Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И.И. ПОЛЗУНОВА» (АлтГТУ)
кафедра «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия»

УДК 624.154.001.4

СОГЛАСОВАНО:
Генеральный директор
ООО «БАУ групп»



_____ А.А.Казак
"___" _____ **2020 г.**

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по НиМД
ФГБОУ ВО АлтГТУ
им.И.И.Ползунова
д.т.н., профессор



_____ Л.Е.Свистула
"___" _____ **2020 г.**

ОТЧЕТ

по договору № 45-20:

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АНТИКОРРОЗИЙНОГО ПОКРЫТИЯ ВИНТОВЫХ СВАЙ ООО «БАУ групп» ПРИ ИХ ПОГРУЖЕНИИ В АГРЕССИВНЫЕ ГРУНТОВЫЕ УСЛОВИЯ с. ЗДВИНСК НОВОСИБИРСКРЙ ОБЛАСТИ

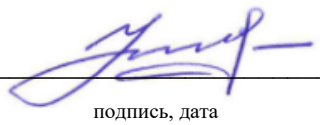
Научный руководитель
канд. техн. наук, доцент _____ И.В.Носков
подпись, дата

Барнаул 2020

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы

Советник РААСН, к.т.н., доцент,
зав. кафедрой «Основания, фундаменты,
инженерная геология и геодезия»
(ОФИГиГ)



подпись, дата

И.В. Носков

Исполнители темы:

Ответственный исполнитель
к.т.н., доцент, зам. зав. кафедрой
«Основания, фундаменты, инженерная
геология и геодезия»

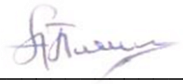


подпись, дата

Б.Ф. Азаров

Инженер

инженер кафедры ОФИГиГ

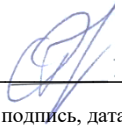


подпись, дата

А.В. Плешков

Инженер

инженер кафедры ОФИГиГ



подпись, дата

Е.В. Дьяков

РЕФЕРАТ

Отчет 47 с., 24 рис., 7 табл., 3 источника, 1 прил.

ВИНТОВАЯ СВАЯ, ИНЖЕНЕРНО - ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, АНТИКОРРОЗИЙНОЕ ПОКРЫТИЕ, ДОЛГОВЕЧНОСТЬ, НАЗЕМНОЕ ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ, СТЕПЕНЬ ПОВРЕЖДЕНИЯ.

Объектом работ являлись винтовые сваи ООО «БАУ групп» при их погружении в агрессивные грунтовые условия с. Здвинск Новосибирской области.

Цель работы –оценка степени повреждения антикоррозийного покрытия и определения «остаточной» долговечности винтовых свай ООО «БАУ групп» при их погружении в агрессивные грунтовые условия, как эффективного и экономически целесообразного метода фундирования, при возведении зданий и сооружений в сложных и агрессивных инженерно-геологических условиях с. Здвинск Новосибирской области.

Для данного объекта по результатам обработки полевых экспериментов винтовых свай ООО «БАУ групп» при их многократном погружении в агрессивные грунтовые условия с. Здвинск Новосибирской области, с помощью технология лазерного сканирования, замеров изменения толщины антикоррозийного покрытия, получена оценке степени повреждения антикоррозийного покрытия и определена «остаточная» долговечность винтовых свай.

В результате выполненных работ продемонстрирована возможность применения технологии наземного лазерного сканирования для количественной оценки изменения параметров винтовых свай ООО «БАУ групп» при их многократном погружении в агрессивные грунтовые условия.

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1 Постановка задачи……..……. . . . ….…… 5

1.1 Цель и задачи работы. . . . . ..…. 5

1.2 Инженерно-геологическая характеристика района работ ……. 5

1.3. Краткая характеристика винтовых свай……. 7

1.4 Средства и методы проведения работ……. 10

Раздел 2 Выполнение наземного лазерного сканирования …… 10

2.1 Характеристики наземного лазерного сканера …….. 10

2.2 Программные продукты для обработки данных сканирования ……. 12

Раздел 3 Обработка результатов. . . . . ..…….. 15

3.1 Обработка результатов наземного лазерного сканирования…. 15

3.2.Определение толщины защитного слоя ……. 27

3.3. Определению «остаточной» долговечности винтовых свай …….. 35

4.ВЫВОДЫ…… 40

5.Список использованных источников 42

6.Приложения 43

6.1 Приложение 1. Определение толщины защитного слоя…… 44

РАЗДЕЛ 1. Постановка задачи.

1.1. Цель и задачи работ.

Цель работы «Исследование долговечности антикоррозийного покрытия винтовых свай ООО «БАУ групп» при их погружении в агрессивные грунтовые условия с. Здвинск Новосибирской области» являлась оценка степени повреждения антикоррозийного покрытия и определения «остаточной» долговечности винтовых свай ООО «БАУ групп» при их погружении в агрессивные грунтовые условия, как эффективного и экономически целесообразного метода устройства фундаментов при возведении зданий и сооружений в сложных и агрессивных инженерно-геологических условиях с. Здвинска Новосибирской области.

При выполнении работы решались следующие задачи:

- разработка программы по обработке полевых испытаний винтовых свай ООО «БАУ групп» при их погружении в агрессивные грунтовые условия с. Здвинск Новосибирской области с учетом возможного повреждения антикоррозийного покрытия о крупно обломочные и песчаные включения;

- обработка результатов полевых экспериментов винтовых свай ООО «БАУ групп» при их погружении в агрессивные грунтовые условия с. Здвинск Новосибирской области, с помощью технология лазерного сканирования и программных комплексов;

- разработка и вывод зависимости по оценке степени повреждения антикоррозийного покрытия и определения «остаточной» долговечности винтовых свай изготовления ООО «БАУ групп» при их погружении в агрессивные грунтовые условия по результатам проведенных полевых экспериментов в с. Здвинск Новосибирской области.

1.2. Инженерно-геологическая характеристика района работ

Согласно отчета об инженерно-геологических изысканиях, выполненных специалистами ООО «ГеоЛабСибирь» (Технический отчет.

Шифр 36/08-19. Объект «Жилой дом по ул. Советская в с. Здвинск Новосибирской области») в геоморфологическом отношении площадка расположена в пределах левобережного Приобского плато.

В геологическом строении участка принимают участие верхне-, среднечетвертичные озерно-аллювиальные отложениями (la II-III), представленными слоями суглинков с различными показателями текучести перекрытые с поверхности почвенно-растительным слоем (b IV) (рисунок 1). В сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой до глубины 10.0 м, в соответствии с номенклатурой ГОСТ 25100-2011 "Грунты. Классификация" выделено 2 инженерно-геологических элемента:

ИГЭ-1. Почвенно-растительный слой, распространен по всей площадке изысканий мощностью 0.5-1.2 м.

ИГЭ-2. Суглинок тяжелый пылеватый мягкопластичный насыщенный водой, вскрытой мощностью 8.8-9.5 м.

На момент изысканий (июль 2019 г.) подземные воды вскрыты всеми скважинами, установившийся уровень грунтовых вод зафиксирован на глубине 1.5-1.9 м (отметки уровня 88.10- 88.50 м). По типу и гидравлическим условиям подземные воды относятся к грунтовым безнапорным. Возможное повышение уровня грунтовых вод составит 1.0 м. По химическому составу грунтовые воды гидрокарбонатно-кальциевые II -го типа по классификации Алехина, пресные – сухой остаток составляет 793-835 мг/л, очень жесткие (общая жесткость 11.9-12.3 мг-экв), pH = 6.7-6.8 (реакция воды слабокислая). Агрессивная углекислота отсутствует. Вода по всем показателям не оказывает агрессивного воздействия на бетоны всех марок, отвечающих требованиям ГОСТ 10178-76 и ГОСТ 22266-76. При воздействии на арматуру железобетонных конструкций, вода по содержанию в ней хлоридов в пересчете на ионы хлора неагрессивная при постоянном погружении и слабоагрессивная при периодическом смачивании (СП28.13330.2012).

По данным лабораторных определений коррозионная агрессивность грунтов к углеродистой низколегированной стали высокая.

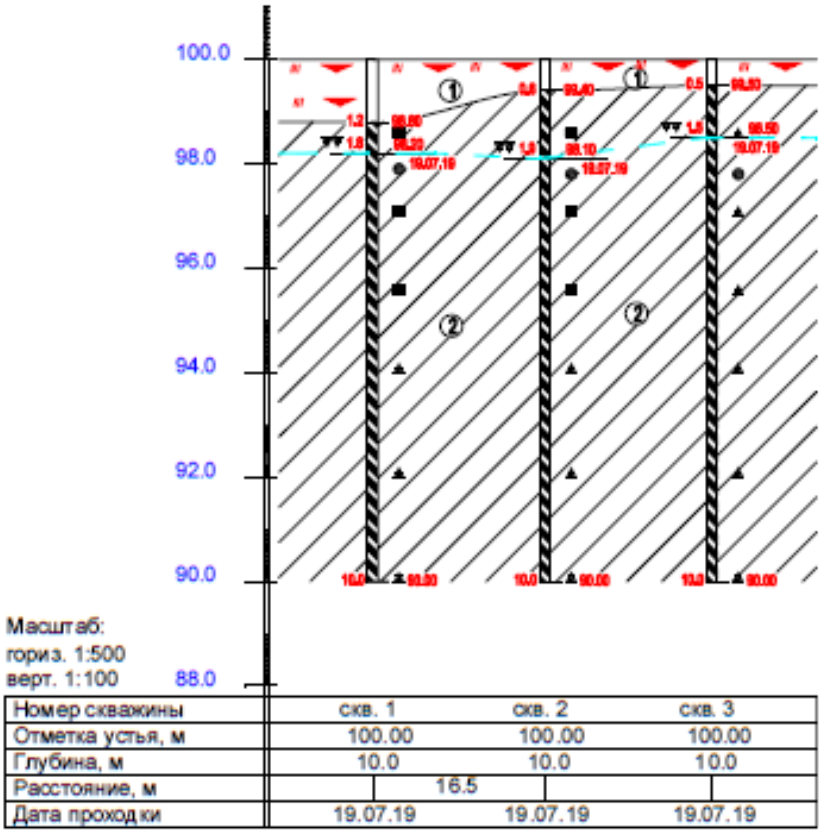


Рисунок 1 –Инженерно-геологический разрез

1.3. Краткая характеристика винтовых свай

Для проведения научно-исследовательской работы по определению долговечности антикоррозийного покрытия винтовых свай ООО «БАУ групп» при их погружении в агрессивные грунтовые условия с. Здвинск Новосибирской области были использованы сваи винтовые конусно-двухлопастные SVL–K BAU FC 114(4,5)*350(6)*350(6)*4000, имеющие защитное покрытие из цинка толщиной не менее 100 мкм по ГОСТ 9.307-89 (ИСО 1461-98) и шестислойного лако-красочного покрытия (ЛКП) из грунтовки и эмали типа ХС по ГОСТ 23494-79 общей толщиной 200 мкм. Толщина стальной стенки сваи составляет 4,5 мм (рисунок 2, рисунок 3).

Для исследований были переданы исполнителю 4 сваи: 1-эталонная с неразрушенным защитным покрытием заводского исполнения без погружения в грунты; 2-свая погруженная и извлеченная из грунта 1 раз; 3 - свая погруженная и извлеченная из грунта 6 раз: 4 - свая погруженная и извлеченная из грунта 8 раз.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ ИЗДЕЛИЯ № 30

Россия, 630007, Новосибирская обл., г. Новосибирск, ул. Советская, 4а, офис 719.

http://baufundament.ru/

Заказ № Для научно-исследовательской работы «Исследование долговечности антикоррозионного покрытия винтовых свай ООО "БАУ групп" при их погружении в агрессивные грунтовые условия с. Здвинск Новосибирской области» в рамках договоров 09/02-20 от 27.02.2020 и 45-20 от 10.03.2020

Партия № 1

Количество, 4

Заказчик : «ООО «ЛВЛДОМ.РЕГИОНАЛЬНЫЙ ФОНД»

1. Тип винтовых свай: винтовая конусно-лопастная
2. Условное обозначение: винтовой фундамент SVL BAU FC 114(4,5) *400(6)*400(6)*4000
3. Дата изготовления 05.03.2020г.
4. Стальные винтовые сваи изготовлены в соответствии с ГОСТ 380-81, ГОСТ 10705-80, ГОСТ 10704-91, группа В, ГОСТ 380-2005, ГОСТ 14637-89
5. Стальные винтовые сваи изготовлены из сталей марок:
   - ствол: ст3сп
   - лопасть: ст3сп
   - спираль:
   - фланец: ст3сп
   и соответствуют требованиям рабочей документации.
   Оригиналы документов о качестве, сертификаты на металлопрокат хранятся на предприятии.
6. Сварка соответствует требованиям нормативных документов и рабочей документации.
   Оригиналы документов о качестве, сертификаты на сварочные материалы хранятся на предприятии.
7. Винтовые сваи защищены от коррозии:
   - горячим цинкованием ГОСТ 9.307-89 не менее 100 мкм, с последующей грунтовкой ХС-059 в 2 слоя общей толщиной 40 мкм и окраской эмалью ХС-759 по ГОСТ 23494-79 в 4 слоя общей толщиной 160 мкм.
   Оригиналы документов о качестве, сертификаты на материалы для защитных покрытий хранятся на предприятии.
8. Гарантийный срок хранения винтовых свай в соответствии с гарантийным талоном на продукцию БАУ.
9. Документ о качестве составлен на основании приемочных актов ОТК.

Настоящий документ о качестве гарантирует соответствие изготовленных стальных винтовых свай рабочей документации и нормативным документам.

Инженер ОТК Колмакова В.А. 10.03.20 г

Ф.И.О. подпись дата м.п.

ОТК ПРОВЕРЕНО

Общество с ограниченной ответственностью «БАУ групп»,
Россия, 630007, г. Новосибирск, ул. Советская 4а, офис 719
Телефон: +7 (383) 202-13-56, 8 (800) 550-75-20
E-mail: info@baufundament.ru Сайт: www.baufundament.ru
ИНН/КПП 5404365479 / 540601001 ОГРН 1085404018589
Расчётный счёт: 40702810332010000142
в филиал ПАО "БАНК УРАЛСИБ" в г. Новосибирск,
Корр. счёт: 30101810400000000725, БИК 045004725

Рисунок 2 – Технический паспорт изделия

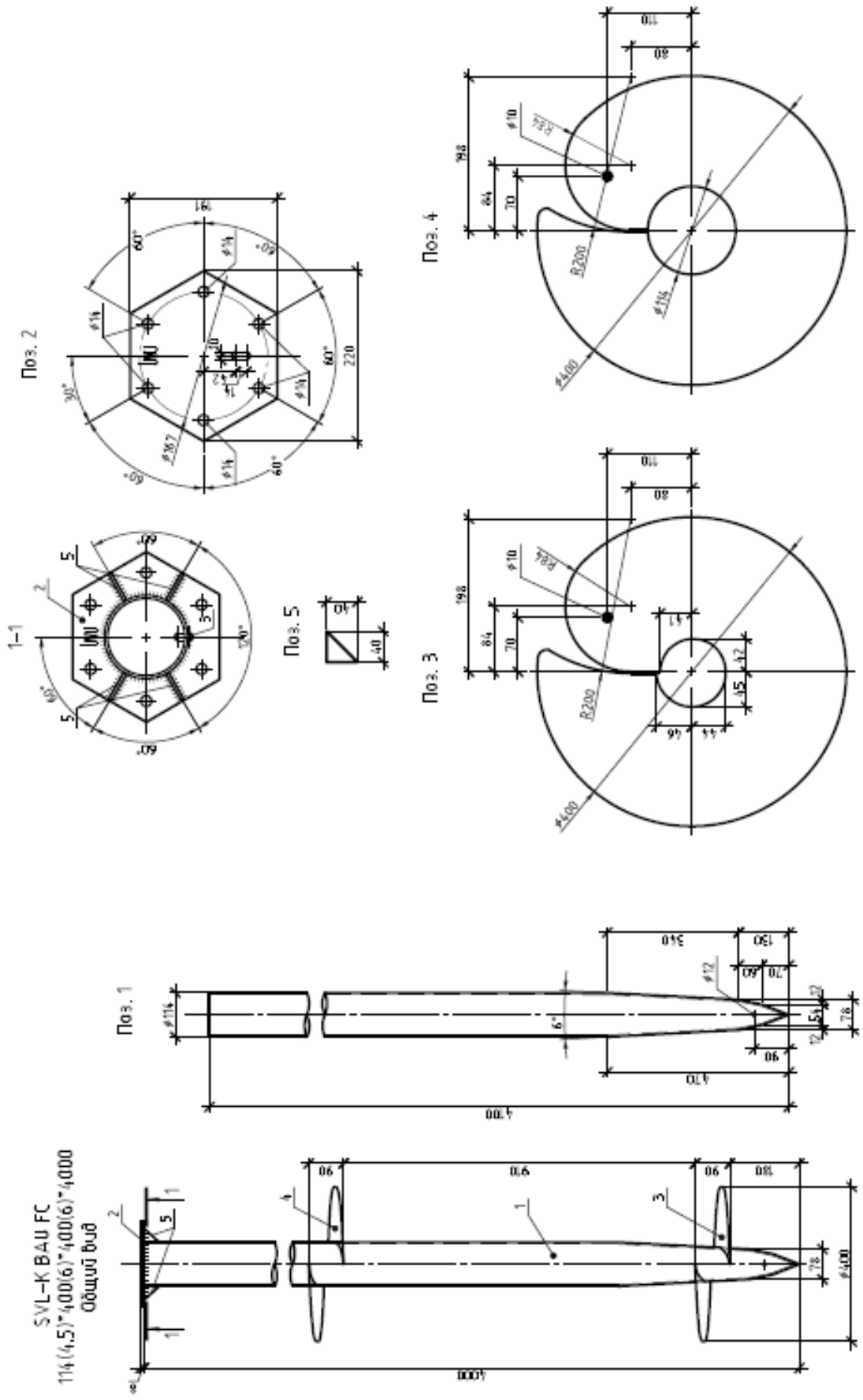


Рисунок 3 - Свая SVL-K BAU FC 114(4,5)*400(6)*400(6)*4000.

1.4. Средства и методы проведения работ

Для выполнения поставленных целей были применены следующие методы выполнения работ:

- обмеры с целью установления фактических размеров винтовых свай;
- определение толщины защитного слоя (суммарного, включающего цинковое покрытие и слой грунтовки и краски, а также отдельно цинкового слоя).

Обмеры выполнялись средствами программ КРЕДО 3D СКАН и TOPOCAD по облакам точек лазерных отражений (ТЛО), полученным в результате лазерного сканирования свай. Сканирование выполнялось прибором GTL-1000 фирмы TOPCON. Для обработки данных сканирования использовалось программное обеспечение ПО MAGNET Collage.

Для каждой сваи по результатам сканирования определялась ее длина, диаметр в нескольких местах и размеры винтов. Определение толщины защитного слоя выполнялось толщиномером Etari ET 444.

РАЗДЕЛ 2. Выполнение наземного лазерного сканирования

2.1. Характеристики наземного лазерного сканера

Для определения размеров свай использовался прибор GTL-1003. GTL-1003 – новый прибор компании TOPCON , который представляет собой роботизированный тахеометр с интегрированным компактным высокоскоростным сканером. GTL-1003 – это единый инструмент для съемки, разбивки и сканирования с высоким разрешением, в котором возможности роботизированного тахеометра GT-1003 совмещены с компактным сканером.

Помимо функции сканирования сканер с помощью встроенной фотокамеры позволяет при необходимости делать сферические панорамные фотоснимки. В таблицах 1 и 2 приведены основные метрологические характеристики прибора GTL-1003.

Таблица 1 - Метрологические характеристики сканера.

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон измерений: - углов, ° - расстояний, м, не менее: - отражательный режим - отражательный режим на отражающую плёнку - диффузный режим	 от 0 до 360 от 1,3 до 5000,0 от 1,3 до 500,0 от 0,3 до 1000,0
Диапазон измерений расстояний в режиме сканирования, м	от 1,3 до 1000
Диапазон измерений расстояний в режиме быстрого сканирования, м	от 0,6 до 70
Границы допускаемой абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,95), ″	±6
Допускаемая средняя квадратическая погрешность измерений углов, ″	3
Допускаемая средняя квадратическая погрешность измерения расстояний, мм: - отражательный режим - отражательный режим на отражающую плёнку - диффузный режим: от 0,3 до 200 м включительно св. 200 до 350 м включительно св. 350 до 1000 м включительно	 $1+2\cdot10^{-6}\cdot D$ $2+2\cdot10^{-6}\cdot D$ $2+2\cdot10^{-6}\cdot D$ $5+10\cdot10^{-6}\cdot D$ $10+10\cdot10^{-6}\cdot D$ где D – измеряемое расстояние, мм
Допускаемая средняя квадратическая погрешность измерения расстояний в режиме сканирования, мм: от 0,3 до 200 м включительно св. 200 до 350 м включительно св. 350 до 1000 м включительно	 $2+2\cdot10^{-6}\cdot D$ $5+10\cdot10^{-6}\cdot D$ $10+10\cdot10^{-6}\cdot D$ где D – измеряемое расстояние, мм
Допускаемая средняя квадратическая погрешность измерения расстояний в режиме быстрого сканирования, мм	7

Таблица 2 – Основные технические характеристики тахеометра

Наименование характеристики	Значение
Увеличение зрительной трубы, крат, не менее	30
Угловое поле зрения зрительной трубы, не менее	1°30'
Наименьшее расстояние визирования, м, не более	1,3
Цена деления круглого установочного уровня, ′/мм, не более	10/2
Диапазон компенсации компенсатора, ′, не менее	±6
Дискретность отсчитывания измерений: - углов, ″ - расстояний, мм	 0,5 0,1
Угловое поле зрения при сканировании, …º: в горизонтальной плоскости: в вертикальной плоскости:	 от 0 до 360 270
Скорость сканирования, точек в сек.	1
Скорость быстрого сканирования, точек в сек.	100 000
Источник электропитания - напряжение питания постоянного тока, В - ёмкость, А/ч	внутр. аккумулятор 7,2 5,24
Диапазон рабочих температур, °С	от -20 до +50
Диапазон рабочих температур в режиме быстрого сканирования, °С	от -10 до +50
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм, не более	178×212×424
Масса с трегером и аккумулятором, кг, не более	7,2

Использование тахеометра в сочетании со сканером позволяет сократить время выполнения работ на 50% при регистрации большого количества стоянок, выполненных с помощью сканера.

2.2. Программный продукт для обработки данных сканирования

Для обработки данных сканирования используется программа MAGNET Collage. MAGNET Collage – это программное обеспечение, которое позволяет выполнять обработку данных в одной среде с

различных устройств, таких как лазерный сканер Topcon GLS-2000, системы мобильного сканирования и картографирования Topcon IP-S3, системы сканирования дорожного полотна RD-M1, робосканера GTL-1003 и беспилотных летательных аппаратов.

В программе имеется модуль просмотра данных, который может быть запущен без каких-либо средств защиты - MAGNET Collage FreeViewer. Функция автоматической регистрации данных сканирования MAGNET Collage объединяет данные, полученные с различных точек стояния сканера в единую систему координат, используя в качестве связующих точек специальные марки, поставляемые со сканером. Также автоматически может происходить регистрация данных с использованием известных координат точки стояния сканера и точки обратного ориентирования. Даже если сканирование производилось без использования марок, MAGNET Collage позволяет осуществить регистрацию данных только по облакам точек.

Обработка данных в программе MAGNET Collage включает в себя набор функций, предоставляющий пользователю возможности создания чертежей, трехмерных элементов, сечений, поперечников, моделей сложных поверхностей. Вычислительные функции позволяют производить измерения расстояний и углов, рассчитывая как трехмерные значения, так и проекции элементов на координатные плоскости.

Для подсчета объема земляных работ в программе присутствует функция подсчета с определением границ области.

При работе с таким графическими примитивами, как полилинии, можно использовать функции обрезки, сглаживания, объединения и разбиения.

Основные возможности ПО MAGNET Collage:

-автоматическая регистрация облаков точек по маркам, автоматическая регистрация с использованием координат точки стояния и точки обратного ориентирования;

- автоматическая регистрация по облакам точек (без марок);

- управление связями марок;

- настройка уровней детализации объектов;

- функции выделения объектов и облаков точек;

- представление данных в табличном виде;

- создание плоскостей;

- создание полилиний;

- создание сечений;

- создание точек;

- автоматическое создание профилей по TIN-поверхностям;

- автоматическое создание наборов поперечников по TIN поверхностям;

-создание горизонталей;

-создание TIN-поверхностей;

-подсчёт объёмов;

-автоматическая фильтрация случайных помех, полученных при сканировании;

- функции редактирования полилиний – обрезка, объединение, разбиение по кривизине, изменение количества узлов в полилинии;

- функции вычисления значений углов и расстояний, представление значений в различных видах;

- расчет объемов грунта между созданными поверхностями, от поверхности до плоскости, определение границ площади расчета;

- создание редактируемых примечаний;

- импорт данных в форматах ASCII (TXT), AutoCAD (DXF, DWG), PRJ (данные сканера), *shp, *.csv, *.clr, *.clr3, *.pts, *.ptx, *.las, *.e57, *.pcd, *.fls.;

- экспорт данных в форматах ASCII (TXT), AutoCAD (DXF, DWG), PRJ (данные сканера), *shp, *.csv, *.clr, *.clr3, *.pts, *.ptx, *.las, *.e57, *.pcd, *.fls.;

- функции вычисления значений углов и расстояний;
- создание редактируемых примечаний;
- создание ортофотоизображений.

РАЗДЕЛ 3. Обработка результатов

3.1 Обработка результатов наземного лазерного сканирования

Обмеры свай выполнялись средствами программы КРЕДО 3D СКАН по облакам точек лазерных отражений (ТЛО), полученным в результате лазерного сканирования свай (рисунки 4-8).

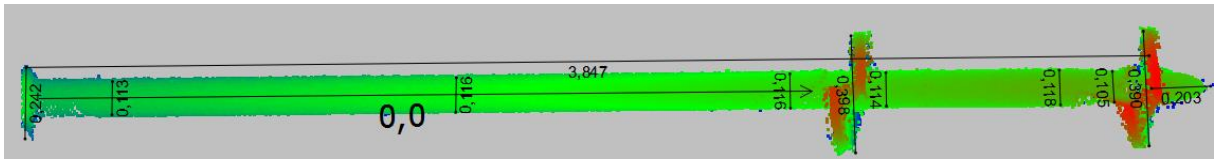


Рисунок 4 – ТЛО эталонной сваи

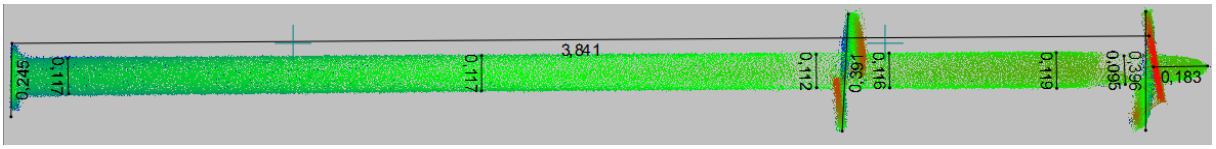


Рисунок 5 – ТЛО сваи 3 (завинчивание-вывинчивание 1 раз)

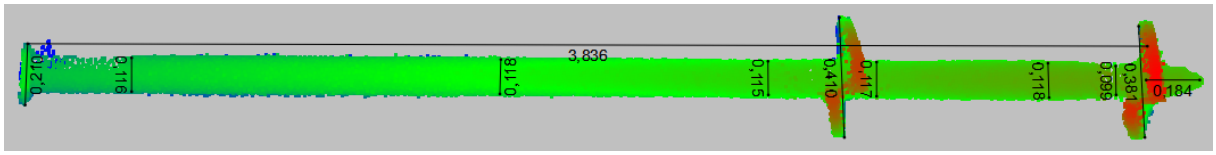


Рисунок 6 – ТЛО сваи 2 (завинчивание-вывинчивание 6 раз)

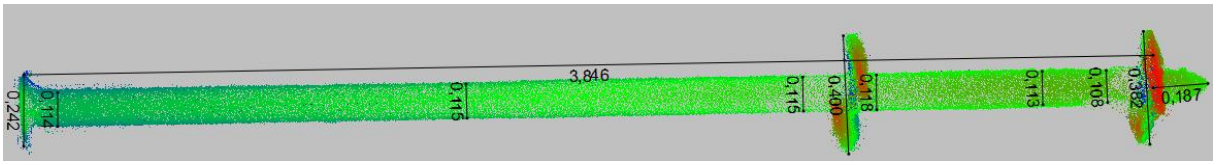


Рисунок 7 – ТЛО сваи 1 (завинчивание-вывинчивание 8 раз)

Сканирование выполнялось прибором GTL-1003 фирмы TOPCON (рисунок 8). GTL-1003 – новый прибор компании TOPCON, который представляет собой роботизированный тахеометр с интегрированным компактным высокоскоростным сканером. Скорость сканирования составляет 100000 точек в секунду. Погрешность измерения углов ±3″, погрешность измерения расстояний ±7 мм. Для обработки данных сканирования используется ПО MAGNET Collage. Для каждой сваи по результатам сканирования определялась ее длина, диаметр в нескольких местах и размеры винтов. Результаты обмеров представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Результаты обмеров свай

№ сваи	Диаметр, мм		Винт-1	Винт-2	оголовок	длина
	Участок-1	Участок-2				
Эталонная свая	113	114	391	396	242	4050
	116	118				
	116	105				
Свая-1	114	118	400	382	242	4033
	115	113				
	115	106				
Свая-2	116	117	410	381	210	4020
	118	118				
	115	99				
Свая-3	117	116	391	396	245	4024
	117	119				
	112	95				





Рисунок 8 – Прибор GTL-1003 - роботизированный тахеометр с интегрированным компактным высокоскоростным сканером

Для оценки достоверности определения габаритов свай, полученных по данным наземного лазерного сканирования, был выполнен натурный обмер эталонной сваи в десяти местах. Обмер в каждом месте выполнялся дважды путем фиксации на полоске миллиметровой бумаги длиной 400 мм длины окружности сваи на разном удалении от ее оголовка. Результаты натурного обмера представлены в таблице 4.

Согласно данным таблицы 4, средняя квадратическая ошибка (СКО) определения диаметра D равна $m_D = \sqrt{\frac{[\delta^2]}{n-1}} = 0.27$ мм. Соответственно, СКО определения величины среднего диаметра $D_{ср}$: $M_D = \frac{m_D}{\sqrt{n}} = 0.09$ мм.

Таким образом, по данным натурного обмера получено среднее значение диаметра ствола эталонной сваи $D^{o}_{ср}$, равное 115,5±0,1 мм.

Таблица 4 - Определение среднего диаметра сваи из натурного обмера

№ измерения	**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ЭТАЛОННОЙ СВАИ: НАТУРНЫЙ ОБМЕР**											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
место измерения	0,0 м от оголовка	0,5 м от оголовка	1,0 м от оголовка	1,5 м от оголовка	2,0 м от оголовка	2,5 м от оголовка	перед винтом 1	за винтом 1	3,0 м от оголовка	3,5 м от оголовка		
Δ, мм	-36	-38	-38	-36	-37	-37,5	-38	-37	37	-38		
	-36	-37	-38	-36	-37	-38	-38	-37	36,5	-39		
L,мм	364	362	362	364	363	362,5	362	363	363	362		
	364	363	362	364	363	362	362	363	363,5	361		
Среднее	364	362,5	362	364	363	362,25	362	363	363,25	361,5		
D, мм	115,86	115,39	115,23	115,86	115,55	115,31	115,23	115,55	115,63	115,07	Dcp = 115,47	
δ=D-Dcp	0,39	-0,08	-0,24	0,39	0,08	-0,16	-0,24	0,08	0,16	-0,40	[δ] =	-0,03
δ^2	0,1559	0,00682	0,05843	0,15594	0,00587	0,02629	0,05843	0,00587	0,02439	0,1607	[δ^2]=	0,6587

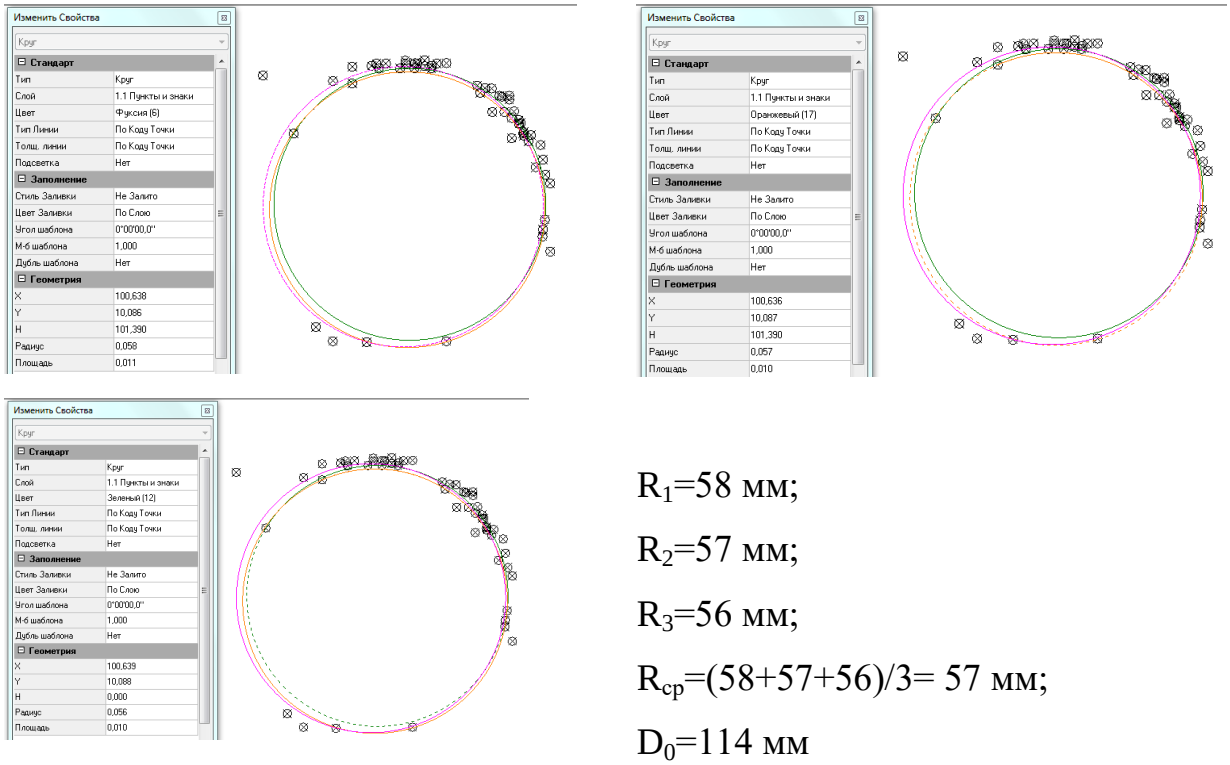
Дополнительно было выполнено определение диаметров эталонной сваи в десяти местах от оголовка по данным наземного лазерного сканирования.

В программе КРЕДО 3D СКАН были созданы облака ТЛО через 0,5 м по облаку эталонной сваи, а также перед лопастью-1 и сразу за ней.

Затем был осуществлен экспорт каждого отдельного облака в программу TOPOCAD.

Далее ее средствами выполнялось определение диаметра сваи на заданном расстоянии от оголовка. Предварительно по точкам облака трижды определялся радиус окружности сваи в заданном месте.

Ниже на рисунках 9-18 представлены результаты определения диаметра сваи на разном удалении от оголовка средствами программы TOPOCAD.



R_1=58 мм;

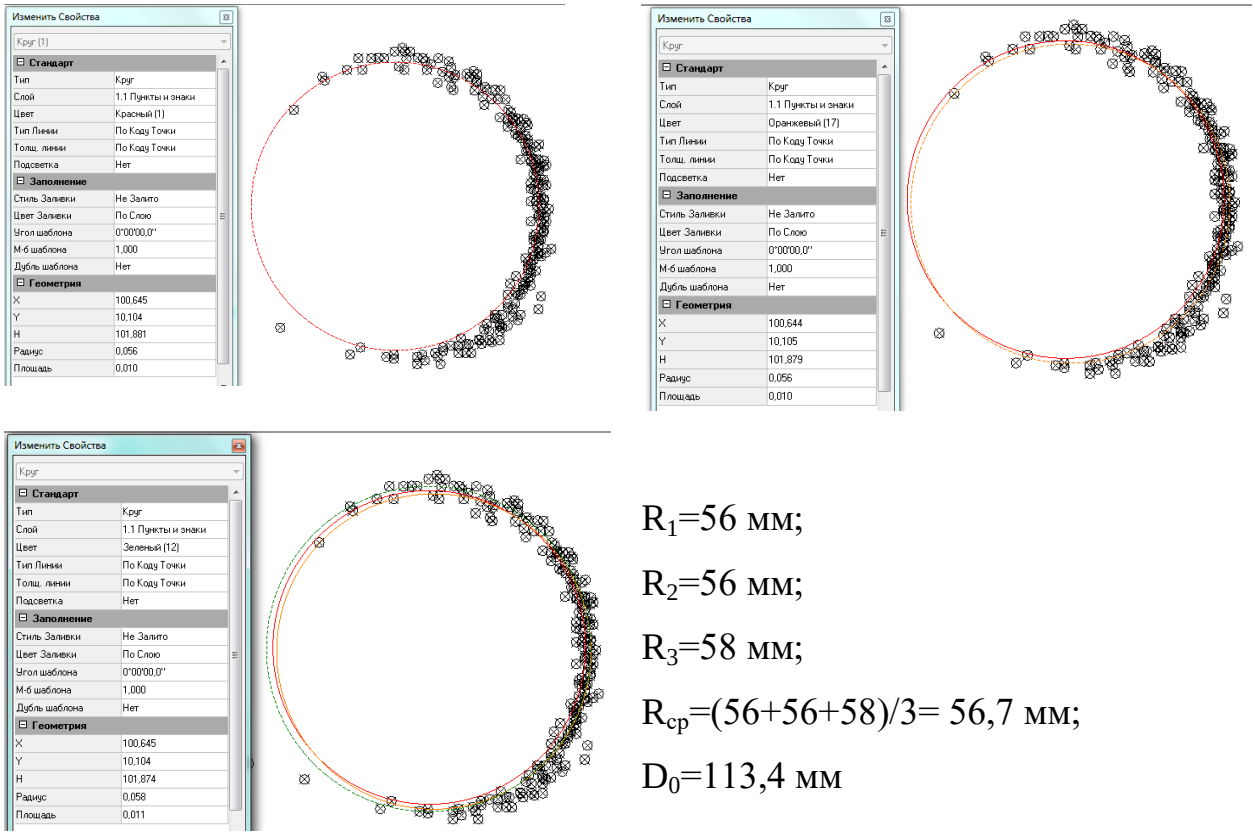
R_2=57 мм;

R_3=56 мм;

$R_{ср}$=(58+57+56)/3= 57 мм;

D_0=114 мм

Рисунок 9 – Определение диаметра сваи на расстоянии 0,0 м от оголовка



R_1=56 мм;

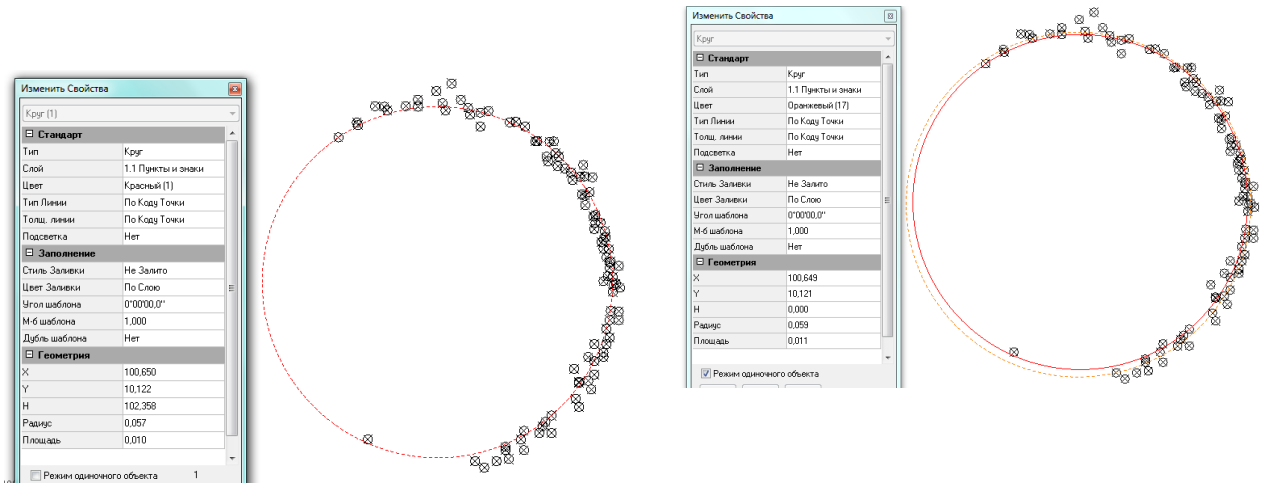
R_2=56 мм;

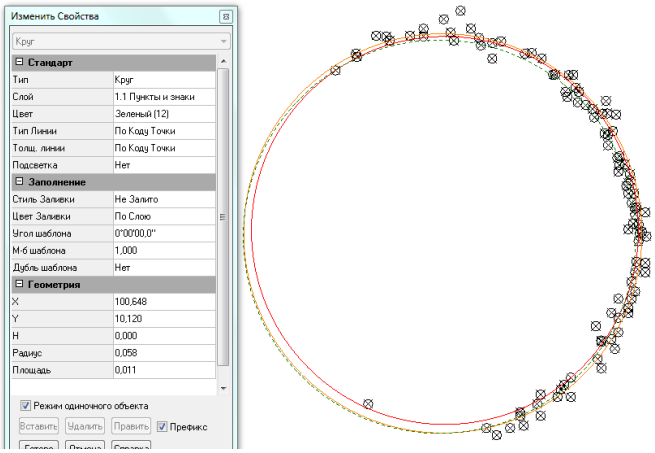
R_3=58 мм;

$R_{ср}$=(56+56+58)/3= 56,7 мм;

D_0=113,4 мм

Рисунок 10 – Определение диаметра сваи на расстоянии 0,5 м от оголовка





R_1=57 мм;

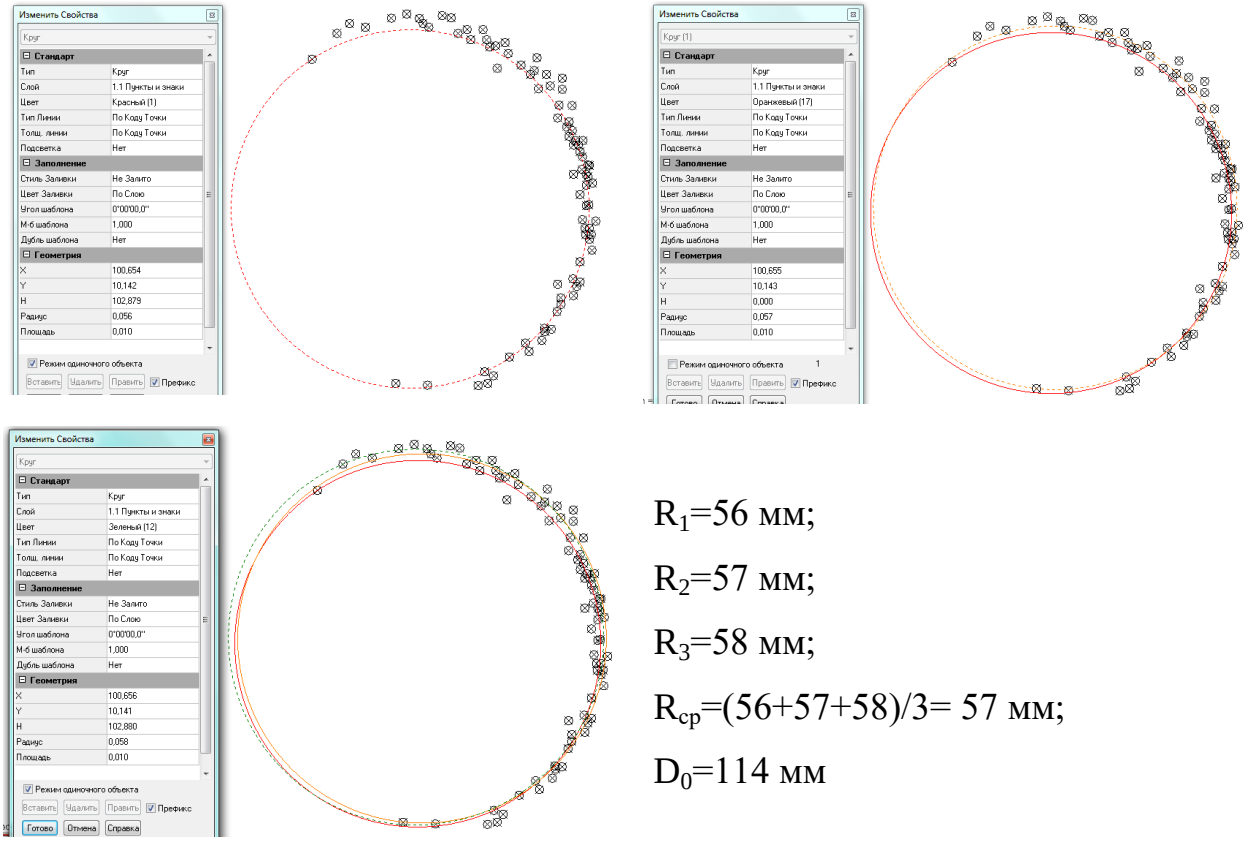
R_2=59 мм;

R_3=58 мм;

$R_{ср}$=(57+59+58)/3= 58 мм;

D_0=116 мм

Рисунок 11 – Определение диаметра сваи на расстоянии 1,0 м от оголовка



R_1=56 мм;

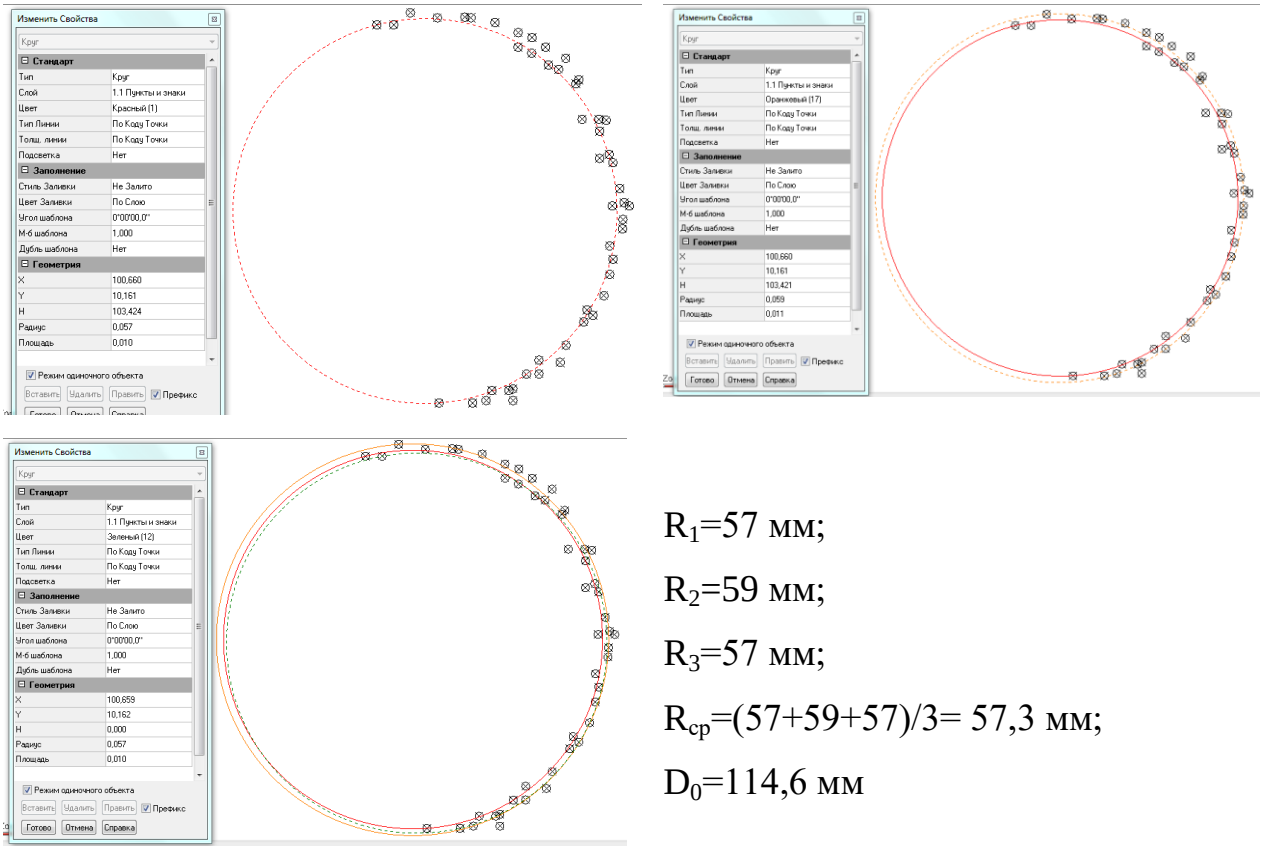
R_2=57 мм;

R_3=58 мм;

$R_{ср}$=(56+57+58)/3= 57 мм;

D_0=114 мм

Рисунок 12 – Определение диаметра сваи на расстоянии 1,5 м от оголовка



R_1=57 мм;

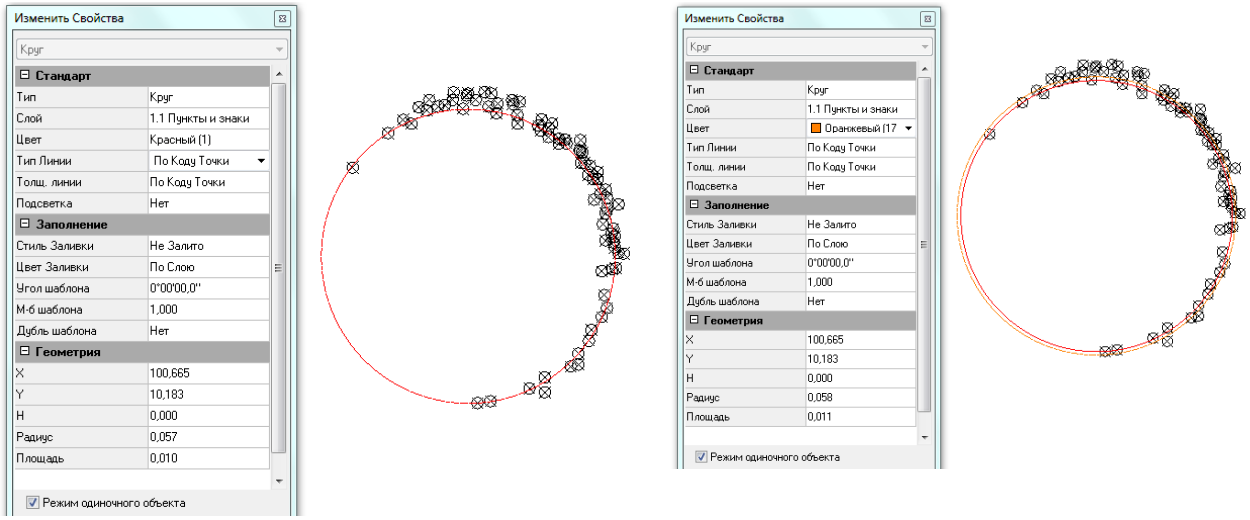
R_2=59 мм;

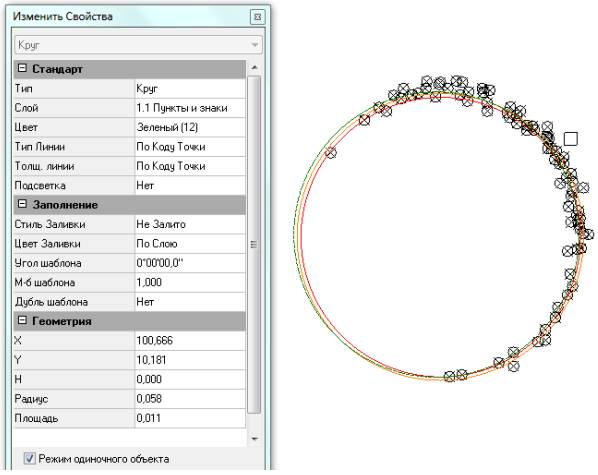
R_3=57 мм;

$R_{ср}$=(57+59+57)/3= 57,3 мм;

D_0=114,6 мм

Рисунок 13 – Определение диаметра сваи на расстоянии 2,0 м от оголовка





R_1=57 мм;

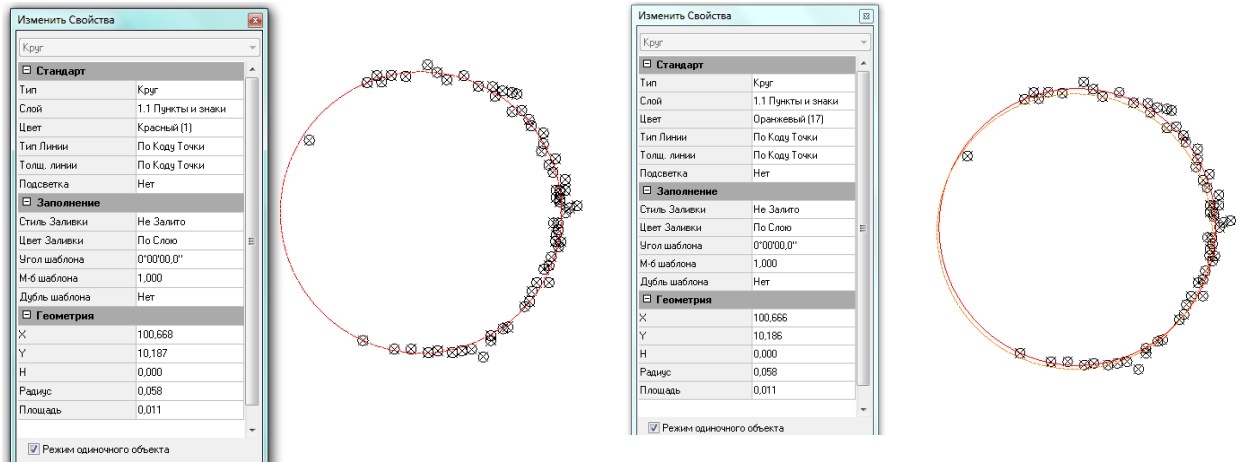
R_2=58 мм;

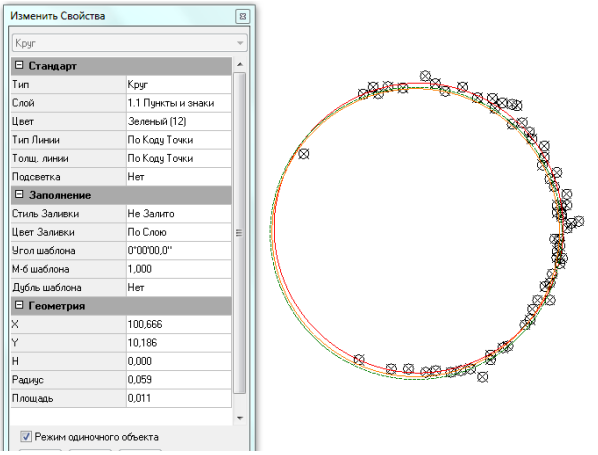
R_3=58 мм;

$R_{ср}$=(57+58+58)/3= 57,7 мм;

D_0=115,4 мм

Рисунок 14 – Определение диаметра сваи на расстоянии 2,5 м от оголовка





R_1=58 мм;

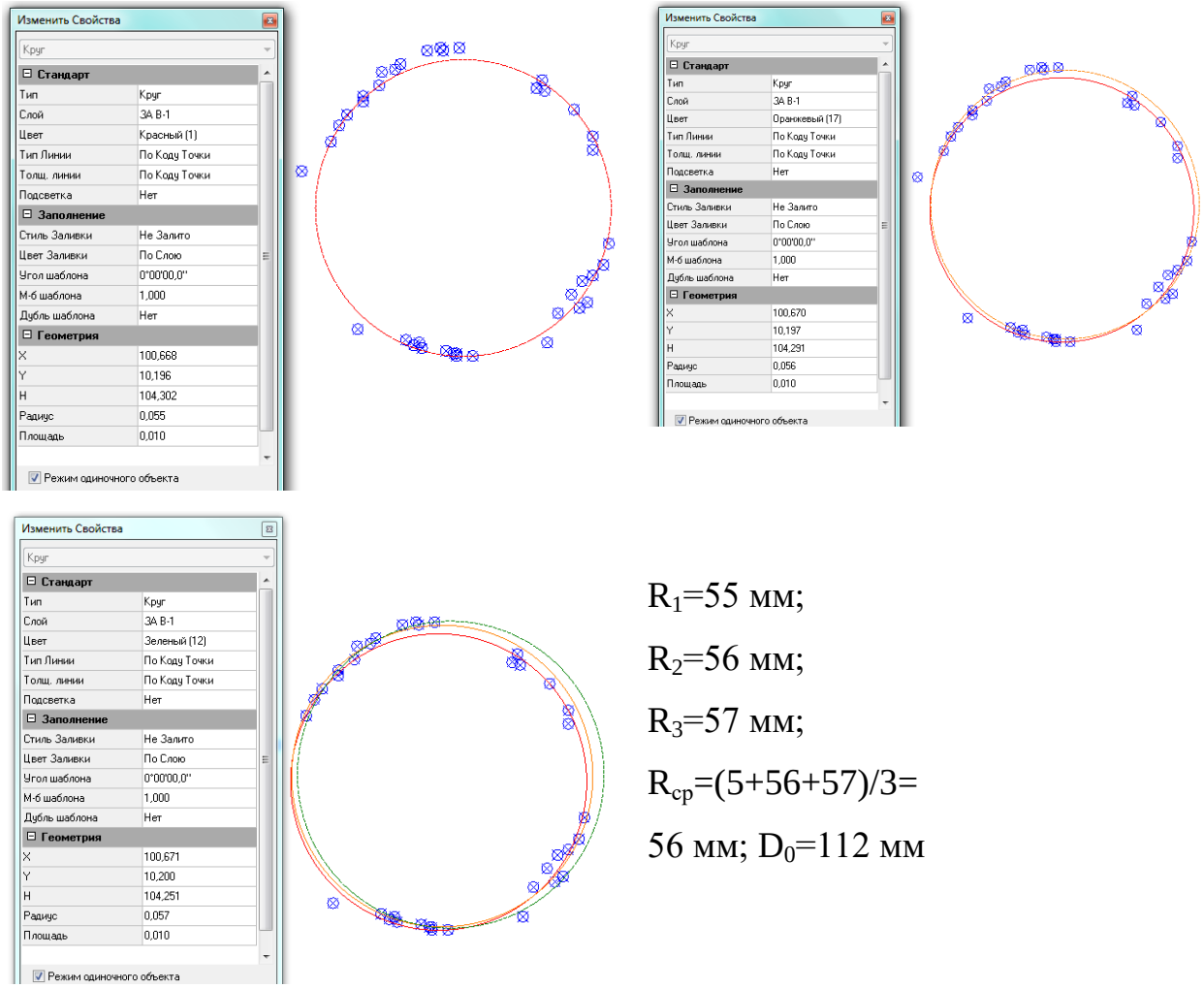
R_2=58 мм;

R_3=59 мм;

$R_{ср}$=(58+58+59)/3= 58,3 мм;

D_0=116,6 мм

Рисунок 15 – Определение диаметра сваи перед лопастью-1



R_1=55 мм;

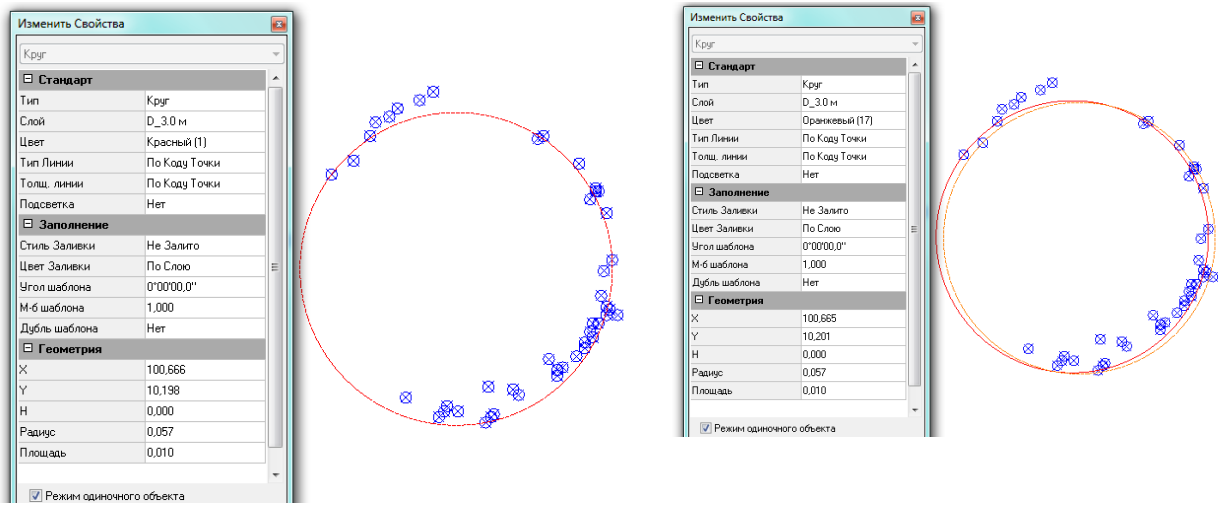
R_2=56 мм;

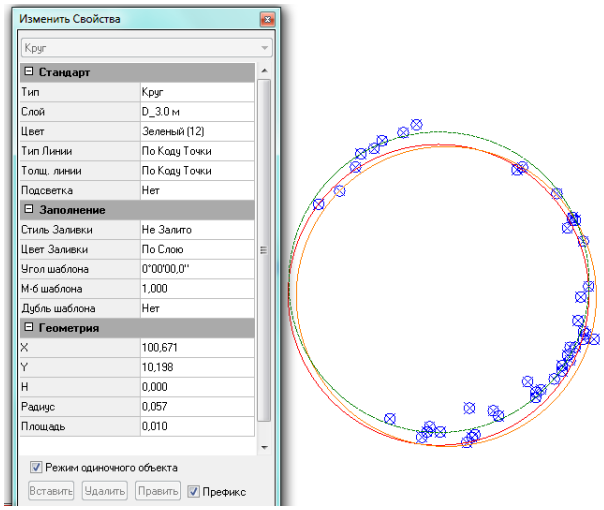
R_3=57 мм;

$R_{ср}$=(5+56+57)/3=

56 мм; D_0=112 мм

Рисунок 16 – Определение диаметра сваи за лопастью-1





R_1=57 мм;

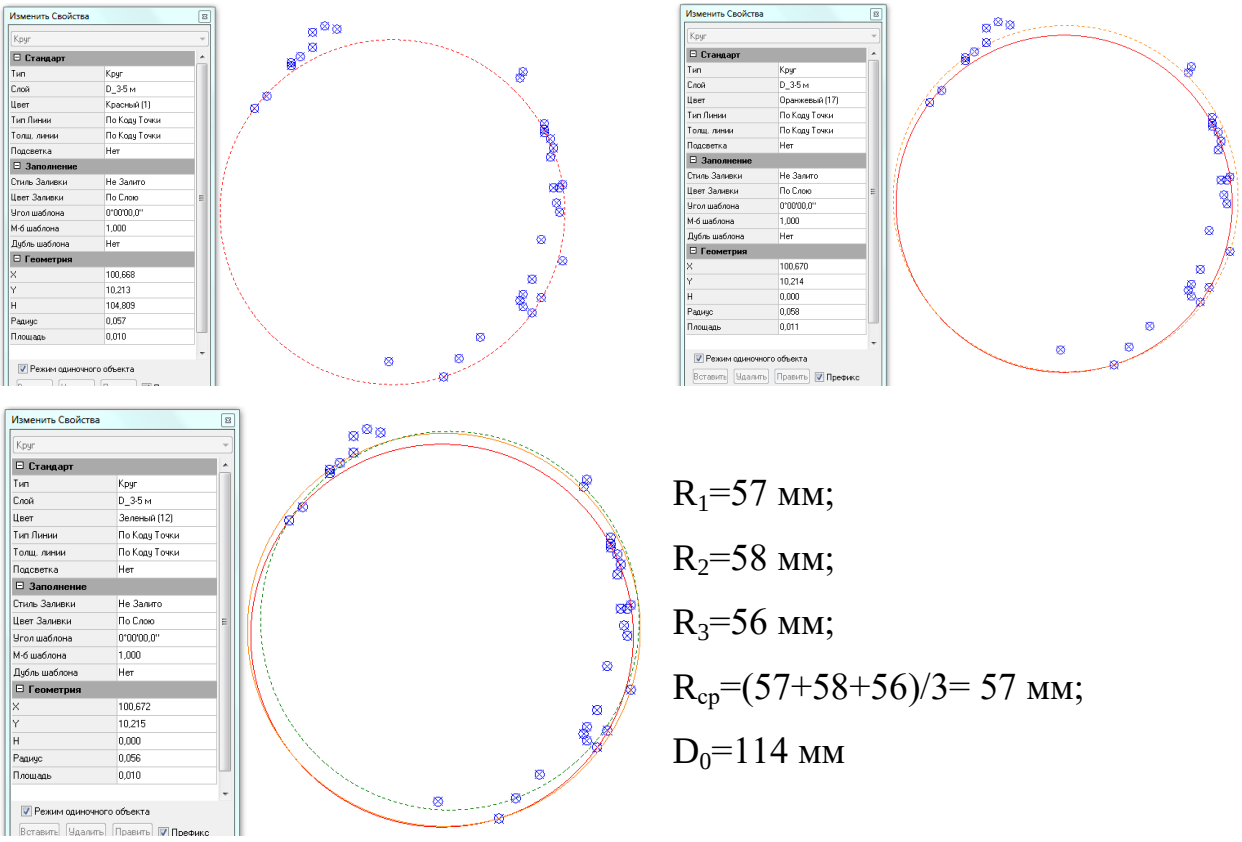
R_2=57 мм;

R_3=57 мм;

$R_{ср}$=(57+57+57)/3= 57 мм;

D_0=114 мм

Рисунок 17 – Определение диаметра сваи на расстоянии 3,0 м от оголовка



R_1=57 мм;

R_2=58 мм;

R_3=56 мм;

$R_{ср}$=(57+58+56)/3= 57 мм;

D_0=114 мм

Рисунок 18 – Определение диаметра сваи на расстоянии 3,5 м от оголовка

В таблице 5 представлены результаты вычисления среднего диаметра эталонной сваи по радиусам, определенным средствами программы TOPOCAD по результатам обработки данных наземного лазерного сканирования.

Таблица 5 - Расчет среднего диаметра ствола эталонной сваи

№ п/п	**место измерения**	**Определение радиуса, мм**				**диаметр D, мм**	**$\delta=D-D_{ср}$**	**δ^2**
		R_1	**R_2**	**R_3**	**$R_{ср}$**			
1	0,0 м от оголовка	58	57	56	57,0	114,0	-0,4	0,16
2	0,5 м от оголовка	56	56	58	56,7	113,4	-1,0	1,00
3	1,0 м от оголовка	57	59	58	58,0	116,0	1,6	2,56
4	1,5 м от оголовка	56	57	58	57,0	114,0	-0,4	0,16
5	2,0 м от оголовка	57	59	57	57,3	114,6	0,2	0,04
6	2,5 м от оголовка	57	58	58	57,7	115,4	1,0	1,00
7	перед лопастью 1	58	58	59	58,3	116,6	2,2	4,84
8	за лопастью 1	55	56	57	56,0	112,0	-2,4	5,76
9	3,0 м от оголовка	57	57	57	57,0	114,0	-0,4	0,16
10	3,5 м от оголовка	57	58	56	57,0	114,0	-0,4	0,16
					$D_{ср}$	114,4	0,00	15,84

Согласно данным таблицы 5, СКО определения диаметра D равна $m_D = \sqrt{\frac{[\delta^2]}{n-1}} = 1.33$ мм.

Соответственно, СКО определения величины среднего диаметра $D_{ср}$ равна $M_D = \frac{m_D}{\sqrt{n}} = 0.42$ мм.

Таким образом, по данным наземного лазерного сканирования получено среднее значение диаметра ствола эталонной сваи, равное $D^{c}_{ср}$= 114,4±0,4 мм.

Сопоставив значения $D_{ср}$, полученные из натурного обмера ($D^{o}_{ср}$ = 115,5±0,1 мм) и по данным сканирования $D^{c}_{ср}$, можно сделать вывод о том, что значение $D^{c}_{ср}$ ближе к паспортному. Однако значение $D^{o}_{ср}$ получено с меньшей погрешностью (0,1 мм для обмера против 0,4 мм для сканирования).

3.2.Определение толщины защитного слоя

Определение толщины защитного слоя выполнялось толщиномером Etari ET 444 (рисунок 19).



Рисунок 19 - Толщиномер Etari ET 444

Данный прибор используется для замера толщины краски на поверхности из черных и цветных металлов. Диапазон измерений составляет от 0 до 2000 мкм. Принцип измерения – магнитный.

Допустимые погрешности измерения от ±(3%+10единиц) до ±(5%+10единиц) и зависят от величины измеряемой толщины: так, точность

составляет от ±3% для диапазона от 0 до 199 мкм, ±(3%+10единиц) для диапазона от 200 до 1000 мкм, ±(5%+10единиц) от 1001 до 1999 мкм.

Рабочая температура от -25 до +50°С. Измерения выполнялись в закрытом помещении при температуре воздуха +20°С (рисунок 20).

Каждая свая была размечена через 0,5 метра, начиная от оголовка.

В каждой отмеченной точке трижды определялась толщина суммарного слоя ЛКП (лако-красочное покрытие). Затем в тех местах, где в результате завинчивания-вывинчивания сваи обнажался защитный слой цинка, также трижды выполнялось измерение толщины защитного слоя.

Ниже на рисунках 21-24 для каждой сваи приведены фотографии, полученные в ходе измерений.

Результаты измерений представлены в Приложении 1.



Рисунок 20 – Положение свай при выполнении измерений толщины защитного слоя







Рисунок 21 – Измерения толщины защитного слоя эталонной сваи



Рисунок 22 – Измерения толщины защитного слоя сваи №1 (вкрученная 6 раз)



Рисунок 23 – Измерения толщины защитного слоя сваи №2 (вкрученная 8 раз)



Рисунок 24 – Измерения толщины защитного слоя сваи №3 (вкрученная 1 раз)

В таблице 6 приведены средние значения толщины слоев, полученные по результатам обработки данных, представленных в Приложении 6.1, в частности, по данным сводной таблицы результатов измерения толщины слоев.

Таблица 6 – Средние значения толщины слоев, мкм

Свая	**вычисленные по измеренным значениям**	**вычисленные по интерполированным значениям**		**вычисленные по измеренным значениям**	
	общий слой	**слой цинка**	**слой краски**	**слой цинка**	**слой краски**
Эталонная свая	371	127	242	127	210
№ 3 – вкрученная 1 раз	328	145	175	142	192
№ 1 – вкрученная 6 раз	332	137	189	138	207
№ 2 – вкрученная 8 раз	411	143	268	140	272
Среднее значение	***361***	***138***	***219***	***137***	***220***
приборная ошибка m, мкм	±21	±4	±17	±4	±17
предельная ошибка M=3m среднего значения, мкм	±62	±12	±50	±12	±50
MAX - MIN|, мкм	83	18	93	15	80

Учитывая приборную точность ±3% для значений от 0 до 199 мкм, ±(3%+10 единиц) для значений от 200 до 1000 мкм, ошибка определения толщины защитного слоя Т при ее величине до 200 мкм составит ±0,03·Т, или не более 6 единиц. Предельная ошибка может составлять до 12-18 единиц. Для величин от 200 до 400 мкм ошибка определения толщины составит (±0,03·Т+10), или не более 22 единиц. Предельная ошибка может составлять до 44-66 единиц.

Согласно «Техническому паспорту изделия» (рисунок 2) толщина защитного слоя от коррозии составляет не менее 300 мкм. Защитный слой состоит из слоя цинка (не менее 100 мкм) и ЛКП (лако-красочное покрытие), состоящее из грунтовки ХС-059 (2 слоя, толщиной 40 мкм.) и эмали ХС- 759 (4 слоя, толщиной 160 мкм.). Определенные опытным путем значения величин толщины защитных слоев в целом подтверждают данные «Технического паспорта изделия».

В тоже время отмечается неравномерность слоя ЛКТ и цинкового покрытия по длине и поперечному сечению сваи и не ее лопастях.

Так, средняя величина слоя цинка по измеренным значениям составила 137 мкм (минимальное значение 110 мкм для сваи №1 на расстоянии 3,5 м от оголовка; максимальное 170 мкм для сваи №3 на расстоянии 0,5 м от оголовка). Средняя величина слоя грунтовки и краски по измеренным значениям составила 220 мкм (минимальное значение 113 мкм для сваи №1 на расстоянии 0,5 м от оголовка; максимальное 325 мкм для первой лопасти сваи №3).

Выполненные детальные обследования свай в зависимости от количества их погружения позволили сделать следующие выводы:

1. Свая № 3, погруженная и извлеченная из глинистого грунта (ИГЭ-2-суглинок тяжелый пылеватый мягкопластичный насыщенный водой) 1 раз, получила незначительные (до 5%) разрушения защитного слоя ЛКП, состоящего из грунтовка ХС-059 (2 слоя, толщиной 40 мкм.) и эмали ХС- 759 (4 слоя, толщиной 160 мкм.), связанные вероятнее всего с прохождением сваи элемента ИГЭ -1 (почвенно-растительный слой, мощностью 0.5-1.2 м.). Разрушения покрытия из цинка не зафиксировано по всей длине и площади поперечного сечения сваи и на ее лопастях.

2. Свая № 1, погруженная и извлеченная из глинистого грунта (ИГЭ-2-суглинок тяжелый пылеватый мягкопластичный насыщенный водой) 6 раз, получила значительные (до 60 %) разрушения защитного слоя ЛКП, состоящего из грунтовка ХС-059 (2 слоя, толщиной 40 мкм.) и эмали ХС- 759

(4 слоя, толщиной 160 мкм.) по всей длине и площади поперечного сечения сваи и на ее лопастях. Разрушения покрытия из цинка не зафиксировано по всей длине и площади поперечного сечения сваи и на ее лопастях.

3.Свая № 2, погруженная и извлеченная из глинистого грунта (ИГЭ-2-суглинок тяжелый пылеватый мягкопластичный насыщенный водой) 8 раз, получила практически полное разрушение защитного слоя (до 90 %), состоящего из грунтовка ХС-059 (2 слоя, толщиной 40 мкм.) и эмали ХС- 759 (4 слоя, толщиной 160 мкм.) характеризующиеся растрескиванием, истираемостью и разрушение его по всей длине и площади поперечного сечения сваи и на ее лопастях. Разрушения покрытия из цинка не зафиксировано по всей дли-не и площади поперечного сечения сваи и на ее лопастях.

3.3. Определение «остаточной» долговечности винтовых свай

Согласно вышеприведенных инженерно-геологических условий площадки испытаний свай в с. Здвинск Новосибирской области и СНиП 2.03.11-85 « Защита строительных конструкций от коррозии» определение долговечности покрытия свай ведется для глинистых грунтов (ИГЭ-2-суглинок тяжелый пылеватый мягкопластичный насыщенный водой), обладающих сильной коррозионной активностью к металлам. Срок службы винтовой оцинкованной сваи SVL–K BAU FC 114(4,5)*350(6)*350(6)*4000 имеющей защитное покрытие из цинка толщиной 100 мкм по ГОСТ 9.307-89 (ИСО 1461-98) и ЛКП, состоящего из 6-ти слойного покрытия грунтовкой и покраской, общей толщиной 200 мкм. и толщиной стальной стенки 4,5 мм, в вышеприведенных грунтовых условиях должен рассчитываться по таблице 5 для антикоррозионного покрытия и по таблице 6 для коррозии стальной стенки. Срок службы оцинкованного покрытия в такой среде согласно СТО 02494680-0034-2004 «Система защиты металлических конструкций от коррозии. Покрытия защитные термодиффузионные цинковые на элементах металлических конструкций и крепежных изделиях. Общие технические условия» (таблица 7) составляет максимально 8.4 мкм в год.

Скорость коррозии стальной стенки сваи, согласно Еврокода EN 1993-Part 5-2007 (таблица 6), составит для глинистых грунтов элемента ИГЭ 2-0,04 мм в год.

Таблица 7.Скорость коррозии оцинкованного покрытия в год

Степень агрессивного воздействия среды по СНиП 2.03.11-85	Условия эксплуатации по ГОСТ 9.303	Категория агрессивности атмосферы по ИСО 9223	Скорость коррозии, мкм в год		
			чистый цинк за один год эксплуатации	мех. осажденный цинк по ИСО ПК 12683	термодиффузионное цинковое покрытие STAKOKOR
неагрессивная	1	C_1 комнатная	< 0,1	до 0,5	до 0,2
слабоагрессивная	2	C_2 сельская	0,1 - 0,7	0,8	0,2 - 0,3
	3	C_3 пригородная	0,7 - 2,1	1,3	0,3 - 0,4
среднеагрессивная	4 - 6	C_4 городская или приморская	2,1 - 4,2	1,5	0,8 - 1,2
сильноагрессивная	7 - 8	C_5 промышленная	4,2 - 8,4	5 - 6	2 - 4

Таблица 6- Скорость коррозии (мм) для металлических свай в грунтах с грунтовыми водами и без грунтовых вод (Еврокод EN 1993-Part 5-2004 - EN 1993-5: 2004 Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 5: Piling “BS EN 1993-5: 2004” – Table 4-1).

Required desing working life(требует рабочего времени)	5 years	25 years	50 years	75 years	100 years
Undisturbed natural soil (sand, silt, clay, schist,…(Нетронутая естественная почва (песок, ил, глина, сланец,…))	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Polluted natural soil and industrial sites (Загрязненной природной почвы и промышленных объектов)	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Aggressive natural soil (swamp, marsh, peat,clay…) (Агрессивная природная почва (болото, торф, глина…))	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Non-compacted and non-aggressive fills (clay, schist, sand, silt,…) (Неуплотненные и неагрессивные наполнители (глина, сланцы, песок, ил,…))	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Non-compacted and aggressive fills (ashes, slag,…) (Неуплотненные и агрессивные наполнители (пепел, шлак,…))	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75
Notes:1) Corrosion rates in compacted fills are lower than those in non-compacted ones. In compacted fills the figures in the table should be divided by two.(Скорость коррозии в уплотненных заполнителях ниже, чем в неуплотненных. В уплотненных цифры в таблице следует разделить на два). 2) The values given for 5 and 25 years on measurements, whereas the other values are extrapolated.(Значения даны для измерений 5 и 25 лет, тогда как остальные значения экстраполируются)					

В связи с вышеперечисленным «остаточная» долговечность составляет:

1. Для сваи №3 (вкрученной n=1 раз).

Срок службы (эксплуатации) ЛКП, состоящего из 6-ти слойного покрытия грунтовкой и покраской, общей толщиной 200 мкм., устанавливается для каждой агрессивной среды в соответствии с нормативно-технической документацией на окраску изделия, принимается по данным изготовителя свай и составляет N лет при без его химического или физического разрушения.

Минимально возможный нормативный срок службы (эксплуатации) ЛТП на сваях составляет 5 лет, согласно ОДМ 218.4.002-2009 «Рекомендации по защите от коррозии конструкций эксплуатируемых на АД РФ мостовых сооружений, ограждений и дорожных знаков».

У сваи незначительные (до 10%) разрушения защитного слоя ЛКП, разрушение которого в сильноагрессивной среде составит - 5х0.9=4,5 года.

Разрушение цинкового покрытия в сильноагрессивной среде , согласно таблицы 5, составит - 100/ 8,4=11,9 лет.

При условии остаточной толщины стенки не менее 2 мм, долговечность стальной стенки толщиной 4,5 мм, согласно таблицы 6 и инженерно-геологических условий площадки в с. Здвинск Новосибирской области составит – 2,5/0,04= 62,5 года.

Общий срок службы («остаточная» долговечность сваи) составляет в сильноагрессивной среде составляет N_3=4,5+11,9+62,5=78,9 лет.

2. Для сваи № 1 (вкрученной n=6 раз).

Срок службы (эксплуатации) ЛКП, состоящего из 6-ти слойного покрытия грунтовкой и покраской, общей толщиной 200 мкм., устанавливается для каждой агрессивной среды в соответствии с нормативно-технической документацией на окраску изделия, принимается по данным изготовителя свай и составляет N лет при без его химического или физического разрушения.

Свая получила значительные до 60 % разрушения защитного слоя ЛКП, разрушение которого в сильноагрессивной среде составит - 5х0,4=2 года.

Разрушение цинкового покрытия в сильноагрессивной среде , согласно таблицы 5 составит - 100/ 8,4=11,9 лет.

При условии остаточной толщины стенки не менее 2 мм, долговечность стальной стенки толщиной 4,5 мм, согласно таблицы 6 и инженерно-геологических условий площадки в с. Здвинск Новосибирской области составит – 2,5/0,04= 62,5 года.

Общий срок службы («остаточная» долговечность сваи) составляет в сильноагрессивной среде составляет N_1=2+11,9+62,5=76,4 лет.

3. Для сваи № 2 (вкрученной 8 раз).

Срок службы (эксплуатации) ЛКП, состоящего из 6-ти слойного покрытия грунтовкой и покраской, общей толщиной 200 мкм., устанавливается для каждой агрессивной среды в соответствии с нормативно-технической документацией на окраску изделия, принимается по данным изготовителя свай и составляет N лет при без его химического или физического разрушения.

Свая получила практически полное до 90% разрушение защитного слоя ЛКП, разрушение которого в сильноагрессивной среде составит - 5х0,1=0,5 года.

Разрушение цинкового покрытия в сильноагрессивной среде , согласно таблицы 5 составит - 100/ 8,4=11,9 лет.

При условии остаточной толщины стенки не менее 2 мм, долговечность стальной стенки толщиной 4,5 мм, согласно таблицы 6 и инженерно-геологических условий площадки в с. Здвинск Новосибирской области составит – 2,5/0,04= 62,5 года.

Общий срок службы («остаточная» долговечность сваи) составляет в сильноагрессивной среде составляет N_2=0,5+11,9+62,5=74,9 года.

Использую полученные результаты для оценке степени повреждения антикоррозийного покрытия и определения «остаточной» долговечности винтовых свай ООО «БАУ групп» при их погружении в агрессивные грунтовые условия, как эффективного и экономически целесообразного метода устройства фундаментов, при возведении зданий и сооружений в сложных и агрессивных инженерно-геологических условиях с. Здвинска Новосибирской области предлагается использовать следующую эмпирическую зависимость:

$$N(1-n/10) + T_ц / 8,4 + T_с/0,04,$$

где N- срок службы (эксплуатации) ЛКП, год;

n - количество погружений свай в грунт (от 1 до 10);

$T_ц$ - цинкового покрытия, мкм;

$T_с$ – толщина стальной стенки сваи, мм.

4.ВЫВОДЫ

В результате выполненных работ можно сделать следующие выводы:

1.Продемонстрирована возможность применения технологии наземного лазерного сканирования для количественной оценки изменения параметров винтовых свай ООО «БАУ групп» при их многократном погружении в агрессивные грунтовые условия.

2.По результатам обработки выполненных полевых экспериментов винтовых свай ООО «БАУ групп» при их многократном погружении в агрессивные глинистые грунты с. Здвинск Новосибирской области, с помощью технология лазерного сканирования, замеров изменения толщины антикоррозийного покрытия, оценки степени повреждения ЛКП и цинкового покрытия определена «остаточная» долговечность винтовых свай и получена эмпирическая зависимость по ее прогнозу.

3. Лако-красочное покрытие (ЛКП) несет защитную функцию, в большей степени, именно для защиты от повреждения слоя цинкового покрытия.

4. Общий срок службы («остаточная» долговечность сваи или срок эксплуатации) свайного фундамента до критического истончения, но не разрушения металлических конструкций в сильноагрессивной грунтовой среде инженерно-геологических условий с. Здвинск Новосибирской области составляет:

- для свай вкрученных в грунт 1 раз -78,9 лет;
- для свай вкрученных в грунт 6 раз -76,4 лет;
- для свай вкрученных в грунт 8 раз -74,9 лет.

Так как по факту при условии соблюдения всех требований строительно-монтажных работ при устройстве винтовых свай осуществляется одно вкручивание, при котором вероятность повреждения ЛКП составляет всего 5%, то с уверенностью можно заявить о сроке службы подобных винтовых свай в размере 79 лет.

При этом нужно понимать о том, что по истечении 79 лет свайный фундамент не разрушится, а только его стенки источатся до 2 мм, при которых только возникает вопрос деформации и разрушения металлических конструкций свайного фундамента и самого здания.

5. Оценка степени повреждения антикоррозийного покрытия и определение «остаточной» долговечности винтовых свай ООО «БАУ групп» показали эффективность и экономическую целесообразность данного метода устройства фундаментов при возведении зданий и сооружений в сложных и агрессивных инженерно-геологических условиях с. Здвинск Новосибирской области.

6. Необходимо продолжить исследования по оценка степени повреждения антикоррозийного покрытия и определение «остаточной» долговечности винтовых свай ООО «БАУ групп» для других грунтовых условий (супесчаные грунты, крупные пески, дресвяные грунты и т. п.).

5. Список использованных источников

1.СТО 02494680-0034-2004 «Система защиты металлических конструкций от коррозии. Покрытия защитные термодиффузионные цинковые на элементах металлических конструкций и крепежных изделиях. Общие технические условия». - М.: ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова»,2004. -15 с.

2. ГОСТ 9.303-84*ЕСЗКС. «Покрытия металлические и неметаллические неорганические». М.: Стандартинформ, 2009. - 46 с.

3.СП 28.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии - М.: Минрегион России, 2012. - 120 с.

4. Eurocode EN 1993-Part 5-2004. Design of steel structures - Part 5: Piling “BS EN 1993-5: 2004” – (Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 5. Свайные сооружения), prEn 1993 – 5: 2004. - 102 с. Носков Игорь Владиславович – к.т.н.

5. ОДМ 218.4.002-2009 «Рекомендации по защите от коррозии конструкций эксплуатируемых на АД РФ мостовых сооружений, ограждений и дорожных знаков».

6.ПРИЛОЖЕНИЯ

6.1 Приложение 1
Результаты измерений защитного слоя

№ измерения	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ, мкм: СВАЯ ЭТАЛОННАЯ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
место измерения	0,5 м от оголовка	1,0 м от оголовка	1,5 м от оголовка	2,0 м от оголовка	2,5 м от оголовка	первый винт	3,0 м от оголовка	3,5 м от оголовка	второй винт	острие
слой краски	360	390	395	410	410	340	370	380	400	370
	370	370	360	370	350	300	320	370	440	300
	350	390	360	410	420	380	320	350	405	380
среднее	***360***	***383***	***372***	***397***	***393***	***340***	***337***	***367***	***415***	***350***
цинковое покрытие							140			
							120			
							120			
среднее							***127***			

№ измерения	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ, мкм: СВАЯ 1 – вкручена 6 раз									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
место измерения	0,5 м от оголовка	1,0 м от оголовка	1,5 м от оголовка	2,0 м от оголовка	2,5 м от оголовка	первый винт	3,0 м от оголовка	3,5 м от оголовка	второй винт	острие
слой краски	260	270	360	280	230	370	300	370	380	430
	240	300	320	280	250	400	300	375	405	480
	320	330	270	350	320	400	230	330	390	425
среднее	***273***	***300***	***317***	***303***	***267***	***390***	***277***	***358***	***392***	***445***
цинковое покрытие	140			125				100		150
	165			135				100		140
	175			160				130		140
среднее	***160***			***140***				***110***		***143***

№ измерения	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ, мкм: СВАЯ 2 – вкручена 8 раз									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
место измерения	0,5 м от оголовка	1,0 м от оголовка	1,5 м от оголовка	2,0 м от оголовка	2,5 м от оголовка	первый винт	3,0 м от оголовка	3,5 м от оголовка	второй винт	острие
слой краски	430	370	445	470	420	450	380	300	410	370
	415	390	440	410	390	430	410	370	470	420
	390	400	465	420	420	520	360	370	450	340
среднее	***412***	***387***	***450***	***433***	***410***	***467***	***383***	***347***	***443***	***377***
цинковое покрытие	160		140			140	120	130	150	125
	165		160			145	160	150	130	125
	140		160			140	130	120	130	110
среднее	***155***		***153***			***142***	***137***	***133***	***137***	***120***

№ измерения	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ, мкм: СВАЯ 3 – вкручена 1 раз									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
место измерения	0,5 м от оголовка	1,0 м от оголовка	1,5 м от оголовка	2,0 м от оголовка	2,5 м от оголовка	первый винт	3,0 м от оголовка	3,5 м от оголовка	второй винт	острие
слой краски	370	300	310	285	280	380	300	280	340	390
	400	315	315	290	290	390	340	300	330	440
	360	280	310	260	320	390	270	280	350	360
среднее	***377***	***298***	***312***	***278***	***297***	***387***	***303***	***287***	***340***	***397***
цинковое покрытие	160							100	130	
	180							150	130	
	170							130	130	
среднее	***170***							***127***	***130***	

Сводная таблица результатов измерения толщины слоев

№ измерения	**СРЕДНЯЯ ТОЛЩИНА ПОКРЫТИЯ, мкм: СВАЯ ЭТАЛОННАЯ**									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
место измерения	**0,5 м от оголовка**	**1,0 м от оголовка**	**1,5 м от оголовка**	**2,0 м от оголовка**	**2,5 м от оголовка**	**первый винт**	**3,0 м от оголовка**	**3,5 м от оголовка**	**второй винт**	**острие**
общий слой	***360***	***383***	***372***	***397***	***393***	***340***	***337***	***367***	***415***	***350***
цинк							***127***			
краска							***210***			
№ измерения	**СРЕДНЯЯ ТОЛЩИНА ПОКРЫТИЯ, мкм: СВАЯ 1 – вкручена 6 раз**									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
общий слой	***273***	***300***	***317***	***303***	***267***	***390***	***277***	***358***	***392***	***445***
цинк	***160***			***140***				***110***		***143***
краска	***113***			***163***				***248***		***302***
№ измерения	**СРЕДНЯЯ ТОЛЩИНА ПОКРЫТИЯ, мкм: СВАЯ 2 – вкручена 8 раз**									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
общий слой	***412***	***387***	***450***	***433***	***410***	***467***	***383***	***347***	***443***	***377***
цинк	***155***		***153***			***142***	***137***	***133***	***137***	***120***
краска	***257***		***297***			***325***	***246***	***214***	***306***	***257***
№ измерения	**СРЕДНЯЯ ТОЛЩИНА ПОКРЫТИЯ, мкм: СВАЯ 3 – вкручена 1 раз**									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
общий слой	***377***	***298***	***312***	***278***	***297***	***387***	***303***	***287***	***340***	***397***
цинк	***170***							***127***	***130***	
краска	***207***							***160***	***210***	