



ГЕОТЕХНИКА

GEOTECHNICS

Том XII, Vol. XII

1

2020

ГЕОТЕХНИКА

Международный научно-практический журнал

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Издается с декабря 2009 г.

Выходит 4 раза в год.

ISSN: 2221–5514 (Print), ISSN: 2587–8239 (Online)
Префикс DOI: 10.25296

В журнале публикуются статьи ведущих специалистов в области механики грунтов, геотехники, проектирования оснований и фундаментов. Основные темы — теоретические и прикладные аспекты механики грунтов, описание механических свойств грунтов, проектирование и устройство оснований и фундаментов, подземных и заглубленных сооружений, методы численного моделирования в строительстве, контроль качества работ и обследование конструкций нулевого цикла, а также многие другие вопросы.

УЧРЕДИТЕЛЬ

ООО «Геомаркетинг», 115088, РФ,
Москва, ул. Машиностроения 1-ая, д. 5

ИЗДАТЕЛЬСТВО

ООО «Геомаркетинг», 115088, РФ,
Москва, ул. Машиностроения 1-ая, д. 5

РЕДАКЦИЯ

Кондратьева Екатерина Андреевна
Генеральный директор

Барыкина Ольга Сергеевна
Литературный редактор

Кашкина Марина Сергеевна
Отдел рекламы

Якимчик Ольга Леонидовна
Отдел подписки

АДРЕС РЕДАКЦИИ

ООО «Геомаркетинг»
107076, РФ, Москва, ул. Электrozаводская, д. 60
Тел. +7 495 210-63-90, +7 495 210-63-06
E-mail: info@geomark.ru
http://geomark.ru

ИП Гилманов М.А.
Допечатная подготовка, дизайн и верстка

ТИПОГРАФИЯ

ООО «ТЕКС-ПРИНТ», 107023, РФ, Москва,
ул. Большая Семеновская, д. 49

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Тер-Мартirosян А.З., Бабушкин Н.Ф., Исаев И.О., Шишкина В.В.

Определение расчетного коэффициента перебора путем анализа данных мониторинга 6

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

Поспехов В.С., Шулятьев О.А., Бауков А.Ю.

Исследование углового эффекта конструкции ограждения опытного котлована в песчаных грунтах 16

Пяткин П.А., Гурский А.В.

Оценка влияния сил трения в замках на изгибную жесткость синусоидального шпунта 32

ПРОИЗВОДСТВО ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ

Минаков Д.К.

Анализ результатов мониторинга технологических осадок от устройства стены в грунте 46

Исаев О.Н., Шарафутдинов Р.Ф., Закатов Д.С., Бауков А.Ю.,
Павлов С.В., Каменев А.А.

Зонд для статического зондирования грунтов с модулем бокового давления (3LSU-CPTU) 60

ПРИЛОЖЕНИЕ

Мухин А.А., Лозовский И.Н., Чуркин А.А.

Технические стандарты ООО «ЭГЕОС» по применению неразрушающего контроля сплошности свай.
Термометрический метод 74



NUMERICAL MODELING

Ter-Martirosian A.Z., Babushkin N.F., Isaev I.O., Shishkina V.V.

Determining the actual ground loss of soil by analyzing monitoring data6

BEDS AND FOUNDATIONS DESIGN

Pospekhov V.S., Shulyatyev O.A., Baukov A.U.

Corner effect study of the retaining wall design of an experimental excavation in sandy soils16

Pyatkin P.A., Gurskii A.V.

Assessment of the effect of friction forces in the locks on the bending stiffness of the sinusoidal sheet pile32

GEOTECHNICAL WORKS PRODUCTION

Minakov D.K.

Analysis of monitoring results of technological settlements induced by the diaphragm wall installation46

Isaev O.N., Sharafutdinov R.F., Zakatov D.S., Baukov A.Y.,

Pavlov S.V., Kamenev A.A.

3LSU-CPTU electronic lateral stress cone penetrometer60

SUPPLEMENT

Mukhin A.A., Lozovsky I.N., Churkin A.A.

“AIGEOS” LLC Technical Standards for the nondestructive pile integrity testing. Thermal integrity profiling method74



GEOTECHNICS

International scientific and practical journal

The journal is included in the Russian List of peer-reviewed scientific publications, which should publish the main scientific results of dissertations for the degree of Candidate of Science and Doctor of Science.

Published since December 2009.

Issued 4 times a year.

ISSN: 2221–5514 (Print), ISSN: 2587–8239 (Online)
Prefix DOI: 10.25296

The journal publishes articles by leading experts in the field of soil mechanics, geotechnics, foundation engineering. The main topics are theoretical and applied aspects of soil mechanics, description of soil mechanical properties, design and construction of foundations, underground and buried structures, methods of numerical modeling in construction, quality control and inspection of zero-cycle structures, as well as many other issues.

FOUNDER

“Geomarketing” LLC, 115088, Russian Federation, Moscow, Mashinostroyeniya 1st St., Bld. 5

PUBLISHER

“Geomarketing” LLC, 115088, Russian Federation, Moscow, Mashinostroyeniya 1st St., Bld. 5

JOURNAL EDITORING

Ekaterina A. Kondratieva
General Director

Olga S. Barykina
Literary Editor

Marina S. Kashkina
Advertising Department

Olga L. Yakimchik
Subscription Department

CONTACTS

“Geomarketing” LLC
107076, Russian Federation, Moscow,
Electrozavodskaya St., 60
Tel. +7 495 210-63-90, +7 495 210-63-06
E-mail: info@geomark.ru
<http://geomark.ru>

Individual entrepreneur Gilmanov M.A.
Prepress, Design and Layout

PRINTING HOUSE

“TEKS-PRINT” LLC, 107023, Russian Federation, Moscow, Bolshaya Semenovskaya St., 49

ТЕХНИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ ООО «ЭГЕОС» ПО ПРИМЕНЕНИЮ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СПЛОШНОСТИ СВАЙ. ТЕРМОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД

МУХИН А.А.*

ООО «ЭГЕОС», г. Москва, Россия, piles@aigeos.ru

Адрес: ул. Миклухо-Маклая, вл. 8, стр. 3, г. Москва, 117198, Россия

ЛОЗОВСКИЙ И.Н.

ООО «ЭГЕОС», г. Москва, Россия, piles@aigeos.ru

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия

Адрес: ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1, г. Москва, 123242, Россия

ЧУРКИН А.А.

ООО «ЭГЕОС», г. Москва, Россия, piles@aigeos.ru

“AIGEOS” LLC TECHNICAL STANDARDS FOR THE NONDESTRUCTIVE PILE INTEGRITY TESTING. THERMAL INTEGRITY PROFILING METHOD

ALEXANDER A. MUKHIN*

“AIGEOS” LLC, Moscow, Russia, piles@aigeos.ru

Address: Bld. 8, Pde 3, Mikluho-Maklaya St., 117198, Moscow, Russia

ILYA N. LOZOVSKY

“AIGEOS” LLC, Moscow, Russia, piles@aigeos.ru

Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Address: Bld. 10, Pde 1, Bolshaya Gruzinskaya St., 123242, Moscow, Russia

ALEKSEI A. CHURKIN

“AIGEOS” LLC, Moscow, Russia, piles@aigeos.ru

СТО ЭГЕОС 1–1.3–001–2017. СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ. ПРИМЕНЕНИЕ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СПЛОШНОСТИ СВАЙ ТЕРМОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Введение

Настоящий Стандарт распространяется на неразрушающий контроль сплошности железобетонных цилиндрических буронабивных, набивных, буроинъекционных свай и баретт термометрическим методом, разработан в соответствии со статьей 13 Федерального закона № 184-ФЗ от 27.12.2002 «О техническом регулировании», обобщает опыт ООО «ЭГЕОС», современную отечественную и зарубежную практику применения данного метода, учитывает рекомендации ведущих специалистов и научных организаций в этой области.

Стандарт содержит теоретические основы, возможности и ограничения метода испытаний, требования к оборудованию, рекомендации по организации испытаний, методике проведения полевых работ, камеральной обработке и интерпретации зарегистрированных данных, составлению технического отчета, положения по технике безопасности работ и охране труда, основные квалификационные требования к лаборатории и персоналу.

Стандарт разработан для использования в лаборатории ООО «ЭГЕОС» с целью повышения эффективности применения метода и достоверности выводов, принимаемых по результатам испытаний свай термометрическим методом.

Настоящий Стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального документа без разрешения ООО «ЭГЕОС».

1 Назначение и область применения

1.1 Настоящий Стандарт устанавливает порядок проведения неразрушающего контроля сплошности свай термометрическим методом.

1.2 Настоящий Стандарт распространяется на неразрушающий контроль качества железобетонных, буронабивных, набивных, буроинъекционных свай и баретт.

Примечание: настоящий стандарт может быть распространен на монолитные ограждающие конструкции: траншейные «стены в грунте», «стены в грунте» из буросекующих свай и др.

1.3 Для проведения контроля сплошности свай термометрическим методом в тело сваи в составе арматурного каркаса должны быть заблаговременно установлены трубы доступа, т.е. сваи, подлежащие испытаниям, должны быть предварительно определены и подготовлены.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

СП 12-136-2002 Решения по охране труда и промышленной безопасности в проектах организации строительства и проектах производства работ.

СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.

СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования.

СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство.

СП 50-102-2003 Проектирование и устройство свайных фундаментов.

СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87».

СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85».

СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84».

СП 45.13330.2017 «Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87».

СП 79.13330.2012 «Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний. Актуализированная редакция СНиП 3.06.07-86».

СП 46.13330.2012 «Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 3.06.04-91».

ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.

ГОСТ Р ИСО 5577-2009 Контроль неразрушающий. Ультразвуковой контроль. Словарь.

3 Термины и определения

В настоящем Стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 Сплошность сваи — характеристика материала железобетонной сваи, характеризующая однородность свойств бетона конструкции.

3.2 Нарушение сплошности — сужение ствола сваи, наличие в свае пустот, каверн, трещин, включений инородного материала.

3.3 Дефект — отдельное несоответствие конструкции сваи какому-либо параметру, установленному проектом или нормативным документом.

3.4 Температуропроводность — физическая величина, характеризующая скорость изменения (выравнивания) температуры вещества в неравновесных тепловых процессах. Численно равна отношению теплопроводности к объемной теплоемкости при постоянном давлении.

3.5 Коэффициент излучения — отношение мощностей собственного теплового излучения единиц поверхности реального тела и абсолютно черного тела при одинаковых температурах.

3.6 Трубы доступа — стальные или полимерные трубы, устанавливаемые в бетон сваи для проведения контроля сплошности бетона.

3.7 Термометрический зонд — специальное устройство, размещаемое в трубе доступа для проведения измерений температуры в свае.

3.8 Точка измерения — место, в котором проводят единичное измерение температуры в свае, определяемое глубиной, на которой произведено измерение, и идентификатором трубы доступа, в которой проведено измерение.

3.9 Температурный профиль — график изменения значений температуры в свае в зависимости от глубины.

3.10 Температурная аномалия — значительное локальное отклонение значений температурного профиля от нормы.

3.11 Эффективный радиус — условная величина, основной расчетный показатель сплошности бетона сваи по данным термометрического метода. В каждой точке измерения эффективный радиус численно равен радиусу условного цилиндрического однородного бетонного тела, имеющего свойства, соответствующие средним свойствам бетона испытываемой сваи, выделяющего при твердении бетона количество тепла, эквивалентное измеренной температуре.

3.12 Контроль сплошности свай термометрическим методом — выявление нарушений сплошности бетона сваи на основе измерения температуры в свае в процессе твердения бетона через трубы доступа или с использованием встроенных в конструкцию термодатчиков.

3.13 Обработка данных — совокупность процедур, выполняемых для подготовки зарегистрированных данных к интерпретации.

3.14 Интерпретация данных — анализ зарегистрированных данных с целью представления выводов о сплошности сваи.

4 Общие положения

4.1 Незарушающий контроль качества свай термометрическим методом основан на измерении температуры в свае в процессе твердения бетона с целью получения сведений о сплошности бетона сваи.

4.2 Измерения температуры проводятся через установленные в составе арматурного каркаса сваи трубы доступа с помощью термометрического зонда (рис. 1). Зарегистрированные температурные профили передаются на персональный компьютер для дальнейшей визуализации, обработки и интерпретации. Теоретические основы термометрического метода представлены в Приложении А.

4.3 Метод испытаний позволяет:

- проводить контроль сплошности бетона и осуществлять приемку сваи в минимальные сроки после ее изготовления;
- обнаружить изменения поперечного сечения сваи, включения бетона с нарушенным составом или инородного материала в свае как внутри, так и снаружи арматурного каркаса;
- локализовать по глубине нарушения сплошности бетона сваи, производить оценку их расположения и геометрических размеров;
- обнаружить смещение или наклон арматурного каркаса сваи относительно оси сваи;
- производить оценку эффективного радиуса испытываемой сваи;

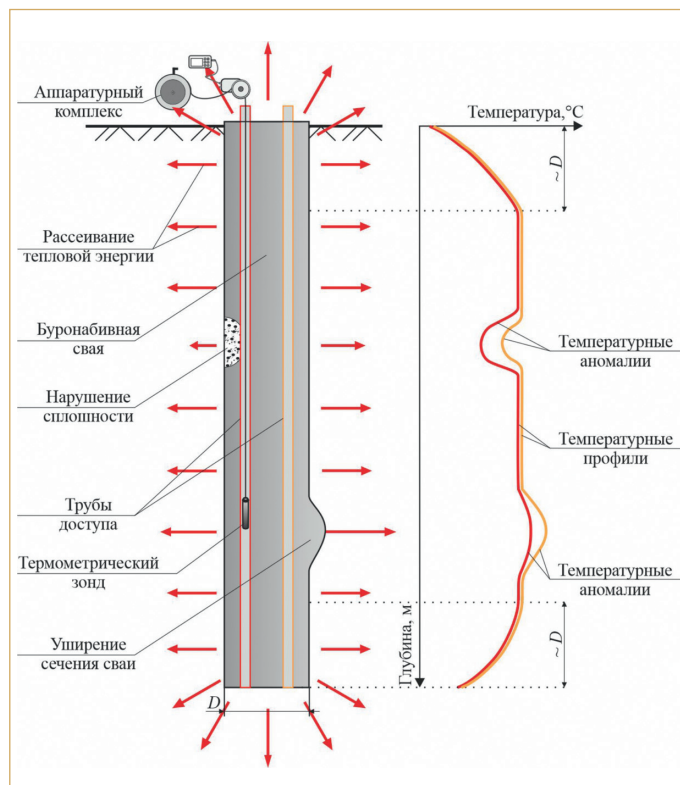


Рис. 1. Схема проведения испытаний свай термометрическим методом

Fig. 1. Thermal integrity profiling of drilled shafts

— контролировать сплошность длинных свай небольшого диаметра (менее 500 мм), для которых ограничено применение ультразвукового и сейсмоакустического методов контроля сплошности свай.

4.4 Измерения необходимо проводить в интервале времени, когда температура в свае близка к максимальному значению.

4.5 Испытания свай термометрическим методом следует проводить с учетом ограничений области применения метода (Приложение Б).

4.6 Перед проведением испытаний рекомендуется разработать программу проведения испытаний, содержащую сведения об испытываемых сваях, инженерно-геологических условиях площадки, применяемом оборудовании, методике проведения испытаний и др. (Приложение Ж).

4.7 Результаты испытаний термометрическим методом следует оформлять в виде технического отчета.

5 Оборудование

5.1 Комплект оборудования для проведения контроля сплошности свай термометрическим методом должен состоять из термометрического зонда, устройства измерения перемещения зонда, электронного блока, кабелей для опускания зонда и коммутации оборудования.

5.2 Термометрический зонд должен быть оснащен бесконтактными инфракрасными температурными датчиками

(не менее 4 штук), расположенными в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, проходящих через ось зонда.

5.3 Погрешность измерения температуры должна составлять не более 1°C.

5.4 Глубина опускания термометрического зонда в трубу доступа должна регистрироваться устройством измерения перемещения. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения перемещения должны составлять не более 1% от длины труб доступа и не более 0,1 м.

Примечание: глубина опускания зонда в трубу доступа может регистрироваться путем пропускания кабеля для погружения зонда через ведущий блок, который связан с угловым датчиком перемещения. Проскальзывание кабеля через блок не допускается.

5.5 Кабель для опускания зонда и передачи данных должен быть устойчив к истиранию, иметь достаточную гибкость в широком диапазоне температур и быть достаточно прочным, чтобы выдерживать вес зонда. Все кабельные разъемы или соединения, если таковые имеются, должны быть водонепроницаемыми.

5.6 Электронный блок должен записывать в память прибора значения температуры и соответствующие им значения глубины опускания термометрического зонда в трубу доступа. Дискретность индикации температуры должна составлять не более 0,1°C. Дискретность индикации глубины должна составлять не более 0,05 м.

5.7 Для визуализации данных должен использоваться персональный компьютер или микропроцессор, способный выводить результаты измерений на графический дисплей.

5.8 Электронный блок должен позволять передавать зарегистрированные данные на устройство постоянного хранения информации.

6 Подготовка к проведению испытаний

6.1 Для уточнения методики проведения испытаний, разработки программы испытаний, последующей интерпретации результатов и составления технического отчета следует использовать проектную и исполнительную документацию (Приложение В).

6.2 Для проведения испытаний в процессе изготовления свай в тело сваи в составе арматурного каркаса должны быть установлены стальные или полимерные трубы доступа. Внутренний диаметр труб доступа должен позволять термометрическому зонду свободно перемещаться по трубам доступа. Рекомендованное значение внутреннего диаметра труб доступа — 40–55 мм.

6.3 В испытываемую сваю рекомендуется устанавливать по одной трубе доступа на каждые 250–300 мм диаметра сваи. Трубы доступа должны быть равномерно распределены по всему периметру сваи и разнесены на одинаковое расстояние от ее центральной оси.

Примечание: для свай диаметром менее 600 мм допускается установка одной трубы доступа по центру конструкции.

6.4 Трубы должны быть ровные, недеформированные и достаточно прочные, чтобы сохранять свою форму при перевозке, монтаже и бетонировании сваи. Трубы доступа должны иметь постоянный внутренний диаметр, не должны содержать препятствий для перемещения термометрического зонда, включая места стыковки отдельных секций труб доступа. Если требуется стыковка отдельных секций труб доступа, должна быть обеспечена герметичность стыков. Герметичность стыков должна быть подтверждена контрольной опрессовкой труб доступа водой под давлением, превышающим предполагаемое максимальное давление бетонной смеси в скважине в процессе бетонирования не менее чем в два раза.

6.5 Присутствие жидкостей (воды, бентонита и других) в трубах доступа не допускается. Во избежание попадания в полость труб доступа бурового раствора, цементного молока, грунтового материала и пр. на верхнем и нижнем концах труб должны быть установлены герметичные заглушки.

6.6 Трубы доступа должны быть надежно прикреплены к арматурному каркасу и быть ему соосны. Нижний конец труб доступа должен находиться на минимальном расстоянии от нижнего конца сваи. Верхний конец труб доступа должен находиться выше уровня земли и уровня верха бетона сваи не менее чем на 300 мм. Технологии монтажа арматурного каркаса в скважину и бетонирования сваи должны исключить повреждение труб доступа или изменение их проектного положения.

6.7 Перед проведением испытаний должен быть обеспечен доступ к верхним концам труб доступа. Заглушки с верхних концов труб доступа должны быть удалены.

6.8 Перед проведением испытаний следует выполнить проверку проходимости труб доступа и измерение их длины с точностью 50 мм с помощью измерительной ленты с грузом (пробником). Диаметр груза должен быть не менее диаметра термометрического зонда. Если труба доступа заблокирована, глубина, на которой было обнаружено препятствие, регистрируется в журнале проведения испытаний.

7 Методика проведения испытаний

7.1 Сроки проведения испытаний термометрическим методом определяются интервалом времени, в течение которого температура в свае близка к максимальному значению. Время достижения максимальной температуры в свае зависит от диаметра сваи и от состава бетонной смеси. Срок проведения испытаний назначают не ранее 8 и не позднее 48 часов после окончания бетонирования сваи.

Примечание: если используются добавки, замедляющие или ускоряющие сроки схватывания и твердения бетона, это необходимо учитывать при планировании сроков проведения испытаний.

7.2 Для определения оптимального времени проведения контроля сплошности свай термометрическим методом рекомендуется проведение мониторинга температуры через интервал времени, установленный программой испытаний. Полученные в результате мониторинга сведения следует исполь-

зовать для планирования испытаний свай со сходными геометрическими размерами и свойствами бетонной смеси.

7.3 Перед проведением испытаний необходимо проверить работоспособность оборудования согласно предоставленным производителем инструкциям.

Примечание 1: перед использованием прибора необходимо протирать стекла температурных датчиков зонда спиртом, используя чистую мягкую ткань. Присутствие влаги и загрязнений на стеклах температурных датчиков не допускается.

Примечание 2: разница между температурой корпуса термометрического зонда и средней температурой бетона испытываемой конструкции перед началом измерений должна быть минимальной.

7.4 Регистрацию значений температуры следует выполнять в процессе опускания термометрического зонда от верхнего до нижнего конца трубы доступа. Термометрический зонд опускают с постоянной скоростью, не превышающей рекомендации производителя оборудования (обычно не более 150 мм/с). Измерения выполняют во всех трубах доступа, установленных в испытываемой свае.

7.5 Шаг записи (регистрации) значений температуры не должен превышать 100 мм. Рекомендованное значение шага записи — 50 мм.

7.6 Каждое зарегистрированное значение температуры должно быть привязано: к глубине опускания термометрического зонда, к объекту, к испытываемой свае, к трубе доступа, к дате и времени.

7.7 В случае если длина температурного профиля отличается от измеренной с помощью измерительной ленты с грузом длины труб доступа более чем на 1% от длины труб доступа или более чем на 0,15 м, следует провести повторные измерения и проверить работоспособность комплекта оборудования.

Примечание: при сравнении длин следует учитывать, что точка записи термометрического зонда не совпадает с его нижним концом.

7.8 На объекте испытаний рекомендуется выполнять выборочные контрольные (повторные) измерения сразу после проведения рядовых измерений. Расхождение значений температурных профилей не должно превышать 2°C.

7.9 В процессе проведения испытаний необходимо вести журнал проведения испытаний. Журнал проведения испытаний должен содержать название объекта; название фундамента; номер испытываемой сваи; сведения о применяемой аппаратуре; дату и время проведения испытаний; схему взаимного расположения, номер, длину, материал, внутренний диаметр и отметку верха труб доступа; примечания, содержащие любую дополнительную информацию о свае и испытаниях; фамилию, инициалы и личную подпись сотрудников, ответственных за проведение испытаний.

7.10 После окончания измерений следует удостовериться, что журнал проведения испытаний заполнен корректно и со-

брана вся необходимая информация, которая может потребоваться для проведения интерпретации зарегистрированных данных и составления технического отчета.

7.11 В процессе проведения испытаний необходимо соблюдать положения о технике безопасности проведения работ (раздел 11).

8 Обработка данных и визуализация результатов измерений

8.1 Перед представлением зарегистрированных данных необходимо вычислить значение температуры в каждой точке измерения. За значение температуры в точке измерения принимается значение, равное сумме значений температуры, зарегистрированных всеми температурными датчиками термометрического зонда, деленной на количество температурных датчиков.

8.2 Представление зарегистрированных данных для каждой сваи выполняют в виде температурных профилей (графиков изменения значений температуры в свае в зависимости от глубины) для каждой трубы доступа.

8.3 Для каждой сваи следует выполнить расчет среднего температурного профиля. За значение температуры среднего температурного профиля сваи на каждой отметке погружения термометрического зонда принимается значение, равное сумме значений температуры, зарегистрированных во всех трубах доступа на соответствующей отметке погружения термометрического зонда, деленной на количество труб доступа.

8.4 Процедура ввода поправок в температурные профили приведена в Приложении Д.

8.5 Процедура расчета эффективного радиуса сваи приведена в Приложении Е.

9 Интерпретация данных

9.1 Интерпретация данных термометрического метода заключается в подготовке выводов о сплошности, а также смещении и наклоне арматурного каркаса испытываемой сваи на основании комплексного анализа результатов обработки зарегистрированных данных и дополнительной априорной информации о технологии изготовления свай, расходе бетона, инженерно-геологическом разрезе и др.

9.2 Интерпретация данных включает анализ температурных профилей: выделение локальных отклонений значений температуры от нормы, ввод поправок за распространение тепла в продольном направлении и, при необходимости, за температуропроводность вмещающей среды; анализ графиков изменения эффективного радиуса сваи в зависимости от глубины. Интерпретацию данных следует выполнять в соответствии с Приложением Г.

9.3 При интерпретации данных необходимо учитывать ограничения области применения метода, приведенные в Приложении Б.

9.4 Интерпретация данных должна выполняться специалистом, обладающим необходимой квалификацией, опытом

и знаниями в области неразрушающего контроля качества бетона и технологии изготовления свай (Приложение К).

10 Оформление результатов испытаний

10.1 Результаты испытаний следует оформлять в техническом отчете.

10.2 Технический отчет должен содержать сведения об объекте испытаний, испытываемых сваях, инженерно-геологических условиях площадки, применяемом оборудовании, методике проведения испытаний, параметрах обработки данных, результатах испытаний, представленных в виде графиков изменения значений температуры и эффективного радиуса в зависимости от глубины, выводы о сплошности бетона испытываемых свай и др. (Приложение И).

11 Техника безопасности и охрана труда

11.1 Все работы следует выполнять в соответствии с требованиями СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования», СНиП 12-04-2002 «Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство».

11.2 На выполнение работ в зонах действия опасных производственных факторов должен быть своевременно выдан наряд-допуск.

11.3 Ограждение строительной площадки и проходы на нее должны быть выполнены в соответствии с требованиями СНиП 2-03-2001, ГОСТ 12.4.059-89 «Строительство. Ограждения предохранительные инвентарные. Общие технические условия».

11.4 Все работающие на строительной площадке сотрудники должны быть в защитной каске и спецодежде, при производственной необходимости должны использовать средства индивидуальной защиты (сигнальные жилеты, монтажные пояса, защитные очки, перчатки и др.).

11.5 Перед началом работ в условиях производственного риска необходимо выделить опасные для людей зоны, в которых постоянно действуют или могут действовать опасные факторы, связанные или не связанные с характером выполняемых работ.

11.6 К зонам постоянно действующих опасных производственных факторов относятся:

- места вблизи от неизолированных токоведущих частей электроустановок;

- места вблизи от неогражденных перепадов по высоте $> 1,3$ м;

- места, где возможно превышение предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

11.7 К зонам потенциально опасных производственных факторов следует относить:

- участки территории вблизи строящегося здания (сооружения);

- этажи (ярусы) зданий и сооружений в одной захватке, над которыми происходит монтаж (демонтаж) конструкций или оборудования;

- зоны перемещения машин, оборудования или их частей, рабочих органов; места, над которыми происходит перемещение грузов кранами.

11.8 Границы опасных зон вблизи движущихся частей машин и оборудования определяются в пределах 5 м, если другие повышенные требования отсутствуют в паспорте или в инструкции завода-изготовителя.

11.9 Места временного или постоянного нахождения сотрудников должны располагаться за пределами опасных зон.

11.10 На границах зон, постоянно действующих опасных производственных факторов должны быть установлены защитные ограждения, а зон потенциально опасных производственных факторов — сигнальные ограждения и знаки безопасности.

11.11 Все работники должны четко знать и строго выполнять требования правил и инструкций по пожарной безопасности, знать правила и порядок применения первичных средств пожаротушения, места расположения огнетушителей и пожарных кранов, знать схему эвакуации, не допускать действий, которые могут привести к пожару или возгоранию.

11.12 Если испытания проводятся на действующей строительной площадке, все сотрудники до начала работ должны быть проинструктированы по технике безопасности ответственным представителем заказчика, отвечающим за безопасную организацию работ на данной площадке.

Приложение А (справочное)

Теоретические основы метода испытаний

А.1 В процессе твердения бетона в результате экзотермической реакции гидратации цемента происходит выделение тепла (см. рис. 1). Количество выделяемого тепла в свае зависит от количества активного материала (цемента) в исследуемой зоне, состава бетонной смеси и времени, прошедшего с начала гидратации.

А.2 Распределение температуры в свае, имеющей цилиндрическую форму и удовлетворяющей условию сплошности бетона, в процессе твердения бетона в поперечном сечении сваи имеет форму нормального распределения, а вдоль сваи неизменно по всей длине сваи за исключением участков длиной около одного диаметра сваи у верхнего и нижнего конца сваи, где наблюдается снижение температуры, связанное с выделением тепла не только в радиальном, но и в продольном направлении.

А.3 Сужение ствола сваи, включения инородного материала или бетона с нарушенным составом приводят к уменьшению количества тепла, выделяемого в данной зоне. Уширение ствола сваи приводит к увеличению количества тепла, выделяемого в данной зоне. Влияние количества тепла, выделяемого в аномальной зоне, на амплитуду изменения температуры на температурном профиле зависит от расстояния от аномальной зоны до труб доступа. Чем ближе источник локального изменения выделяемого тепла расположен к трубам доступа, тем значительнее будет его влияние на температурные профили.

А.4 Данные об объеме уложенного в сваю бетона могут быть использованы для расчета зависимости между температурой в свае и эффективным радиусом. С учетом установленной зависимости, температурные профили для всех труб доступа могут быть пересчитаны в графики изменения эффективного радиуса сваи в зависимости от глубины.

Приложение Б (справочное)

Ограничения термометрического метода

Б.1 Отсутствует возможность произвольного выборочного контроля свай в составе свайного поля, так как для проведения контроля сплошности свай термометрическим методом в тело сваи в составе арматурного каркаса должны быть одновременно установлены трубы доступа.

Б.2 Сроки проведения испытаний определены и ограничены интервалом времени, когда температура в свае близка к максимальным значениям.

Б.3 Метод испытаний не позволяет сделать вывод о природе выявленных нарушений сплошности.

Б.4 Метод испытаний не позволяет обнаружить нарушения сплошности небольших геометрических размеров, удаленные от труб доступа.

Приложение В (рекомендуемое)

Анализ проектной и исполнительной документации, местных условий и технологических особенностей производства работ

В.1 Анализ проектной документации

Для планирования работ, уточнения методики проведения испытаний, разработки программы проведения испытаний и последующей интерпретации результатов необходимо получить и изучить перед выездом на объект испытаний следующую проектную документацию:

- план свайного поля с указанием номеров испытываемых свай;
- конструктивные чертежи свай с указаниями по технологии их устройства;
- поперечные разрезы с данными инженерно-геологических изысканий, абсолютными отметками границ инженерно-геологических элементов (ИГЭ), уровня грунтовых вод, уровня напорных подземных вод (если таковые имеются), абсолютными отметками верха и низа свайных элементов.

Необходимо также иметь представление о назначении сооружения и особенностях работы свайного фундамента.

В.2 Анализ исполнительной документации

Необходимая информация об объекте испытаний, фактических инженерно-геологических условиях, особенностях буровых и бетонных работ может быть получена из следующих документов:

- журнал буровых работ;
- журнал бетонных работ;
- журнал подводного бетонирования;

- акты на скрытые работы;
- паспорта (документы о качестве) бетонного завода на бетонную смесь.

В.3 Анализ местных условий и технологических особенностей производства работ

Любая априорная информация, касающаяся местных условий выполнения работ, может иметь большое значение для интерпретации результатов и повышения надежности выводов:

- график бетонирования, содержащий отметки времени начала и окончания бетонирования, перерывов в бетонировании;
- объем уложенной бетонной смеси с точностью до $0,1 \text{ м}^3$ (рекомендуется регистрировать объем уложенного бетона и отметки уровня бетона в скважине после укладки бетона из каждого миксера);
- мощность бурового станка, применение трубовкручивающего устройства (стола) или погружение обсадных труб ротором с использованием драйтеллера;
- фактическая длина обсадных труб;
- состояние бурового инструмента;
- состояние бетонолитного оборудования и его комплектация;
- уровень воды в скважине;
- способ укладки бетонной смеси: свободный сброс, бетононасос, метод вертикальной перемещаемой трубы (ВПТ);
- данные лабораторного контроля качества бетонной смеси на площадке, в частности, значение подвижности бетонной смеси перед укладкой в скважину;
- дальность перевозки бетона;
- информация с бортового компьютера о технологических параметрах устройства свай методом непрерывного ползущего шнека (НПШ, CFA) и др.

Приложение Г (обязательное)

Методика интерпретации данных термометрического метода

Г.1 На первом этапе интерпретации выполняется анализ отклонения температурных профилей, зарегистрированных в диаметрально противоположных трубах доступа, от средних значений с целью выявления смещения или наклона арматурного каркаса сваи относительно оси сваи (рис. 2, а, б).

Г.2 На втором этапе интерпретации для каждого температурного профиля проводится выделение локальных отклонений значений температуры от нормы и анализ выявленных температурных аномалий с привлечением дополнительной информации.

Г.3 Нарушение сплошности бетона сваи приводит к локальному снижению значений температуры. Уширение ствола сваи приводит к локальному повышению значений температуры (рис. 2, в).

Примечание: уровень изменения значений температуры зависит от геометрических размеров и физических свойств аномальной зоны в теле сваи и от расстояния от аномальной зоны до труб доступа.

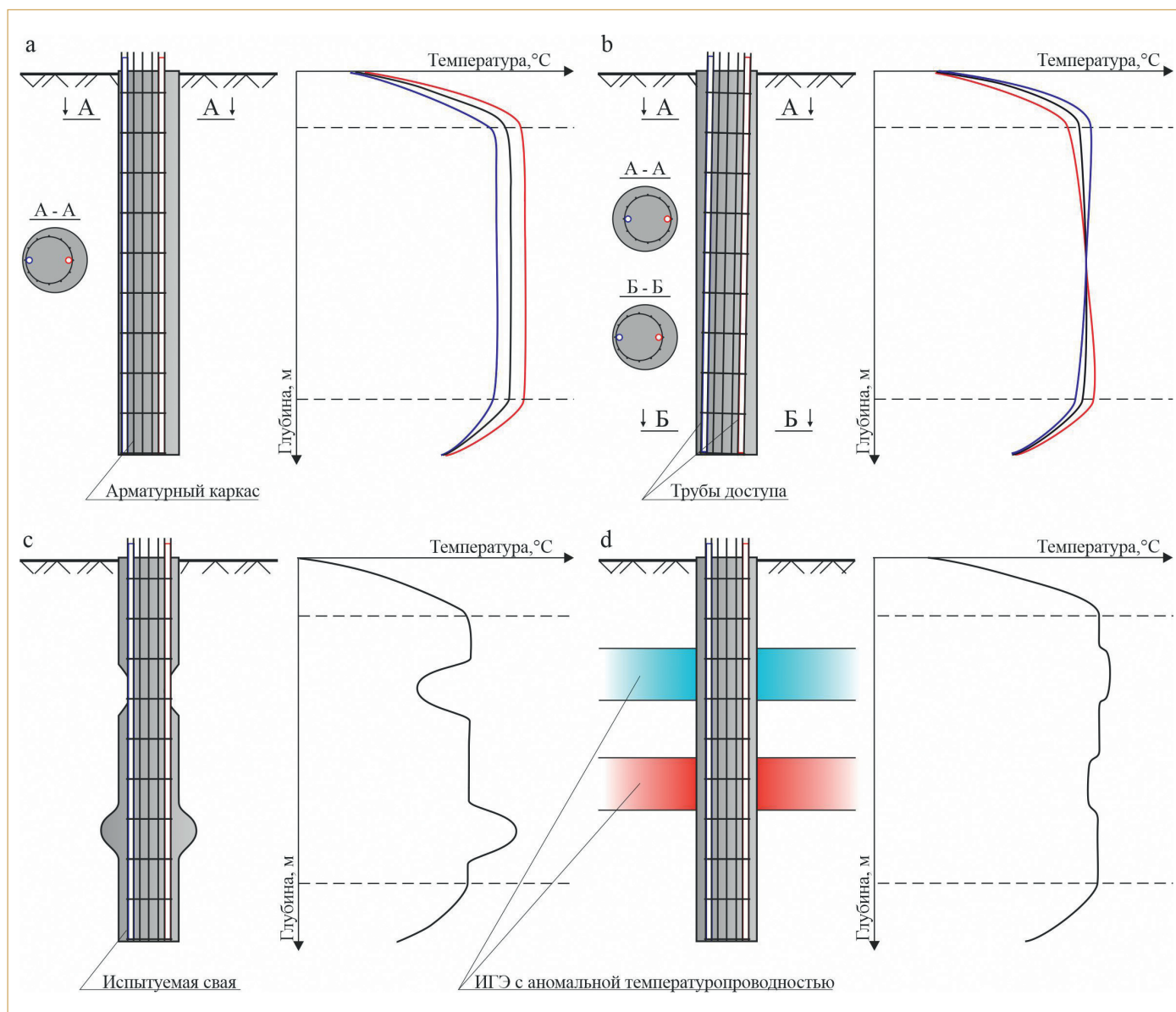


Рис. 2. Анализ отклонений значений температурного профиля от нормы: а — смещение арматурного каркаса, б — наклон арматурного каркаса, с — изменения поперечного сечения сваи, d — влияние теплопроводности вмещающих грунтов. Обозначения: красные и синие сплошные линии — температурные профили, зарегистрированные в трубах доступа соответствующего цвета. Черные сплошные линии соответствуют средним температурным профилям. Черные пунктирные линии проведены на расстоянии одного диаметра сваи от ее нижнего и верхнего конца. Голубым и красным цветами обозначены ИГЭ, характеризующиеся пониженной и повышенной теплопроводностью

Fig. 2. Thermal integrity profiling analysis: a — reinforcement cage offset, b — reinforcement cage inclination, c — pile cross-section variations, d — soils thermal diffusivity effect. Designations: the red and blue solid lines correspond to the temperature profiles recorded in the access tubes of the same color. The black solid lines correspond to the average temperature profiles. Black dashed lines correspond to the intervals of one pile diameter length from the top and bottom of the shaft. Blue and red correspond to engineering geological elements with reduced and increased thermal conductivity

Г.4 В верхней и нижней частях сваи на участках длиной около одного диаметра сваи на температурных профилях наблюдается снижение значений температуры, не связанное с качеством бетона сваи на данных участках (см. рис. 1). Снижение температуры вызвано рассеиванием тепла не только в радиальном, но и в продольном направлении. В температурные профили на данных участках вводятся поправки за рас-

пространение тепла в продольном направлении в соответствии с разделом Д.1 Приложения Д.

Г.5 Контрастные изменения теплопроводности отдельных ИГЭ могут приводить к аномальному изменению значений температуры на температурных профилях (рис. 2, d). Если в результате совместного анализа общих характерных особенностей, выделенных на зарегистрированных на объекте испытаний

температурных профилях, с имеющимися данными об инженерно-геологических условиях и справочной информацией о теплопроводности ИГЭ температурная аномалия интерпретируется в качестве изменения теплопроводности вмещающей сваю среды, в температурные профили на данном участке вводятся поправки за теплопроводность вмещающей среды в соответствии с разделом Д.2 Приложения Д.

Г.6 На третьем этапе интерпретации проводится анализ графиков изменения эффективного радиуса в зависимости от глубины, полученных в результате пересчета значений температуры в значения эффективного радиуса в соответствии с Приложением Е.

— Анализ графиков изменения эффективного радиуса сваи позволяет проводить оценку геометрических размеров выявленных нарушений сплошности и изменений поперечного сечения сваи.

— В случае если значения эффективного радиуса меньше радиуса арматурного каркаса сваи, данные значения следует интерпретировать в качестве нарушения сплошности бетона сваи (рис. 3). В случае если значения эффективного радиуса меньше проектного радиуса сваи, но больше радиуса арматурного каркаса сваи, данные значения могут интерпретироваться в качестве нарушения защитного слоя бетона или незначительного снижения качества бетона.

Примечание: пересчет значений температуры в значения эффективного радиуса выполняется после ввода поправок к температурным профилям на втором этапе интерпретации.

Г.7 Для повышения надежности интерпретации данных в качестве дополнительного инструмента может быть использовано математическое моделирование с применением специализированного программного обеспечения

Приложение Д (обязательное)

Введение поправок к температурным профилям

Д.1 Введение поправок за распространение тепла в продольном направлении в верхней и нижней части сваи:

Д.1.1 В верхней и нижней частях сваи на участках длиной около одного диаметра сваи на температурных профилях наблюдается снижение значений температуры, связанное с рассеиванием тепла не только в радиальном, но и в продольном направлении.

Д.1.2 Значения температуры $T_{measured}$ (°C), зарегистрированные на глубине z (м) на данных участках могут быть аппроксимированы функцией $T_{fit}(z)$, которая рассчитывается с применением функции гиперболического тангенса:

$$T_{fit}(z) = -\left(\frac{T_{max} - T_{min}}{2}\right)th\left(\frac{z - z_0}{\alpha}\right) + \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2}\right), \quad (1)$$

где для верхней части температурного профиля: T_{max} — среднее значение температуры на ближайшем к области ввода поправок участке температурного профиля, на котором значения температуры изменяются незначительно, °C; T_{min} — значение температуры, выбираемое таким образом, чтобы точка пере-

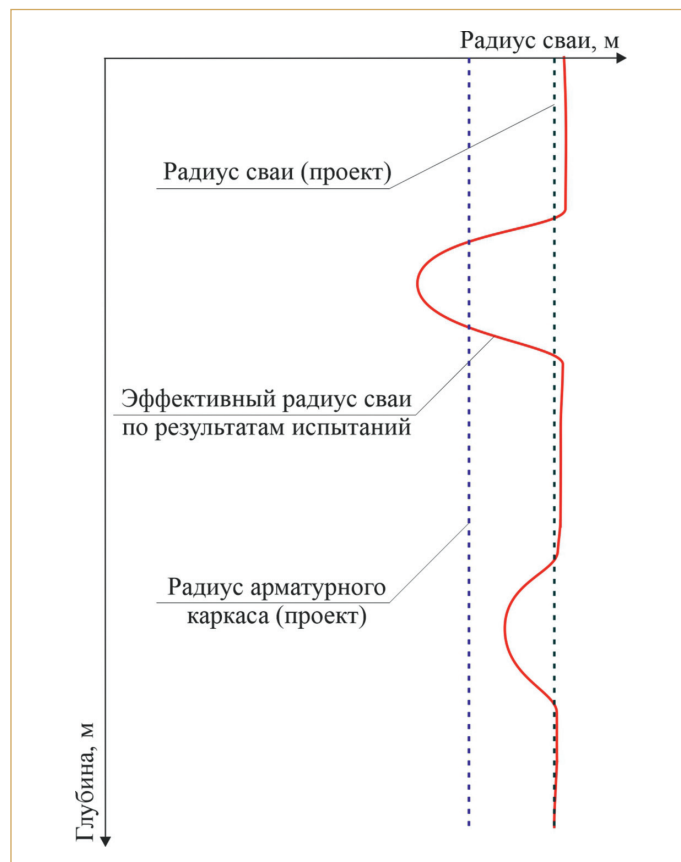


Рис. 3. Интерпретация графиков эффективного радиуса

Fig. 3. Interpretation of effective radius plots

гиба функции $T_{fit}(z)$ была близка к температуре воздуха на момент измерений, °C; z_0 — отметка верха бетона сваи, м; α — временной параметр, м; для нижней части температурного профиля: T_{max} — среднее значение температуры на ближайшем к области ввода поправок участке температурного профиля, на котором значения температуры изменяются незначительно, °C; T_{min} — температура вмещающих грунтов (по справочным данным), °C; z_0 — отметка нижнего конца сваи, м; α — временной параметр, м.

Значения параметров выбираются в рамках интервала допустимых значений индивидуально для каждого температурного профиля таким образом, чтобы значения функции $T_{fit}(z)$ были наиболее близки к зарегистрированным значениям температуры, $T_{measured}$. Значение параметра α обычно выбирается в интервале от 0,3 до 1,5 м и увеличивается со временем, прошедшим с начала гидратации.

Д.1.3 Поправка в зарегистрированные в верхней и нижней части сваи значения температуры вводится по формуле:

$$T_{cor}(z) = \left(\frac{T_{measured}(z) - T_{min}}{T_{fit}(z) - T_{min}}\right)(T_{max} - T_{min}) + T_{min}, \quad (2)$$

где T_{cor} — значения температуры с введенными поправками, °C.

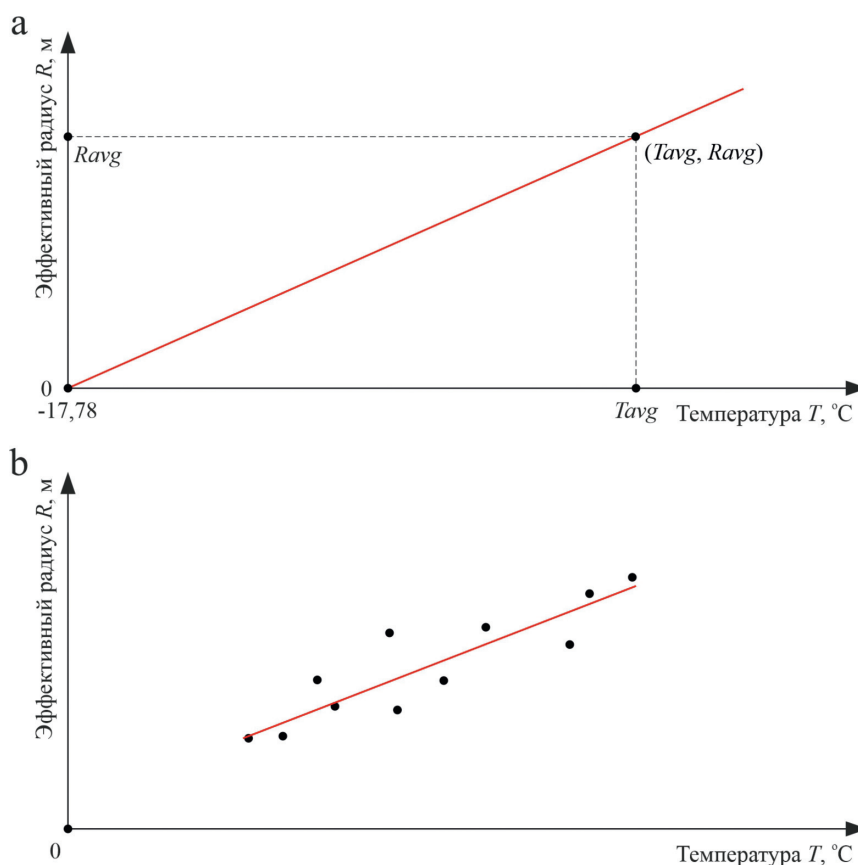


Рис. 4. Определение линейной зависимости между температурой в свае и эффективным радиусом: а — на основании одной калибровочной точки, б — на основании нескольких калибровочных точек

Fig. 4. Determination of a linear relationship between the temperature in the pile and the effective radius: a — based on one calibration point, b — based on several calibration points

Д.2 Введение поправок за аномальную теплопроводность: значительные изменения теплопроводности вмещающей сваю среды могут приводить к изменению значений температуры на температурных профилях, не связанному с изменением сплошности бетона сваи. На данных участках температурных профилей необходимо ввести поправки по методике, аналогичной подразделу Д.1.

Приложение Е (обязательное) Расчет эффективного радиуса сваи

Е.1 Для пересчета зарегистрированных в свае значений температуры в значения эффективного радиуса могут быть применены два метода: пересчет на основании одной калибровочной точки или пересчет на основании нескольких калибровочных точек.

Примечание: пересчет значений температуры в значения эффективного радиуса выполняется после ввода поправок к температурным профилям в соответствии с Приложением Д.

Е.1.1 Для пересчета значений температуры в значения эффективного радиуса на основании одной калибровочной точки необходимо рассчитать значение средней температуры

между измерениями во всех трубах доступа, T_{avg} и значение среднего эффективного радиуса сваи, R_{avg} . Расчет R_{avg} производится на основании сведений об общем объеме уложенного в сваю бетона и длине сваи, с учетом объема арматурного каркаса и труб доступа.

Чтобы установить линейную зависимость между температурой в свае и эффективным радиусом, необходимо составить уравнение прямой по координатам двух точек: (T_{avg}, R_{avg}) и $(-17,78^\circ\text{C} = 0^\circ\text{F}, 0)$ (рис. 4, а). Полученная линейная зависимость может быть применена для пересчета значений температурных профилей, зарегистрированных во всех трубах доступа, и среднего температурного профиля в графики изменения эффективного радиуса сваи в зависимости от глубины.

Примечание: в случае, когда надежные сведения о фактическом объеме уложенного бетона отсутствуют, за значение среднего эффективного радиуса, R_{avg} , допускается принять радиус коронки обсадных труб или полого шнека (CFA).

Е.1.2 Пересчет значений температуры в свае в значения эффективного радиуса на основании нескольких калибровочных точек возможен, если в процессе бетонирования были собраны данные об объеме уложенного бетона и отметке верха бе-

тона в скважине после укладки бетона из каждого миксера. Для интервалов глубин, соответствующих объему бетона, уложенному из каждого миксера, необходимо рассчитать эффективный радиус сваи. Рассчитанные значения эффективного радиуса сваи ставятся в соответствие со значениями средней температуры между измерениями температуры во всех трубах доступа на данных интервалах глубин. Полученные точки аппроксимируются линейной зависимостью между температурой и эффективным радиусом (рис. 4, б), которая далее используется для пересчета значений температурных профилей, зарегистрированных во всех трубах доступа, и среднего температурного профиля в графики изменения эффективного радиуса сваи в зависимости от глубины.

Пересчет на основании нескольких калибровочных точек рекомендуется к применению для свай больших геометрических размеров и свай с предполагаемыми значительными изменениями поперечного сечения.

Е.2 Пересчет значений температуры в значения эффективного радиуса на основании одной или нескольких калибровочных точек действителен для диапазона значений эффективного радиуса, для которого радиальное распределение температуры в свае близко к линейному.

Е.3 В ряде случаев для коррекции зависимости между температурой в свае и эффективным радиусом может быть выполнено математическое моделирование с помощью специализированного программного обеспечения. Надежность математического моделирования в значительной степени зависит от точности установки входных параметров.

Приложение Ж (обязательное)

Требования к программе проведения испытаний

Программа проведения испытаний должна содержать:

Ж.1 Сведения об объекте испытаний

— название, местоположение, краткое описание объекта испытаний;

— информация об инженерно-геологических условиях.

Ж.2 Сведения об испытываемых сваях

— идентификация (номер или условное обозначение) испытываемых свай;

— схема расположения свай;

— тип и размеры свай (длина и диаметр);

— сведения о технологии изготовления свай;

— класс бетона свай.

Ж.3 Сведения о применяемом оборудовании

— краткое описание используемого аппаратного комплекса.

Ж.4 Сведения о трубах доступа

— количество труб доступа;

— диаметр труб доступа;

— материал труб доступа;

— требования к установке труб доступа.

Ж.5 Методика контроля сплошности свай термометрическим методом

— сроки проведения испытаний;

— указания по проведению мониторинга значений температуры;

— методика проведения измерений;

— шаг измерений.

Ж.6 Требования к оформлению результатов испытаний.

Ж.7 Копия свидетельства о допуске лаборатории к работам в области инженерных изысканий.

Ж.8 Копия аттестата аккредитации лаборатории на проведение работ в соответствии с ASTM D7949 «Standard test method for thermal integrity profiling of concrete deep foundations».

Приложение И (обязательное)

Требования к техническому отчету

Технический отчет должен содержать:

И.1 Сведения об объекте испытаний

— название, местоположение, краткое описание объекта испытаний;

— информация об инженерно-геологических условиях.

И.2 Сведения об испытываемых сваях

— идентификация (номер или условное обозначение) испытываемых свай;

— схема расположения свай;

— тип и размеры свай (длина и диаметр) по данным исполнительной или проектной документации;

— сведения о технологии изготовления свай;

— абсолютные отметки верха бетона свай в момент проведения испытаний, верха бетона свай после срубки, нижнего конца свай;

— сведения о материале свай;

— дата бетонирования свай;

— сведения об объеме уложенного бетона.

И.3 Сведения о применяемом оборудовании

— краткое описание используемого аппаратного комплекса.

И.4 Сведения о трубах доступа

— схема расположения труб доступа;

— диаметр труб доступа;

— материал труб доступа;

— длина труб доступа;

— результаты проверки проходимости труб доступа.

И.5 Методика контроля сплошности свай термометрическим методом

— описание оборудования для проведения испытаний;

— методика проведения испытаний;

— дата проведения испытаний.

И.6 Результаты испытаний

— графическое представление температурных профилей и графиков изменения эффективного радиуса в зависимости от глубины;

— заключение о сплошности бетона, смещении и наклоне арматурных каркасов испытанных свай.

И.7 Копия свидетельства о допуске лаборатории к работам в области инженерных изысканий.

И.8 Копия аттестата аккредитации лаборатории на проведение работ в соответствии с ASTM D7949.

И.9 Свидетельство о поверке или калибровке оборудования.

Приложение К (обязательное) **Требования к лаборатории и специалистам**

К.1 Требования к лаборатории

К.1.1 Неразрушающий контроль в соответствии с настоящим Стандартом выполняется специалистами лаборатории (группы) контроля качества, которая должна быть аккредитована на проведение испытаний в соответствии с ASTM D7949.

К.1.2 Лаборатория (группа) контроля качества должна быть укомплектована профессионально подготовленными работниками, обеспечена необходимой нормативной технической документацией, оснащена оборудованием, необходимым для проведения испытаний и программным обеспечением для камеральной обработки данных.

К.2 Требования к специалистам

К.2.1 Специалисты, выполняющие испытания сплошности бетона свай термометрическим методом, должны быть профессионально подготовлены, владеть методикой проведения испытаний и интерпретации результатов. Кроме этого, они должны обладать необходимыми знаниями в области неразрушающего контроля качества бетона и технологии изготовления свай.

К.2.2 К самостоятельной работе могут быть допущены специалисты после стажировки в течение не менее 3 месяцев.

К.2.3 Специалисты, осуществляющие руководство работами по неразрушающему контролю и непосредственно выполняющие полевые работы, должны проходить аттестацию на знание правил, норм и инструкций по технике безопасности.

Библиография

Мухин А.А., Лозовский И.Н., Чуркин А.А., 2018. Неразрушающий контроль сплошности бетона буронабивных свай термометрическим методом. Транспортное строительство, № 10, с. 6–9.

Чуркин А.А., Лозовский И.Н., Фролов В.Е., Бровиков Ю.Н., 2018. Комплексное исследование качества буронабивных свай на опытной площадке с использованием методов неразрушающего контроля. Геотехника, Том X, № 5–6, с. 72–83.

ASTM D7949-14, 2014. Standard test methods for thermal integrity profiling of concrete deep foundations. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, URL: <https://www.astm.org/Standards/D7949.htm> (дата обращения: 15.08.2017).

Johnson K.R., 2016. Analyzing thermal integrity profiling data for drilled shaft evaluation. DFI Journal — The Journal of the De-

ep Foundations Institute, Vol. 10, No. 1, pp. 25–33, <https://doi.org/10.1080/19375247.2016.1169361>.

Mullins G., Winters D., 2011. Infrared thermal integrity testing: quality assurance test method to detect drilled shaft defects — final report. Washington State Department of Transportation, Olympia, WA, USA.

Mullins G., Johnson K.R., 2016. Optimizing the use of the thermal integrity system for evaluating auger-cast piles. Florida State Department of Transportation, Tallahassee, FL, USA.

Mullins G., 2010. Thermal integrity profiling of drilled shafts. Deep Foundations, Vol. 4, No. 2, pp. 54–64.

Mullins G., Piscalko G., 2012. Thermal integrity profiling: an innovative technique for drilled shafts. Deep Foundations, Special Issue: May - June, pp. 51–54.

Fleming K., Weltman A., Randolph M., Elson K., 2008. Piling engineering, 3rd edition. CRC Press, Taylor and Francis Group, England.

Piscalko G., Likins G., Mullins G., 2016. Drilled shaft acceptance criteria based upon thermal integrity profiling. Proceedings of the 41st Annual Conference on Deep Foundations, New York, USA, 2016, pp. 1–10.

Библиография к СТО ЭГЕОС 1-1.2-001-2017. СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ. ПРИМЕНЕНИЕ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СПЛОШНОСТИ СВАЙ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ взамен ошибочно опубликованной библиографии¹

Капустин В.В., Чуркин А.А., Лозовский И.Н., Кувалдин А.В., 2018. Возможности сейсмоакустических и ультразвуковых методов при контроле качества свайных фундаментов. Геотехника, № 5–6, с. 62–71.

Капустин В.В., 2008. Методика изучения особенностей распространения акустических волн в бетонных сваях с использованием методов численного моделирования. Вестник Московского университета, Серия 4, Геология, № 3, с. 65–70.

Капустин В.В., 2009. Применение волновых методов для определения длины свай. Технологии сейсморазведки, № 2, с. 113–117.

Капустин В.В., Хмельницкий А.Ю., 2013. Проблемы мало-глубинной сейсморазведки и георадиолокации в составе инженерно-геологических изысканий. Применение волновых методов для неразрушающего контроля фундаментных конструкций. Университетская книга, Москва.

Лозовский И.Н., Чуркин А.А., Жостков Р.А., 2019. Численное моделирование сейсмоакустических методов контроля качества свай. Физика и применение микроволн, Сборник трудов XVII Всероссийской школы-семинара имени профессора А.П. Сухорукова, Можайск, 2019, с. 34–36.

Мухин А.А., Чуркин А.А., Лозовский И.Н., 2018. Ограничения области применения сейсмоакустического метода контроля сплошности бетона свай. Транспортное строительство, № 9, с. 20–24.

¹ Мухин А.А., Лозовский И.Н., Чуркин А.А., 2019. Технические стандарты ООО «ЭГЕОС» по применению неразрушающего контроля сплошности свай. Сейсмоакустический метод. Геотехника, Том XI, № 4, с. 68–78.

ASTM D5882-16, 2016. Standard test method for low strain impact integrity testing of deep foundations. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, URL: <https://www.astm.org/Standards/D5882.htm> (дата обращения: 15.08.2017).

Amir E.I., Amir J.M., 2008. Statistical analysis of a large number of PEM tests on piles. Proceedings of 8th International Conference on Application of Stress Wave Theory to Piling, Lisbon, Portugal, 2008, pp. 671–675.

Amir J.M., 2017. Pile integrity testing: history, present situation and future agenda. Proceedings of 3rd Bolivian International Conference Deep Foundations, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 2017, pp. 17–32.

Brettmann T., Hertlein B., Meyer M., Whitmire B., 2011. Guideline for interpretation of nondestructive integrity testing of auger-

red cast-in-place and drilled displacement piles, in M. Moran (ed.), Deep Foundations Institute, Hawthorne, USA.

Klingmuller O., 1993. Sonic echo pile integrity testing and quality control. Ground Engineering, Vol. 26(10), pp. 25–30.

Fleming K., Weltman A., Randolph M., Elson K., 2008. Piling engineering, 3rd edition. CRC Press, Taylor and Francis Group, England.

Turner M.J., 1997. Integrity testing in piling practice. Construction Industry Research and Information Association, London, UK, Report 144, pp. 71–86.

Piletest.com, 2015. «Amir J.M. Integrity Testing», URL: <https://www.piletest.com/papers/Pile%20testing%202015.pdf> (дата обращения: 15.08.2019). 

Информация об авторах

МУХИН АЛЕКСАНДР АЛЕКСЕЕВИЧ

Генеральный директор ООО «ЭГЕОС», г. Москва, Россия

ЛОЗОВСКИЙ ИЛЬЯ НИКОЛАЕВИЧ

Заведующий лабораторией ООО «ЭГЕОС», г. Москва, Россия; научный сотрудник лаборатории магнитотеллурических исследований Центра геоэлектromагнитных исследований Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия

ЧУРКИН АЛЕКСЕЙ АНДРЕЕВИЧ

Руководитель отдела геофизики ООО «ЭГЕОС», г. Москва, Россия

Information about the authors

ALEXANDER A. MUKHIN

General Director of the “AIGEOS” LLC, Moscow, Russia

ILYA N. LOZOVSKY

Head of the Laboratory, “AIGEOS” LLC, Moscow, Russia; research scientist of the Laboratory of Magnetotelluric Studies, Geoelectromagnetic Research Centre, Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

ALEKSEI A. CHURKIN

Head of the Geophysical Department, “AIGEOS” LLC, Moscow, Russia



Фото А.А. Мухина