны иметь паспорта о ежемесячной проверке на давления, превышающие рабочие не менее чем на 5 ати. Шланги, в которых обнаружены самые малые повреждения, подлежат немедленной замене.

8.6. Эксплуатацию, перевозку, монтаж-демонтаж и испытания кранов и комплекса оборудования для испытания свай следует выполнять в соответствии с требованиями инструкций по их использованию под непосредственным руководством аттестованного механика.

Перед началом работы с краном и другой техникой необходимо убедиться в отсутствии линий электропередач, связи и других коммуникаций в зонах работы механизмов.

8.7. Для выполнения работ по испытаниям свай должна быть установлена опасная зона работы оборудования и механизмов согласно нормам СНиП III-4-93, которая снабжается защитными ограждениями и надписями установленного образца. В процессе производства работ следует вести постоянный контроль за исправностью ограждений с записью в Журнал производства работ. Нахождение посторонних лиц в зоне испытания свай запрещается.

8.8. В темное время суток рабочие площадки и места установки измерительных приборов должны иметь освещение достаточной интенсивности.

8.9. Во время производства работ всем привлекаемым к испытаниям свай рабочим и ИТР надлежит быть в защитных касках и спецодежде. Персонал, занятый на сверлении отверстий в сваях и зачистке площадок на них для установки измерительных приборов, должен пользоваться защитными очками.

8.10. Котлованы, устраиваемые для проведения динамических испытаний свай, должны иметь устойчивые откосы, снабжаться рабочими площадками, лестницами и сходами для беспрепятственного доступа к местам установки измерительных приборов и работы с ними.

8.11. Регистрирующая и обрабатывающая аппаратура, а также обслуживающий их персонал должны находиться в закрытых, освещаемых и отапливаемых (в случае необходимости) рабочих помещениях с температурой воздуха не ниже +17°С.

В процессе испытаний свай следует обеспечивать бесперебойное электропитание рабочих помещений и измерительных приборов. Электроэнергия, потребляемая аппаратурой и измерительными приборами, должна быть стабилизирована по току и напряжению.

8.12. Во время подачи очередной ступени статической испытательной нагрузки персонал должен находиться на расстоянии не менее 3 м от гидравлических домкратов и вне зоны нагружающих и анкерующих устройств, обеспечивающих подачу и распределение испытательной нагрузки.

Подход персонала к нагружающим устройствам и снятие отсчетов по механическим измерительным приборам, установленным на них, разрешается только после стабилизации работы гидравлических домкратов по команде руководителя испытаний и не ранее чем через 3 мин после подачи очередной ступени нагрузки.

8.13. Во время подачи ударной испытательной нагрузки (сброса молота на «голову» сваи) персонал должен находиться на расстоянии не менее 5 м от испытываемой сваи и вне зоны расположения и перемещения стрелы обслуживающего крана.

8.14. После каждого приложения ударной нагрузки испытываемая свая подлежит осмотру на предмет обнаружения трещин, сколов и других повреждений в ней. Одновременно должна производиться замена демпфирующей прокладки по пп. 3.8 и 6.3.

В случае обнаружения повреждений сваи Руководитель испытаний принимает решение о прекращении или продолжении работ.

8.15. До начала производства испытаний свай по настоящим Методическим рекомендациям производитель/руководитель работ обязан получить соответствующий допуск-разрешение на их проведение, убедиться в том, что проводимые работы будут безопасны для окружающих зданий и сооружений, а также согласовать с проектной организацией и заказчиком строительства

объекта количество и расположение свай, подлежащих испытаниям, утвердить программу испытаний в соответствии с п. 2.2.

8.16. Ответственность за соблюдение и выполнение Правил техники безопасности работ и требований настоящего раздела Методических рекомендаций возлагается на главного инженера строительного подразделения и руководителя работ, проводящих испытания свай.

9. ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И ПРИЕМКА РАБОТ

9.1. Испытания свай по настоящим Методическим рекомендациям следует проводить по программам, утверждаемым и согласуемым в установленном порядке с заказчиком, генподрядчиком и проектной организацией строительства объекта.

9.2. В процессе подготовки и проведения испытаний свай должны контролироваться:

1) Надежность, безопасность и правильность эксплуатации нагружающих устройств, оборудования, измерительных приборов и аппаратуры, их соответствие требованиям настоящих Методических рекомендаций и условиям проведения испытаний по утвержденным программам;
2) Физико-механическое состояние и готовность свай к проведению испытаний и восприятию испытательных нагрузок;
3) Электрообеспечение и работоспособность измерительных приборов, регистрирующей аппаратуры и компьютерной системы;
4) Уровень и устойчивость подачи испытательной нагрузки;
5) Адекватность съема, регистрации и обработки измерительной информации;
6) Безопасность проведения испытаний для окружающих зданий и сооружений.

9.3. Контроль качества и работоспособности оборудования, измерительных приборов и регистрирующей аппаратуры следует проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 16263 «Государственная система единства измерений».

9.4. Метрологическое обслуживание измерительных приборов и регистрирующей аппаратуры для обеспечения требуемой точности измерений должно выполняться посредством систематических и внеплановых поверок. Отметки и замечания о поверках следует заносить в паспорта или специальный журнал.

9.5. Ответственность за соблюдение требований настоящих

Методических рекомендаций и качество производимых работ несут главный инженер строительного подразделения и руководитель работ, проводящие испытания свай.

9.6. Приемку законченных работ по испытаниям свай производят ответственные представители заказчика, генерального подрядчика и проектной организации строительства объекта.

Сдача-приемка законченных работ без предъявления надлежащим образом оформленного акта испытаний (контроля) сплошности и неоднородности материала (бетона) каждой из испытанных свай не допускается.

Ответственный за выпуск
канд. техн. наук
Ю. В. Новак

Подписано в печать 28.10.2002.
Формат 60 × 90 $^{1}/_{16}$. Печать офсетная.
Заказ 135. Объем 2,5 п. л. Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии ЦНИИС.
Лицензия ПЛД № 53-510 от 22.10.1999 г.

129329, Москва, Кольская 1
Тел.: (095) 180-94-65

gost.e-ecolog.ru