



Опыт применения в России испытаний грунтов сваями с применением методов волновой теории удара для забивных свай.

**ООО «Технотест»**

**Москва**

**1999-2019 г.**

# АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

- Работы по устройству свайных фундаментов обязательно включают в себя натурные испытания опытных свай, предусмотренных проектом, позволяющие еще на начальной стадии строительства определить зависимости напряженно-деформированного состояния грунтов основания с несущей способностью рабочих свай и, опираясь на них внести в проект соответствующие изменения. К базовым испытаниям свайных фундаментов, получившим наиболее широкое распространение на территории постсоветского пространства, можно отнести статические и динамические испытания. Статические испытания свай объективно можно назвать наиболее достоверными ввиду натурального моделирования нагружения сваи проектными нагрузками, результатом которых является график перемещения сваи во времени от действующих на нее нагрузок, предусмотренных программой испытаний. Единственным недостатком данного вида испытаний является их дороговизна и высокая трудоемкость. Динамические испытания грунтов сваями с позиции экономии средств более выгодны как по срокам проведения, так и по трудоемкости и стоимости самих испытаний. Огромным же недостатком данного вида испытаний является качество и достоверность получаемых результатов. И если сходимость результатов динамических испытаний хорошо изученных грунтов сваями сваебойным оборудованием отечественного производства с результатами других испытаний (например, статического зондирования) обеспечивается, то при использовании сваебойных агрегатов в частности гидравлических молотов зарубежного производства, расчетные значения несущей способности заставляют усомниться в их достоверности. При этом совершенствование методики динамических испытаний в том виде, которая имеется в данный момент в государственном стандарте представляется бессмысленной.

# История проблематики

«К сожалению, в сложившейся отечественной практике зачастую не полностью используется прочность свай по грунту, в ряде случаев ее недоиспользование достигает 40%» – Ободовский А.А.

«Достоверность определения несущей способности свай по СНиП для глинистых грунтов составляет 60%, для песчаных грунтов 65%» – Сорочан Е.А.

«Динамические испытания - более оперативны, менее трудоемки, чем статические. После проведения испытаний свай не выбраковываются. К сожалению, получаемые результаты несущей способности свай в большинстве случаев недостаточно хорошо согласуются с результатами статических испытаний, оказываются приближенными, поскольку при обработке расчетных формул весьма трудно учесть все физические процессы, связанные с работой свай в реальном массиве грунта на базе только наблюдаемых отказов»- Ильичев В.А.

«Задача определения несущей способности свай с уменьшенным количеством испытаний статической нагрузкой является весьма актуальной» – Долматов Б.И.

«Недостатки существующих методов динамических испытаний вынуждают строителей применять дорогостоящий способ статического испытания свай, который пока еще является единственно надежным при определении несущей способности свай»- Бахолдин Б.В.

# Нормативная база

ГОССТРОЙ РОССИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ФЕДЕРАЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
"НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ, ПРОЕКТИРОВАТЕЛЬСКИЙ,  
И КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИМЕНИ  
(ГУП НИИОСП им. Н.М.ГЕДЕОНОВА)



**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**  
*по проведению полевых испытаний свай  
методом ЭЛДИ с применением*

**Ответственные исполнители**

Заведующий лабораторией,  
доктор техн. наук, профессор

Ведущий научный сотрудник,  
канд. техн. наук

Инженер

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ  
(МГС)  
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION  
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
СТАНДАРТ

ГОСТ  
5686—  
2012

КОМИТЕТ  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ  
РЕГУЛИРОВАНИЮ

Органы государственного архитектурно-  
строительного надзора субъектов  
Российской Федерации

ИИ

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЙ  
КОД

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЙ  
КОД

В

## ГРУНТЫ

### Методы полевых испытаний сваями

Издание официальное

аварий, произошедших на территории Российской Федерации в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений участниками строительства не отвечающих требованиям соответствующего качества строительной продукции неразрушающие методы инструментального контроля зданий и сооружений.

Методы контроля, в том числе:

• поверхностных частей недр;

• звуковой проверки сплошности и глубины погружения железобетонных свай;

• ударной нагрузкой;

• для определения прочности бетона готовых изделий, отдельных частей;

• для определения диаметра и положения (защитный слой и шаг арматуры);

• для определения качества кладки и железобетонных изделий в конструкциях, различных неоднородностей и инородных тел;

данных методов на территории Российской Федерации по возможности, обеспечить требуемое качество, эксплуатационную надежность и долговечность.

Методы широко используются в мировой практике контроля качества строительства и рекомендуются для практического применения на территории Российской Федерации.

Методы разрушающим методам контроля.

Москва-2002



Москва  
Стандартинформ  
2014

А.А. Тавкин

# Методы испытаний



## ***По методике ГОСТ 5686:***

1. Общая несущая способность сваи.
2. График «нагрузка-осадка» верха сваи.

## ***По методике ГОСТ 5686 (инструментированная свая)***

1. Общая несущая способность сваи.
2. График «нагрузка-осадка» верха сваи.
3. Несущая способность по боковой поверхности и по пяте сваи.
4. Характеристики трения сваи по грунту.



## ***По методике ГОСТ 5686 для забивных свай:***

1. Оценка несущей способности сваи по величине отказа.

## ***С применением волновой теории удара по методике ГОСТ5686:***

1. Общая несущая способность сваи.
2. График «нагрузка-осадка» верха сваи.
3. Несущая способность по боковой поверхности и по пяте сваи.
4. Характеристики трения сваи по грунту.
5. Выявление каких-либо нарушений сплошности сваи.

# Статические испытания

**Долго**

**Трудоемко**

**Дорого**



# Международные стандарты на испытания свай аналогичные п.8-4 ГОСТ 5686-2012

**AUSTRALIA (AS 2159)**

**BRAZIL (NBR 13208)**

**CHINA (JGJ106-97, T93-95)**

**FRANCE (Norme Francaise)**

**GERMANY (DGEG Rec.)**

**SWEDEN (SGI)**

**UK(ICE, CIRIA)**

**USA (ASTM D 4945, 5882)ST**

# Сравнение результатов испытаний:

г. Мытищи, ул. Летная, д.30.

Четыре сваи на строительной площадке жилого дома.

Сваи № № 300, 332, 666 и 723 по плану свайного поля.

Заказчик испытаний - НИИОСП им. Герсеванова.

Сваи №№ 300, 332, 666, 723 по плану свайного поля забиты дизель-молотом С-330 с весом ударной части 2,5 т. Сваи забиты 8-9 лет назад неизвестной организацией. Поперечное сечение свай – 30х30 см.

Каждая из указанных свай испытана статической вдавливающей нагрузкой и «с применением волновой теории удара».

Статические испытания выполнены ООО «ФКС-Л» при непосредственном участии сотрудников лаборатории свайных фундаментов НИИОСП им. Герсеванова.

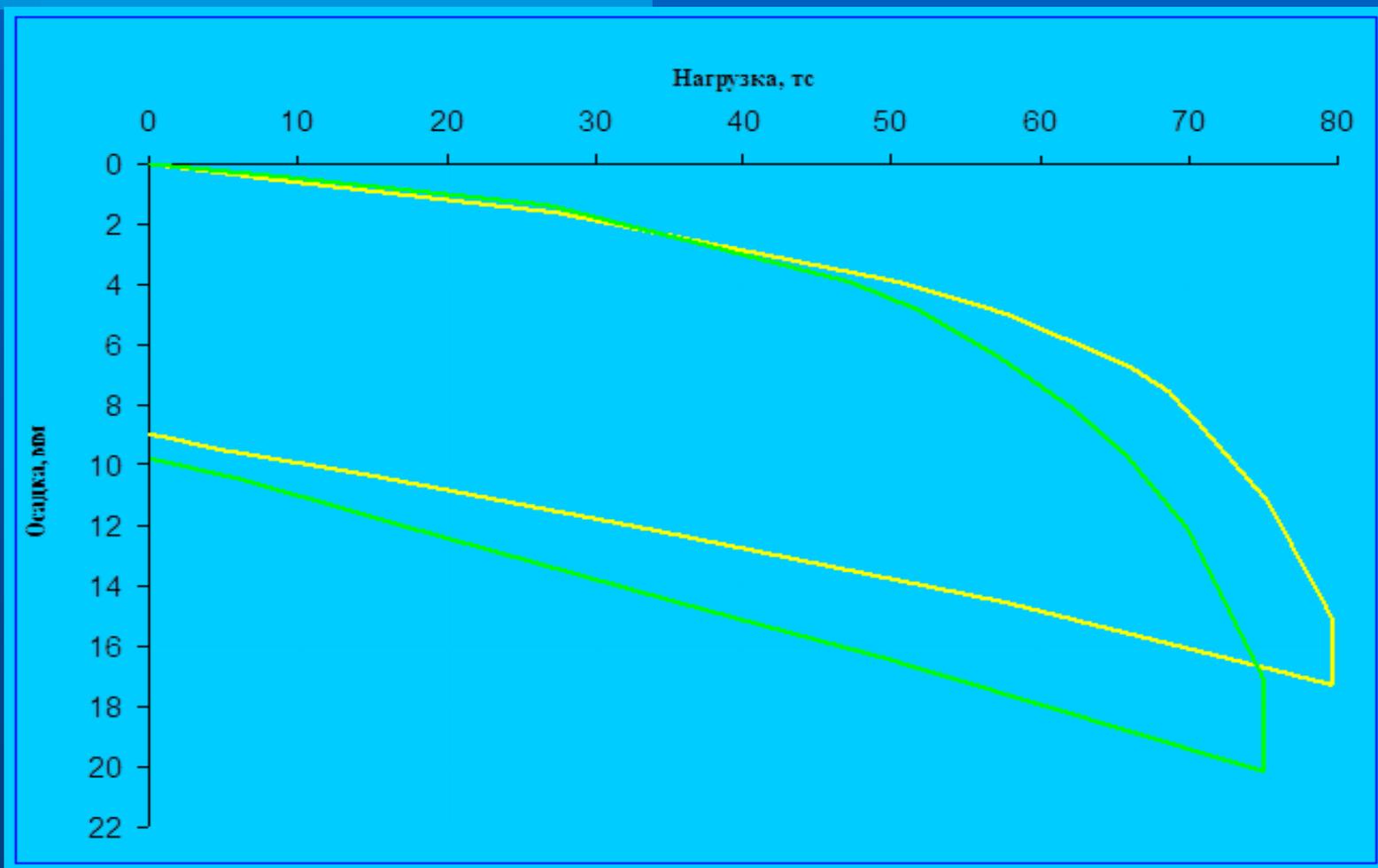
Испытания проведены в мае 2003 г.

Результаты испытаний приведены в таблице и в виде графиков зависимости «нагрузка – осадка» верха свай.

Свая номер	300	332	666	723
Длина свай в грунте, м	4,36	5,69	8,20	5,44
Предельная несущая способность по результатам статических испытаний, тс	80	80	70	75
Предельная несущая способность по результатам испытаний ударной нагрузкой, тс	88	81	80	71
Отличие в величинах предельной несущей способности, тс (%)	8 (10)	1 (1,2)	10 (14)	4 (5)

На рисунках обозначено:  статические испытания;  испытания ударной нагрузкой.

## Сравнение графиков «нагрузка-осадка»



# Сравнение результатов испытаний:

## Испытания буронабивной сваи №50 в строящемся фундаменте жилого дома по адресу: г. Москва, Нагатинно-Садовники, мкр.1, вл.29А, ЮАО.

В декабре 2009 г. проведены испытания буронабивной сваи №50 в строящемся фундаменте жилого дома по адресу: г. Москва, Нагатинно-Садовники, мкр.1, вл.29А, ЮАО.

Испытана буронабивная железобетонная свая с уширенной пятой №50. Свая выполнена в извлекаемой обсадной трубе с отметки - 5,390 с заполнением сульфатостойкой мелкозернистой бетонной смесью литой консистенции класса В30, W10. Общая длина сваи в грунте на день испытаний около 22 метров, диаметр ствола сваи 800 мм, диаметр уширения в основании сваи 2100 мм. Свая опирается на пески пылеватые неоднородные средней плотности водонасыщенные.

Свая №	50	
Вид испытания	«п.8.5»	Статическая нагрузка
Длина сваи в грунте, м	22,0	22,0
Частное значение предельного сопротивления сваи, $F_u$ , тс	1121,1	900,0
в том числе:		
по боковой поверхности, тс	394,2	Не определяется
по подошве, тс	726,9	Не определяется
Расчетная несущая способность $F_d$ , при $\gamma_c=1$ и $\gamma_g=1$ , тс,	1121,1	900,0

**«Комплекс глубокой переработки ВГО  
(1-ый этап). Установка мягкого гидрокрекинга»,  
по адресу: г. Волгоград, ул. 40 лет ВЛКСМ, 55.**



**«Комплекс глубокой переработки ВГО  
(1-ый этап). Установка мягкого гидрокрекинга»,  
по адресу: г. Волгоград, ул. 40 лет ВЛКСМ, 55.**



**«Комплекс глубокой переработки ВГО  
(1-ый этап). Установка мягкого гидрокрекинга»,  
по адресу: г. Волгоград, ул. 40 лет ВЛКСМ, 55.**

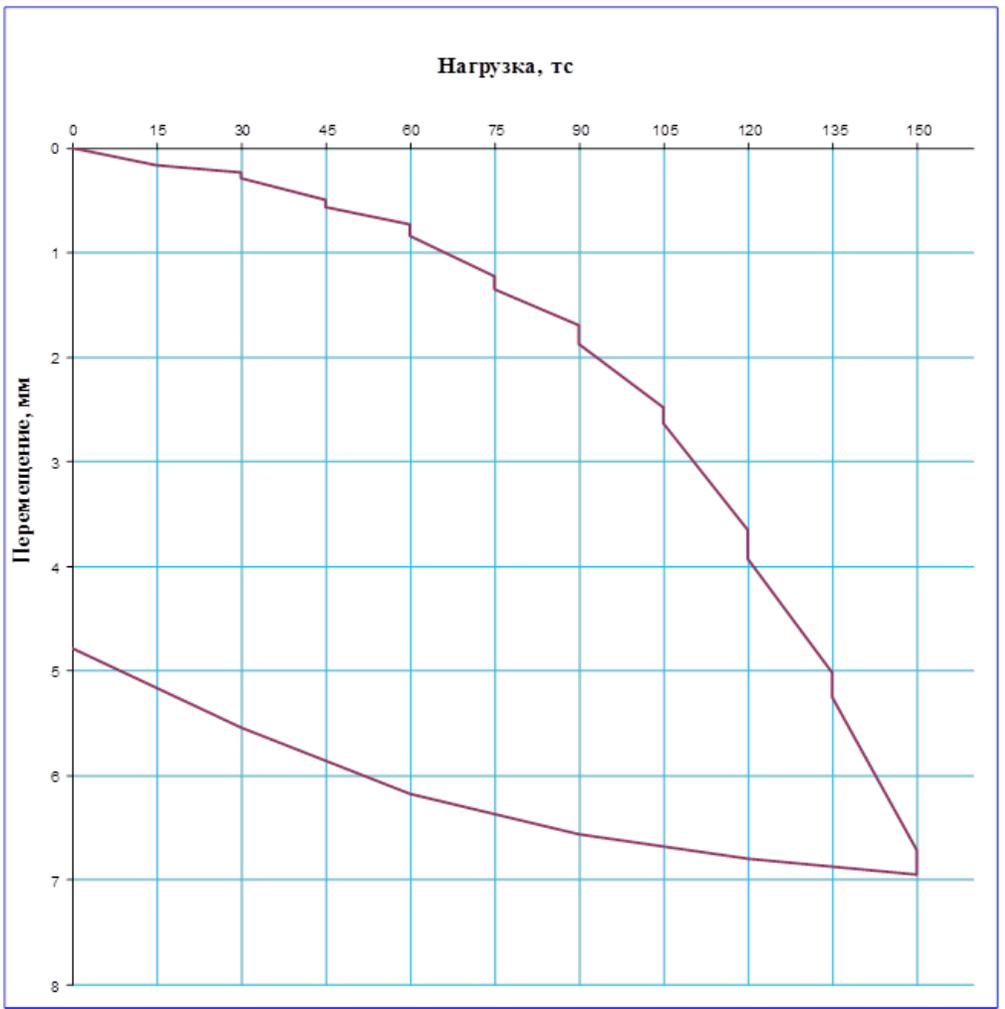
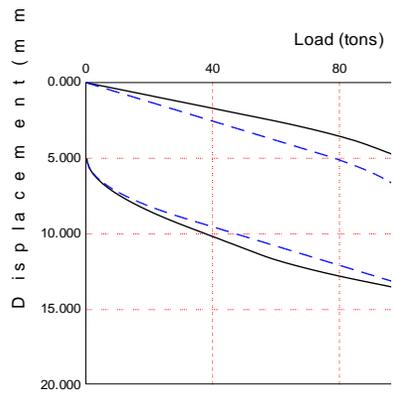
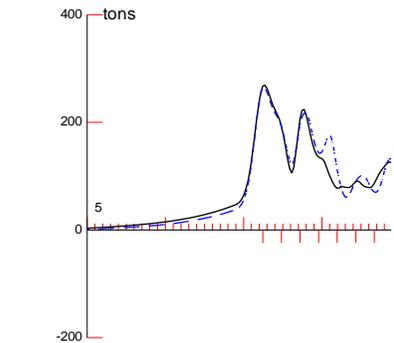
№ сваи	Наименование свай	Глубина погружения, м
5-996	С.90.40.13у	8
6-46	С.90.40.13у	8
№5-297/5-301	С.240.35.13у	16,0
№5-389/5-398	С.240.35.13у	23,0

Таблица 1. Результаты полученные в программе PDA.

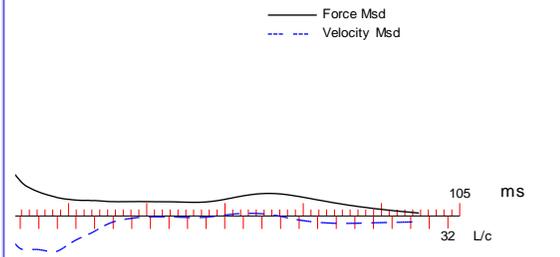
№	№ сваи	Дата испытаний	Длина в грунте (м)	Несущая способность RMX Method Jc=0.5 (тс)	Несущая способность RA2 Method (тс)	Расчетная нагрузка на сваю тс	Общее количество ударов
1	5-996	26/09	8	154,6	139,3	100	174
2	6-46	27/09	8	141,1	87,9	100	138
3	№5-297/5-	27/09	16	282,2	259,9	160	224
4	№5-389/5-	27/09	23	223,0	219,8	160	379

# «Комплекс глубокой переработки ВГО (1-ый этап). Установка мягкого гидрокрекинга», по адресу: г. Волгоград, ул. 40 лет ВЛКСМ, 55.

VOLGOGRAD LUKOIL 26.09.13.; Pile: 1  
Technotest Ltd



14-Dec-2013  
CAPWAP(R) 2006-3



**«Комплекс глубокой переработки ВГО  
(1-ый этап). Установка мягкого гидрокрекинга»,  
по адресу: г. Волгоград, ул. 40 лет ВЛКСМ, 55.**

№	Номер сваи	Дата испытаний	Длина в грунте	CAPWAP Results			Наличие повреждений ствола сваи
				Общая несущая способность	Боковая поверхность сваи	Пята сваи	
			М	Т	Т	Т	
1	5-996	26/09	8	144,9	40,1	104,8	нет
2	6-46	27/09	8	120,5	37,4	83,1	нет
3	№5-297/5-301	27/09	16	255,8	35,1	220,7	нет
4	№5-389/5-398	27/09	23	194,8	68,3	126,5	два

Свая №	5-996	6-46	№5-297/5-301	№5-389/5-398
Частное значение предельного сопротивления сваи, $F_u, тс$	150,0	150,0	240,0	240,0
Расчетная несущая способность $F_d$ , при $\gamma_c=1$ и $\gamma_g=1$ , тс,	150,0	150,0	240,0	240,0

Береговой комплекс переработки (БКП) был построен в 8 км от буровой площадки недалеко от мыса недалеко от мыса Нгаян, в 1 км западнее от залива Чайво. Комплекс будет перерабатывать сырую нефть добытую на месторождениях Чайво и Одопту

#### МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ



Место проведения работ

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТ: Анализ забивки свай

ЗАКАЗЧИК: Флуор Дэниел Евразия.

ИМПОЛНИТЕЛЬ: Технотест

КОНТРАКТ No.: A2165791-FDEI-90-F079



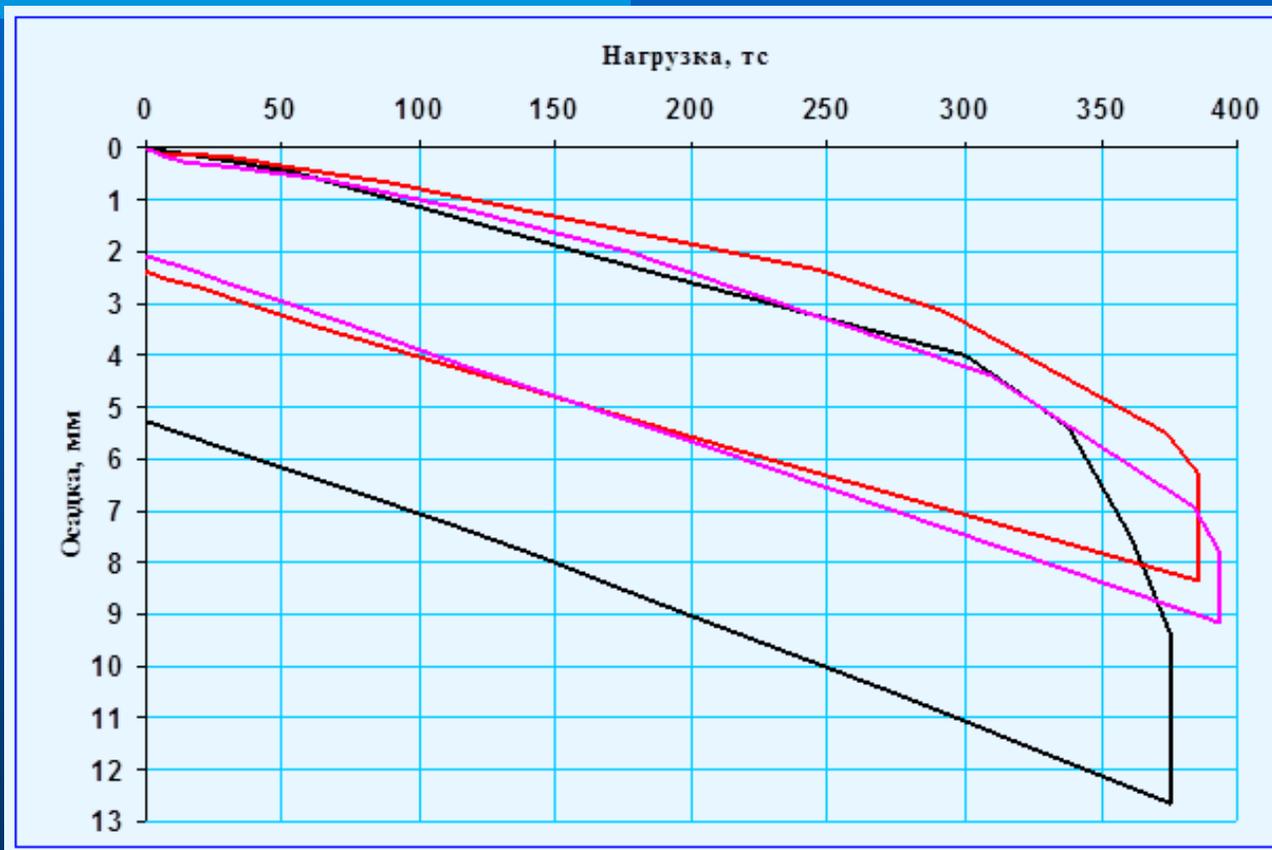
# «Реконструкция БКП Чайво»

Летом 2010 года проведены испытания забивных железобетонных свай № № 246, 356, 441 и 541с применением метода волновой теории удара, а также статические испытания 2-х буронабивных свай № 71 и № 110 на объекте: «Реконструкция БКП Многофункциональный жилой дом» по адресу: Москва, пр. Вернадского, вл. 105».

Все проверенные сваи представляли собой стальные трубы, изготовленные по стандарту API.5L SR5B Grade 42 с внешним диаметром 762 мм и толщиной стенки 12.7 мм. Все сваи состояли из трех частей. Сваи были погружены с помощью дизель- молотов APE D62-42 OE и APE D30-32 OE. Характерные геологические условия на площадке строительства: 7-9 м – глина песчаная с линзами песка, с дресвой, гравием, галькой и щебнем, полутвердая; ниже на 0,5-1,2 м располагается суглинок песчаный с линзами песка, с гравием и дресвой, полутвердый; еще ниже – пески мелкие, слюдястые, плотные, водонасыщенные с прослоями песчаника, суглинка, глины, в основании известняки.

Вид испытаний	«п.8.4»				Статические	
Свая №	246	356	441	541	71	110
Длина сваи в грунте, м	20,4	20,8	19,7	20,6	20,4	20,4
Частное значение предельного сопротивления сваи, F <sub>ср</sub> , тс	408,0	385,4	392,6	393,8	375,0	400,0
в том числе:						
по боковой поверхности, тс	195,2	205,3	220,6	207,5		
по подошве, тс	212,8	180,1	172,0	186,3		
Расчетная несущая способность F <sub>д</sub> , при γ <sub>с</sub> =1 и γ <sub>г</sub> =1, тс,	408,0	385,4	392,6	393,8	375,0	400,0

# Сравнение результатов испытаний:



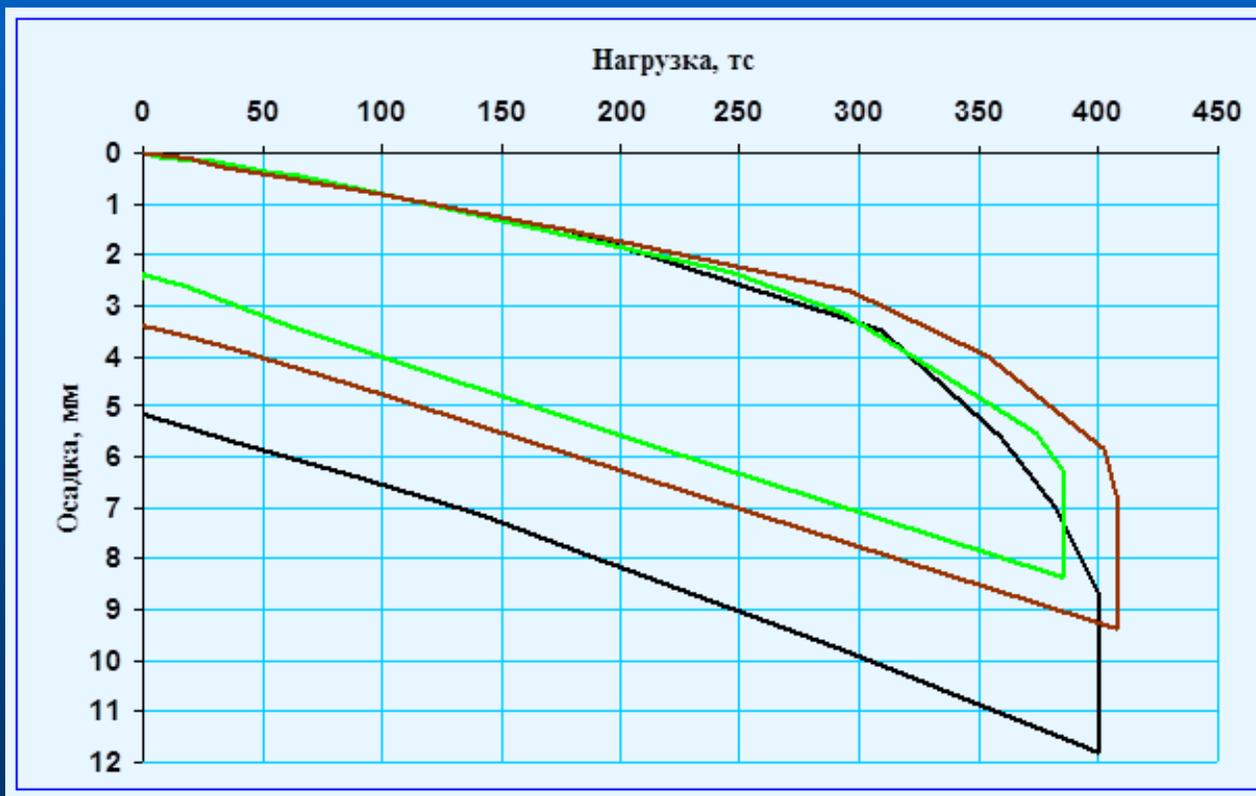
Статические испытания свай № 71

Испытания методом «8.4» свай:

№ 356 —

№ 541 —

# Сравнение результатов испытаний:



Статические испытания сваи № 110

Испытания методом «8.4» сваи:

№ 7 ———

№ 15 ———

## Краткий список объектов на котором уже были применены испытания «методом волновой теории удара»:

2008 год

Объект: Реконструкция Дома Министерства обороны Российской Федерации. Надземный переход между корпусом 5 и ЛДЦ», расположенного по адресу: г. Москва, наб. Фрунзенская, д. 22/2

2009 год

Объект: МО, г.Клин, Клинский стекольный завод

Объект: Республика Коми, г. Микунь,  
Газопровод «Реконструкция цеха 3-бис КС-12 Микунь»

2010 год

Объект: Краснодарский край, Темрюкский р-н, поселок Волна.  
«Производственно- перевалочном комплексе ООО «Пищевые ингредиенты». Порт. Подходная эстакада. (1-ый этап)»

## Краткий список объектов на котором уже были применены испытания «методом волновой теории удара» (продолжение):

2010 год

Объект: г. Санкт-Петербург, Комплекс защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений

Объект: Тульская область, пос.Новогуровский, Цементный завод Heidelbergcement

2011 год

Объект: о. Сахалин, Проект «Сахалин-1». Промысловый трубопровод СБП Одопту- БКП Чайво

Объект: Московская Область, Сергиево-Посадский р-он, г.п. «Богородское», Загорская ГАЭС-2 на р. Кунье

Объект: «Реконструкция существующего вокзала станции Адлер с сооружением нового пассажирского терминала.

## Краткий список объектов на котором уже были применены испытания «методом волновой теории удара» (продолжение):

2012 год

Объект: «ТЭЦ-12 филиал ОАО «Мосэнерго». Строительство ПГУ-220Т. Здания КРУЭ 110-220кВ и автотрансформаторов» по адресу: РФ, г. Москва, Бережковская наб., 16.

2013 год

Объект: Гостиница с подземной автостоянкой по адресу: г. Волгоград, Центральный район, ул. Краснознаменная, дом 5а.

Объект: Гостиница на 145 номеров по адресу: г. Воронеж, Красноармейский переулок, уч.3в.

Объект: «Новочеркасская ГРЭС. Энергоблок №9» по адресу: Ростовская область, г. Новочеркасск, Багаевское шоссе, 10.

## Краткий список объектов на котором уже были применены испытания «методом волновой теории удара» (продолжение):

2014 год

Объект: «Мост через реку Сетунь» по адресу:  
Московская область, Одинцовский район, п. Заречье.

Объект: «Корпус Академии криптографии» по адресу: г. Москва,  
проспект Вернадского, 12.

2015 год

Объект: «Многоуровневый паркинг с многофункциональным комплексом по ул. Новгородцевой в Кировском районе г. Екатеринбурга».

Объект: «Многоквартирный жилой дом по ул. Гомельская в Ворошиловском районе Волгограда».

## Краткий список объектов на котором уже были применены испытания «методом волновой теории удара» (продолжение):

2016 год

Объект: «Реконструкция компрессорного цеха №4 КС-12 «Микунь». Межцеховые технологические коммуникации (2 этап)». Свайное поле запроектировано – ОАО «Гипроцспегаз».

Объект: «ОАО “Новолипецкий металлургический комбинат”.  
Конвертерный цех №2.

2017 год

Объект: «Завод по производству легковых автомобилей на территории технопарка «Узловая»

Объект: «KARABATAN POWER PLANT. Modules №3, 7, 8, 14» по адресу: Казахстан, г.Атырау

## Краткий список объектов на котором уже были применены испытания «методом волновой теории удара» (продолжение):

2018 год

Объект: ««Торгово–развлекательный центр по улице 40 лет ВЛКСМ в Красноармейском районе г. Волгограда»».

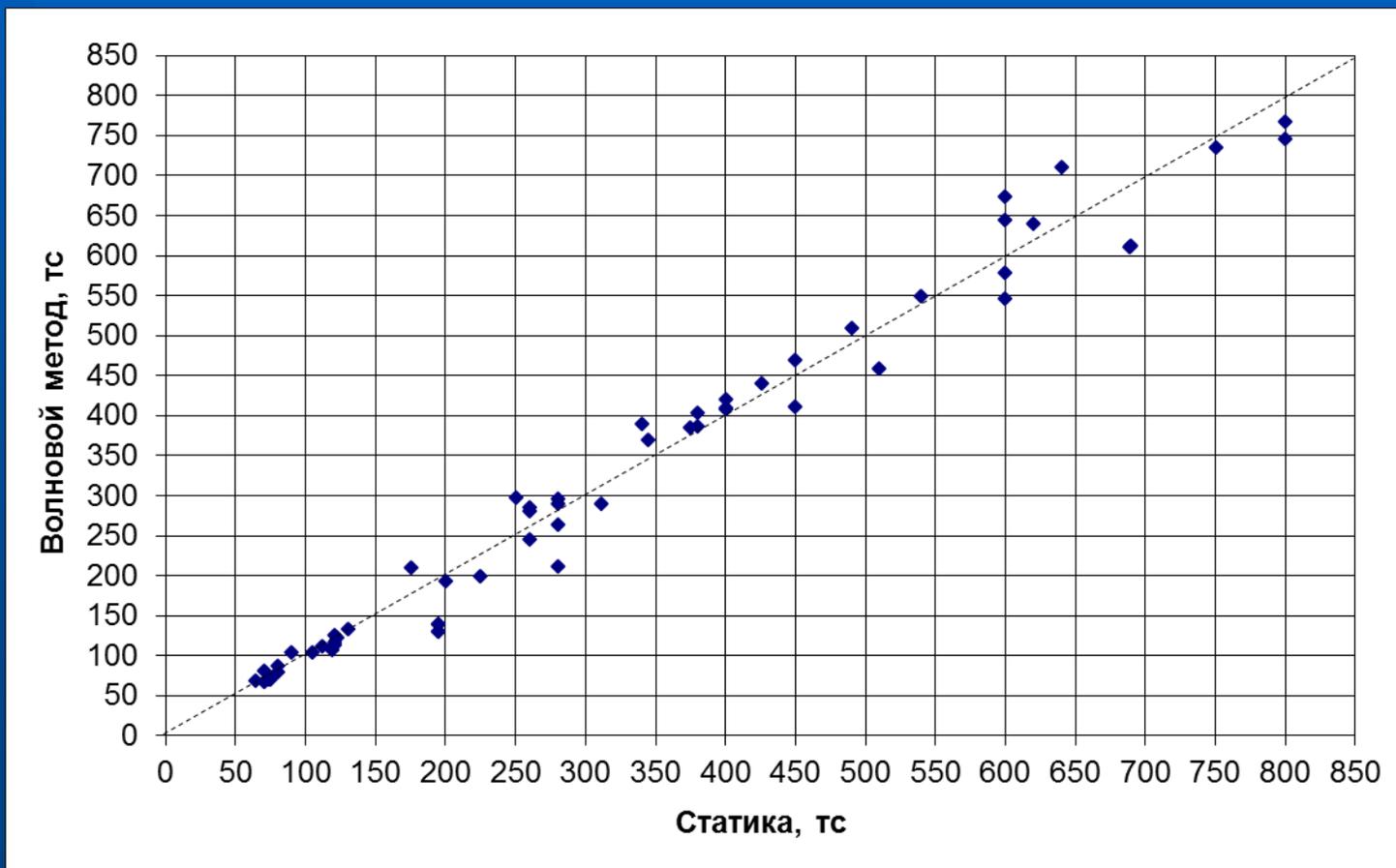
Объект: «Строительство путепровода через ж/д на 19 км а/д ММК-Павловская Слобода-Нахабино у пл. Нахабино. Эстакадная часть.

2019 год

Объект: «Московская область, г. Домодедово, территория «Аэропорт Домодедово», пассажирский терминал Домодедово- 2.

Объект: «Комплекс переработки нефтяных остатков. I этап строительства. на территории завода ООО «ЛУКОЙЛ Нижегороднефтеоргсинтез» по адресу: Российская Федерация, Нижегородская область, Кстовский район, промышленная зона.

# Сравнение результатов испытаний



# Выводы:

1. Результаты выполненных исследований показали, что принятый в методе основанном на волновой теории удара принцип работы системы «свая-грунт» и способ построения графиков зависимости осадок сваи от динамических воздействий, эквивалентных статическим нагрузкам, являются теоретически обоснованными и пригодными для практического применения при погружении забивных свай.
2. Сопоставление приведенных данных свидетельствует о возможности использования результатов методики основанной на волновой теории удара свай для оценки реального сопротивления грунтов, а также подтверждает соображение о необходимости учета вязкой составляющей сопротивления грунтов при выполнении стандартных динамических испытаний.
3. Сравнение диаграмм «нагрузка-осадка» показывает, что общий характер графиков зависимости осадки сваи от величины силового воздействия при статических и «волновых» испытаниях, особенно в части величины предельного сопротивления, практически близко совпадают.