

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Архитектурно-строительный институт
Кафедра «Городское строительство и хозяйство»

08.04.01 «Строительство»
направленность (профиль) «Техническая эксплуатация и реконструкция
зданий и сооружений»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: "Исследование односвайно-плитных фундаментов в системе "свая-плита-колонна""

Студент

С. А. Мишин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

Л. М. Борозенец

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы д.т.н., проф., В. А. Ерышев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2016 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

к.т.н., доц., Д. С. Тошин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 КРАТКИЙ ОБЗОР ОСОБЕННОСТЕЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВИДОВ СВАЙНО-ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ.....	7
1.1 Конструктивные решения свайно-плитных фундаментов.....	7
1.2 Результаты экспериментальных исследований свайно-плитных фундаментов.....	7
1.3 Известные теоретические исследования свайно-плитных фундаментов.....	8
1.4 Вывод по главе 1.....	19
2 ПОЛЕВЫЕ НАТУРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОДНОСВАЙНО-ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА.....	19
2.1 Инженерно-геологические условия проведения эксперимента.....	19
2.2 Планирование эксперимента.....	21
2.3 Методика проведения испытаний.....	22
2.4 Обработка результатов экспериментальных исследований статической вдавливающей нагрузкой.....	25
2.5 Обработка результатов экспериментальных исследований статической горизонтальной нагрузкой и изгибающим моментом.....	27
2.6 Вывод по главе 2.....	29
3 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОСВАЙНО-ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА.....	30
3.1 Представление конструктивной и силовой схем.....	30
3.2 Расчёт несущей способности буровой сваи и односвайно-плитного фундамента на статическую вертикальную нагрузку по действующей нормативной методике.....	33
3.3 Расчёт несущей способности односвайно-плитного фундамента на статическую горизонтальную нагрузку с изгибающим моментом по действующей нормативной методике.....	36

3.4 Вывод по главе 3	40
4 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЁТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВАНИЯ ОДНОСВАЙНО-ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА	41
4.1 Разработка методики расчётного исследования несущей способности и деформации основания одиночной буровой сваи	42
4.2 Разработка методики расчётного исследования несущей способности и деформации основания односвайно-плитного фундамента.....	45
4.3 Разработка методики расчётного определения подошвы плиты односвайно-плитного фундамента по значению горизонтальной нагрузки и изгибающего момента	50
4.4 Последовательность методики проведения расчетного исследования несущей способности основания односвайно-плитного фундамента	52
4.5 Вывод по главе 4	53
5 РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ОДНОСВАЙНО-ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА	54
5.1 Вывод по главе 5	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	63
ПРИЛОЖЕНИЕ А	69
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	70
ПРИЛОЖЕНИЕ В	77
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	92

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертации. В практике строительства лёгких строений нашли применение системы конструкций «свая-колонна». Положительной стороной их использования является простота устройства односвайного фундамента и технико-экономическая эффективность. Однако односвайные фундаменты имеют существенный недостаток в условиях работы сваи в грунте под действием вертикальной и горизонтальной нагрузок и изгибающего момента, что существенно снижает несущую способность по грунту. Поэтому исследуются свайно-плитные фундаменты, в которых плитой в их составе воспринимаются и передаются на грунт частично вертикальная нагрузка, полностью горизонтальная нагрузка и изгибающий момент, а свая работает под действием только вертикальной нагрузки. Поэтому изучение темы диссертационной работы является актуальной.

Целью диссертационной работы является изучение односвайно-плитного фундамента в системе "свая-плита-колонна".

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие **задачи**:

- 1 Изучить особенности существующих видов свайно-плитных фундаментов.
- 2 Провести полевые натурные экспериментальные исследования односвайно-плитного фундамента.
- 3 Провести теоретическое исследование односвайно-плитного фундамента.
- 4 Разработать методика расчётного исследования основания односвайно-плитного фундамента повышенной достоверности.
- 5 Произвести рационализацию конструкции односвайно-плитного фундамента.

Достоверность результатов исследований, выводов и рекомендаций диссертационной работы обусловлены:

- 1 Теоретическими предпосылками, опирающимися на фундаментальные положения теории нелинейной механики вытеснения дисперсных грунтов;
- 2 Совершенной сходимостью результатов теоретических исследований с результатами экспериментальных.

Объект и предмет исследований. Объектом исследования диссертационной работы являются экспериментально-теоретические исследования основания и односвайно-плитного фундамента, предметом – методика расчёта и конструкция односвайно-плитного фундамента.

Сведения о теоретической и методической основах диссертационного исследования. В основу диссертационной работы положена теория нелинейной механики вытеснения дисперсных грунтов в основаниях, разработанная Л. М. Борозенцом [1].

Научная новизна результатов диссертации и их теоретическая и практическая значимость:

- 1 Получены результаты испытаний односвайно-плитного фундамента при действии вертикальной статической осевой нагрузки. Определена несущая способность грунта при действии горизонтальной нагрузки и изгибающего момента по подошве плиты и боковой поверхности сваи на действие горизонтальной нагрузки и изгибающего момента в упругой стадии работы грунтов их основания.

- 2 Составлены уравнения состояния предельных равновесий боковых поверхностей ствола сваи и тангенсоида вращения нижнего конца сваи, а также боковой поверхности уплотнённого ядра в форме усечённой пирамиды под подошвой плиты фундамента. Это позволяет определять сжимающие нормальные и сдвигающие касательные напряжения в основании с точностью близкой к экспериментальным значениям.

- 3 Даны рекомендации по методике проведения расчетного исследования несущей способности основания односвайно-плитного фундамента.

Практическое значение:

1 Представлена новая конструкция фундамента.

2 Повышение качества и надёжности взаимодействия элементов конструкций односвайно-плитного фундамента с основанием.

3 Расширение области применения с возможностью достижения несущей способности основания односвайно-плитного фундамента свыше 10000 кН. Простота и рациональность конструктивной схемы и методики расчёта несущей способности его основания, позволяющее обеспечить широкое применение в областях высотного строительства, при глубинном конструктивном освоении подземного пространства, в случаях строительства в условиях плотной городской и исторической застройки за счёт сокращения зоны напряжённо-деформированного состояния грунтов основания в плане по сравнению с плитными фундаментами мелкого заложения

На защиту выносятся:

1 Конструкция односвайно-плитного фундамента с расчётными схемами.

2 Результаты экспериментальных исследований односвайно-плитного фундамента.

3 Методика расчётного исследования основания односвайно-плитного фундамента повышенной достоверности.

Апробация результатов исследования. Основные положения диссертационной работы опубликованы в 3 научных статьях в рецензируемых научных изданиях. На разработанную конструкцию односвайно-плитного фундамента подана заявка на изобретение, прошедшая формальную экспертизу.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка используемой литературы и восьми приложений. Общий объем работы - 95 страниц.

1 КРАТКИЙ ОБЗОР ОСОБЕННОСТЕЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВИДОВ СВАЙНО-ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

1.1 Конструктивные решения свайно-плитных фундаментов

Согласно первой регламентации СНиП [2] свайно-плитный фундамент рассматривался в виде свайного поля с шагом (5-8)d, что позволяло включать в работу участки плиты между сваями. По факту получалось не рациональным применение такого подхода, так как происходило значительное снижение общей доли нагрузки, которую можно передать на плиту. Данные Нормы можно расценивать, как расширение применения свайных фундаментов.

Согласно поздней редакции Норм – СП [3], исходным типом фундамента стал плитный. Это позволило использовать другие методы подхода к СПФ, одним из которых являются работы В.В. Лушникова [4]. Переход к свайно-плитному фундаменту в данных Нормах осуществляется только лишь при невозможности удовлетворения требований расчета по деформациям. Таким образом, сваи рассматриваются как элементы повышения жесткости основания. При этом, согласно Нормах, рекомендуется размещение свай в опорных участках в виде кустов или рядами с минимальным шагом, благодаря чему не происходит снижения нагрузки, так как плита работает в пролётных участках, а не между сваями, как это было ранее.

1.2 Результаты экспериментальных исследований свайно-плитных фундаментов

Экспериментальные и теоретические исследования работы свайных фундаментов показали, что взаимное влияние свай при их совместной работе, включение в работу ростверка, изменения начальных свойств основания в зависимости от технологии устройства свайных фундаментов и т.д. определило сложный характер взаимодействия свай с грунтами основания, не поддающихся строгим математическим расчётам. Поэтому расчет свайных фундаментов обычно ведётся по упрощенным схемам с использованием закономерностей, установленных экспериментальным путём, что значительно упрощает технику вычислений и позволяет с достаточной для практических целей точностью производить расчет.

Теоретические и экспериментальные работы Б. В. Бахолдина [5, 6], Б. И. Далматова [7, 8, 9], Ф. К. Лапшина [10, 11], А. А. Бартоломея [12, 13, 14], Л. М. Борозенеца [1] и др. содержат методы определения осадок, как полных, так и во времени, свайных фундаментов. Однако методы расчета свайных фундаментов остаются еще недостаточно разработанными. В ряде случаев, помимо вертикальных нагрузок, заметную роль играют горизонтальные нагрузки и изгибающий момент. В этом случае взаимодействие фундамента с грунтом имеет различный характер. Следовательно, сохраняется актуальность разработки расчетных схем взаимодействия фундаментов с грунтом основания.

1.3 Известные теоретические исследования свайно-плитных фундаментов

Известна полезная модель, направленная на сокращение материалоемкости и трудоемкости сооружения свайно-плитного фундамента под высотное здание за счет повышения несущей способности. Свайно-плитный фундамент высотного здания включает свайное поле, объединённое фундаментной плитой. Свайное поле образовано из буронабивных свай одной длины, расположенных по всей площади фундамента, а боковая

поверхность свай центральной зоны свайного поля инъецирована цементным или полимерным, или полимерцементным раствором, при этом сваи центральной зоны имеют сопротивление по боковой поверхности больше чем сваи периферийной зоны [15].

Недостатками известного свайно-плитного фундамента является то, что: фундаментная плита не включается в несущую способность основания фундамента на грунту; несущая способность основания фундамента по грунту обеспечивается только буронабивными сваями; жёсткое сопряжение свай с плитой при действии горизонтальных сил и изгибающих моментов совместно с вертикальными нагрузками, передаваемыми надземными конструкциями, способствует проявлению горизонтальных перемещений плиты совместно со сваями и одновременно отклонению осей свай от вертикали с изгибом, что снижает их несущую способность; получается очень сложная расчётная схема усилий, действующих в плите, в сваях и в грунте основания.

Известен свайный фундамент со стаканым ростверком, состоящий из группы свай, монолитного железобетонного ростверка, жестко соединенного с головами свай и подколонником, расположенным выше ростверка фундамента и жёстко соединённый с ним [16].

Недостатком является то, что ростверк не участвует в несущей способности свайного фундамента по грунту, вся нагрузка передаётся на сваи. Несущая способность каждой сваи в кусте свайного фундамента получается меньше несущей способности равноразмерной одиночной сваи в одинаковых грунтовых условиях. Наличие жёсткого соединения сваи с ростверком при действии вертикальной осевой статической нагрузки, горизонтальной сдвигающей силы и изгибающего момента, передаваемых от наземных конструкций, обуславливает горизонтальное перемещение и одновременное отклонение осей свай от вертикали с изгибом, что при предельном состоянии грунтов их основания уменьшает несущую способность по боковым поверхностям стволов свай. Вдавливание свай

плитой в сторону действия изгибающего момента и выдёргивание их с противоположной стороны приводит к развитию релаксации напряжений по боковым поверхностям и реологических процессов развития дополнительных осадок фундамента посредством ползучести грунтов его основания. Получается весьма сложная расчётная схема усилий, действующих в ростверке, в сваях и в грунте основания, поэтому расчётная схема фундамента получается сложной, а объективность методов расчёта приближительная.

Известна статья на тему "Приложение модели двухслойной пластинки с неполной системой связей к расчёту плитно-свайных фундаментов" [17], в которой осадки свайного поля при достаточно регулярной сетке свай представляются как деформации плиты с неполной системой связей. Исходя из модели упругого основания с двумя коэффициентами постели, выводится формула распределения заданного нагружения между плитой и сваями в плитно-свайном фундаменте.

Известна статья на тему "Анализ влияния геометрических параметров конечно-элементной модели на точность расчёта свайных и плитно-свайных фундаментов" [18], в которой рассматривается комплекс вопросов, связанных с конечноэлементным моделированием работы плитно-свайных фундаментов. Изучено влияние размеров расчетной области и степени ее дискретизации на точность получаемого численного решения в нелинейной стадии.

Известна статья на тему "Экспериментальное исследование плитно-свайного фундамента" [19], в которой приводятся результаты наблюдений за распределением и динамикой изменения контактных напряжений (отпора грунта) по подошве комбинированного плитно-свайного фундамента строящегося жилого дома в г. Екатеринбурге.

Известна статья на тему "Плитно-свайные фундаменты как способ решения сложных геотехн. проблем" [20], которая посвящена возможностям применения нового типа фундаментов — плитно-свайных — в сложных

геотехнических ситуациях. Рассматриваются различные концепции плитно-свайного фундамента (ПСФ). Показана эффективность применения таких фундаментов при строительстве на слабых, насыпных, неоднородных по сжимаемости грунтах, а также в условиях близкого примыкания к существующим зданиям. Описан способ управления параметрами фундамента в процессе строительства по результатам мониторинга.

Известна статья на тему "Численное моделирование силового взаимодействия плитно-свайного фундамента с грунтовым массивом" [21], в которой осадки свайного поля при регулярной сетке свай представляются как деформации слоистого массива с неполной системой связей. С учетом упругого основания, характеризуемого двумя коэффициентами постели, выводится формула распределения действующей нагрузки между плитой и сваями в плитно-свайном фундаменте. Проводится серия численных экспериментов для подтверждения полученного соотношения.

Известна статья на тему "Плитно-свайные фундаменты при циклическом нагружении" [22], в которой приведены результаты модельных исследований деформирования плитно-свайного фундамента в процессе циклических нагружений, выполненных в лаборатории кафедры «Основания, фундаменты, динамика сооружений и инженерной геологии». Проведен анализ полученных данных, которые позволили установить основные закономерности деформирования системы плитно-свайный фундамент - грунт межсвайного пространства.

Известна статья на тему "Особенности устройства свайно-плитного фундамента при возведении православного храма в г. Минск" [23], в которой отражен опыт применения свайно-плитного фундамента в сложных инженерно-геологических условиях при строительстве православного храма в г. Минске.

Известна статья на тему "Физическое моделирование плитно-свайных фундаментов" [24], в которой приводятся результаты испытаний в центрифуге, проводимых на моделях жестких плитно-свайных фундаментов

круглой формы. Цель испытаний – определение роли свай, находящихся в слое слабой несколько переуплотненной глины, которые способствуют уменьшению общих осадков. В ходе программы испытаний исследовались плиты без свай, плитно-свайные фундаменты, содержащие соответственно 7 и 19 свай, отдельная опора и отдельно стоящие сваи.

Известна статья на тему "Взаимодействие свай большой длины с массивом грунта в составе плитно-свайного фундамента" [25], в которой рассмотрена постановка и решение задач о взаимодействии свай большой длины с массивом грунта в составе плитно-свайного фундамента с учетом шага, диаметра, длины свай и их соотношений, а также нелинейных свойств грунтов аналитическими и численными методами с помощью Plaxis-2d.

Показано, что эти параметры оказывают существенное влияние на НДС грунтов, взаимодействующих со сваями и ростверком, и что оно позволяет оценить приведенную жесткость плитно-свайного фундамента, необходимое для решения задач при большом количестве свай, а также распределения общей нагрузки между сваями и ростверком.

Известна статья на тему "Распределение нагрузок в свайно-плитных фундаментах" [26], в которой приведены результаты моделирования свайно-плитных фундаментов в лабораторных условиях. Исследования производилось с целью определения закономерностей распределения нагрузок в свайно-плитных фундаментах. Изучено влияние плотности грунта на распределение нагрузок. Кроме того, оценено влияние плотности грунта на осадку свайно-плитных фундаментов.

Известна статья на тему "К вопросу о взаимном влиянии свай и плиты в основании свайно-плитного фундамента" [27], в которой методом конечных элементов в линейной постановке рассматривается поведение фундамента, состоящего из одиночной сваи и плиты (низкого ростверка), под действием вертикальной нагрузки. Анализ взаимовлияния сваи и плиты через грунт и сопоставление с расчетами изолированных свай и плиты позволяют сформулировать поправки в расчетные контактные модели для

обеих составных частей комбинированного свайно-плитного фундамента (СПФ) для случая «редких» свай. Результаты расчета сопоставляются с известными предложениями по расчету СПФ.

Известна статья на тему "Исследование совместной работы комбинированного фундамента с основанием" [28], в которой представлены результаты исследования совместной работы комбинированного фундамента с основанием в различных грунтовых условиях. Предложен инженерный метод расчёта осадки комбинированного фундамента с учётом геометрических размеров и характеристик грунтов основания.

Известна статья на тему "Геотехника устройства висячей конструктивно-грунтовой буронабивной опоры-фундамента глубокого заложения" [29], в которой представлены результаты комплексного обзорного экспериментально-расчетного и теоретического исследования геотехники проектирования, строительства и эксплуатации одиночных висячих трубчато-грунтовых буронабивных опор глубокого заложения. Разработка связана с проблемой глубинного освоения подземного пространства и отсутствием достоверных методов расчета несущей способности и деформируемости оснований таких опор. Исследование проводится новыми методами аналитической нелинейной механики грунтов. Результатом разработки является достижение высокой достоверности расчета, сопоставимой с экспериментальной действительностью.

Известна статья на тему "Практическая реализация метода вертикального армирования неоднородного основания для компенсации неравномерной деформируемости грунтового массива и снижения сейсмических воздействий на надземное сооружение" [30], в которой объектом исследования являются вертикально-армированные грунтовые основания высотных зданий и их работа в сложных инженерно-геологических условиях. Рассмотрена совместная работа армирующих элементов и околосвайного грунта в ходе моделирования армированного основания для жилого дома в г. Сочи. Расчеты проводились в ПК PLAXIS

2D, ING+ и MIDAS GTS. В результате численного моделирования сопоставлены схемы комбинированного свайно-плитного и плитного фундамента на армированном вертикальными элементами основании с учетом сейсмичности площадки строительства

Известна статья на тему "Расчет фундаментных плит на свайном основании" [31], в которой рассматриваются варианты моделирования свайного основания с использованием метода конечных элементов при расчете зданий. Свайное основание моделировалось в виде отдельных стержневых конечных элементов в программном комплексе «Лира 9.4» или с использованием специальных конечных элементов-свай в программном комплексе «ING+2008». По результатам расчета в программном комплексе «Лира 9.4» и в программном комплексе «ING+2008» было произведено армирование фундаментной плиты, произведен сравнительный анализ, сделаны выводы.

Известна статья на тему "Новые эффективные методы расчета плитно-свайных фундаментов" [32]. В настоящее время, при строительстве массивных многоэтажных зданий, устройство обычных фундаментов может оказаться невозможным из-за недопустимых деформаций основания. Проектирование же согласно нормам с применением распространенных свайных ростверков часто становится нерациональным из-за необходимости применения очень длинных свай стоек или большого количества свай трения. Наиболее полно всем требованиям, предъявляемым к фундаментам таких типов зданий, отвечают комбинированные плитно-свайные фундаменты. Плитно-свайный фундамент - комбинация свай и плитного ростверка, перекрывающего все сваи в плане, позволяющая полнее вовлекать в работу окружающий массив грунта. Устройство плитно-свайного фундамента делает возможным использование свай различной длины и диаметра в зависимости от места её расположения в плане, снижая тем самым затраты на используемые ресурсы.

Известна статья на тему "Исследование напряженно-деформированного состояния свайно-плитного фундамента" [33], в которой исследовано влияние учета неупругих свойств грунта на осадку фундамента. Проверена адекватность гипотезы о возможности замены свайного поля гомогенным, трансверсально-изотропным материалом с осредненными свойствами.

Известна статья на тему "Внедрение комбинированного плитно-свайного фундамента в Украине на примере строительства подземного паркинга в г. Одесса" [34], в которой затронуты проблемы внедрения комбинированного плитно-свайного фундамента в Украине на примере строительства подземного паркинга. Рассмотрен случай аварийного обрушения котлована. Выполнен анализ причин разрушения ограждающей стены паркинга. Изложено поэтапное осуществление проекта по недопущению повторения аварийных ситуаций с применением комбинированного плитно-свайного фундамента.

Известна статья на тему "Комбинированный свайно-плитный фундамент с применением баретт" [35], в которой рассмотрены вопросы проектирования и строительства первого комбинированного свайно-плитного фундамента с применением баретт в Киеве. В процессе проектирования проведены натурные испытания свай, а также моделирование их поведения при нагрузке и решение обратной задачи с помощью численных методов. Показано, что благодаря использованным расчетам и мониторингу уменьшено необходимое количество баретт при устройстве комбинированного свайно-плитного фундамента. Результаты измерений в рамках программы комплексного мониторинга позволяют проектировать и возводить надежные и экономически выгодные фундаменты для высотных зданий в будущем.

Известна статья на тему "Метод расчета сваи в составе свайного ленточного фундамента при образовании карстового провала" [36], в которой рассматривается определение нагрузок на конструкции свайного ленточного

фундамента при образовании карстового провала и разработка метода расчета свай с учетом горизонтального давления на сваи от обрушивающегося грунта на бортах провала. Исследования проводились численным способом с использованием геотехнических программ Midas GTS, Plaxis 2D, Plaxis 3D. Разработана методика расчета свай при линейной аппроксимации горизонтального давления грунта.

Известна статья на тему "Свайно-плитные фундаменты на комбинированном основании" [37], в которой представлены результаты исследования влияния свайно-плитного фундамента на осадку свай с уширением, на основе которых сделан вывод о целесообразности и экономической выгоде учета работы плит по грунтовому основанию.

Известна статья на тему "Разница в работе ростверка свайного фундамента и усиленного сваями ленточного фундамента мелкого заложения" [38], в которой приведены результаты исследования работы нового свайного фундамента и усиленного выносными сваями ленточного фундамента мелкого заложения. На основе результатов численного моделирования разработана методика расчета допустимой нагрузки на новый свайный фундамент и усиленный выносными сваями ленточный фундамент мелкого заложения. Предложенная методика позволяет более корректно учитывать совместную работу элементов фундаментов с основанием и получать более экономические решения при проектировании данных фундаментов.

Известна статья на тему "О расчете комбинированных свайно-плитных фундаментов по деформациям основания" [39], в которой предлагается формула определения модуля деформации грунтов с учетом глубины приложения нагрузки. Грунто-свайный массив заменяется линейно деформируемой средой с приведенным модулем деформации.

Известна статья на тему "Экспериментальное обоснование использования ленточных свайных фундаментов с предварительно-напряженным грунтовым основанием" [40], в которой представлены

экспериментальные исследования взаимодействия крупномасштабной модели ленточных свайных фундаментов, объединенных плитой переменной жесткости, с предварительно напряженным глинистым грунтовым основанием в полевых условиях. Рассмотрены результаты влияния предварительного напряжения грунта за счет опрессовки пролетного пространства фундамента цементным раствором, а также влияния роста внешней нагрузки на изменение напряженно-деформированного состояния грунтового основания.

Известна статья на тему "Фундаменты высотных зданий" [41], в которой рассматриваются особенности инженерно-геологических и инженерно-геотехнических изысканий, расчетов, проектирования и мониторинга основных типов фундаментов высотных зданий: плитных, свайно-плитных и свайных, примеры строительства высотных зданий на данных типах фундаментов и результаты мониторинга. Оценивается влияние коэффициента переуплотнения, механической анизотропии и консолидации на конечную осадку фундамента. Даются рекомендации по проектированию фундаментов высотных зданий.

Известна статья на тему "Применение методики приведенного модуля деформации при расчете массивных свайных ростверков в основании высотных зданий" [42], в которой приводится обоснование методики расчета свайно-плитного фундамента с большим количеством свай (более 100). Данная методика основана на использовании приведенного модуля деформации свайно-грунтового массива, что позволяет многократно уменьшить время расчета НДС системы «плита - свайно-грунтовой массив». Кроме того, приводятся примеры расчета взаимодействия плиты со свайно-грунтовым массивом с учетом и без учета приведенного модуля (тестовая задача), а также расчет свайно-плитных фундаментов реальных объектов.

Известна статья на тему "Взаимодействие низкого ростверка со сваями" [43]. Экспериментами установлено, что роль ростверка в несущей способности свайных фундаментов не однозначна и зависит от его размеров, длины свай, консистенции и плотности грунтов в плоскости нижних концов свай и под подошвой ростверка. Однако, как отмечают исследователи, роль ростверка в несущей способности свайных фундаментов, в зависимости от тех или иных факторов, в полной мере установить до настоящего времени не удалось.

Известна статья на тему "Особенности устройства свайно-плитных фундаментов" [44], в которой плитные фундаменты, обладающие большой распределительной способностью, являются во многих случаях наиболее оптимальным вариантом фундаментов в карстоопасном основании. Если расчет усилий в сечениях плиты выполняется на основании детерминированных моделей основания, то величина карстовой воронки определяется вероятностно-статистическим методом, что является инженерно-геологическим аспектом проблемы. Таким образом, очевидно, что некоторые рекомендации по расчету плитных фундаментов в карстоопасных грунтах, в основу которых положены приближенные исходные данные об основании и сооружении, достаточно «условны», что вызывает сомнение в получаемых результатах.

На сегодняшний день существующие способы решения рассматриваемой задачи имеют недостатки, которые можно устранить. Недостатками известных конструкций свайно-плитного фундамента являются: значительная трудоёмкость возведения данного фундамента; относительно низкая несущая способность на единицу объёма материала; сложное взаимодействие ростверка со сваями и свай с грунтом в зависимости от совместно действующих вертикальной нагрузки, горизонтальной силы и изгибающего момента; неучастие ростверка в контактном несущем взаимодействии с грунтом.

1.4 Вывод по главе 1

Свайно-плитный фундамент с плитой-ростверком не включённым в работу совместно со сваями обладает повышенной материалоемкостью, стоимостью и пониженной удельной несущей способностью на один кубометр их материала. Их расчётное исследование не обеспечено достоверными, сравнимыми с экспериментальными данными, инженерными методами расчёта общей несущей способности и осадки.

2 ПОЛЕВЫЕ НАТУРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОДНОСВАЙНО-ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА

Для изучения работы односвайно-плитных фундаментов были проведены полевые натурные испытания, целью которых являлось определение несущей способности сваи как без плиты, так и с плитой, а также определение влияния уплотнённого грунта.

2.1 Инженерно-геологические условия проведения эксперимента

Эксперимент проводился по адресу: РФ, Самарская область, г. Тольятти, Автозаводский район, восточнее 17 квартала по ул. 40 лет Победы. Ситуационный план находится в приложении А.

Статические испытания осуществлялись в грунтовых условиях, представленных на инженерно-геологическом разрезе с расположением опытной буровой сваи (см. рис. 2.1), который принят на основании технического отчёта об инженерно-геологических изысканиях по объекту «Жилые дома поз. Л1.2-маг, Л1.3-маг, Л1.4-маг в девятиэтажном варианте», выполненного ООО «ГеоНика» в ноябре 2013 г. (инв. № 61). Физико-механические характеристики грунтов опытной площадки представлены в таблице 2.1.

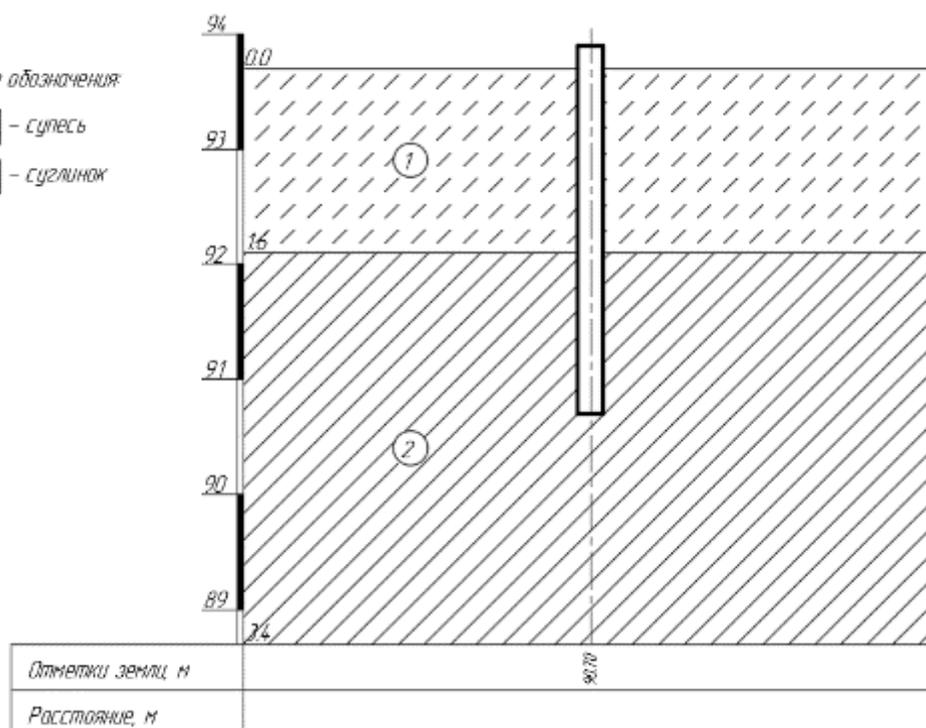


Рисунок 2.1 - Инженерно-геологический разрез

Таблица 2.1 - Физико-механические характеристики грунтов опытной площадки

N	Название грунта	Модуль деформации	Угол внутр. трения	Удельн. сцепление	Показ. текучести	Плотность	Плотность сух. гр.	Коэфф. пористости	Прир. влажность	Степень влажности	Нач. просадочное давление
		E	φ	c	I_L	ρ	ρ_0	e	ω	S_r	P_{cl}
		МПа	$^\circ$	кПа	д. е.	т/м ³	т/м ³	д. е.	д. е.	д. е.	кПа
1	Супесь твёрдая просадочн.	10	27	13	-0,41	1,77	1,58	0,721	0,12	0,26	1,1
2	Суглинок полутвёрд. просадочн.	13	27	20	0,08	1,78	1,55	0,755	0,12	0,31	1,5

2.2 Планирование эксперимента

План эксперимента включает:

- 1 Выбор и разбивка участка местности для проведения эксперимента.
- 2 Срез почвенно-растительного слоя экскаватором Hitachi.
- 3 Изготовление анкерных буровых свай:
 - 3.1 Разбивка.
 - 3.2 Изготовление каркасов.
 - 3.3 Бурение скважин экскаватор-погрузчиком JCB.
 - 3.4 Армирование и бетонирование.
- 4 Изготовление экспериментальной буровой сваи:
 - 4.1 Разбивка.
 - 4.2 Изготовление каркаса.
 - 4.3 Бурение скважины ручным буром.
 - 4.4 Устройство опалубки для создания оголовка.
 - 4.5 Армирование и бетонирование.
- 5 Изготовление и установка упорной фермы для испытаний.
- 6 Испытание несущей способности буровой сваи на вертикальную осевую статическую нагрузку.
- 7 Устройство плиты:
 - 7.1 Разбивка.
 - 7.2 Устройство опалубки.
 - 7.3 Изготовление каркаса.
 - 7.4 Армирование и бетонирование.
- 8 Испытание свайно-плитного фундамента:
 - 8.1 Испытание несущей способности односвайно-плитного фундамента на вертикальную осевую статическую нагрузку.
 - 8.2 Испытание устойчивости односвайно-плитного фундамента на действие горизонтальной статической нагрузки и изгибающего момента.

2.3 Методика проведения испытаний

Программа проведения испытаний односвайно-плитного фундамента:

1 Статические испытания буровых свай как на вдавливающую нагрузку, так и на горизонтальную нагрузку и изгибающий момент выполнены ускоренными испытаниями грунтов по ГОСТ [45, с. 23]. Ускоренные испытания проводились посредством измерения деформаций основания свай при приложении вертикальной статической осевой нагрузки и при действии горизонтального усилия и изгибающего момента.

2 Схемы статических испытаний свай представлены на рис. 2.2 и 2.3.

Для передачи вдавливающей нагрузки на опытную сваю посредством гидравлического домкрата были устроены анкерные сваи диаметром 450 мм, длиной 3 м в количестве четырёх штук, работающих на выдёргивающие усилия. На рис. 2.2 представлена схема экспериментальной установки для испытания опытных фундамента статической вдавливающей нагрузкой.

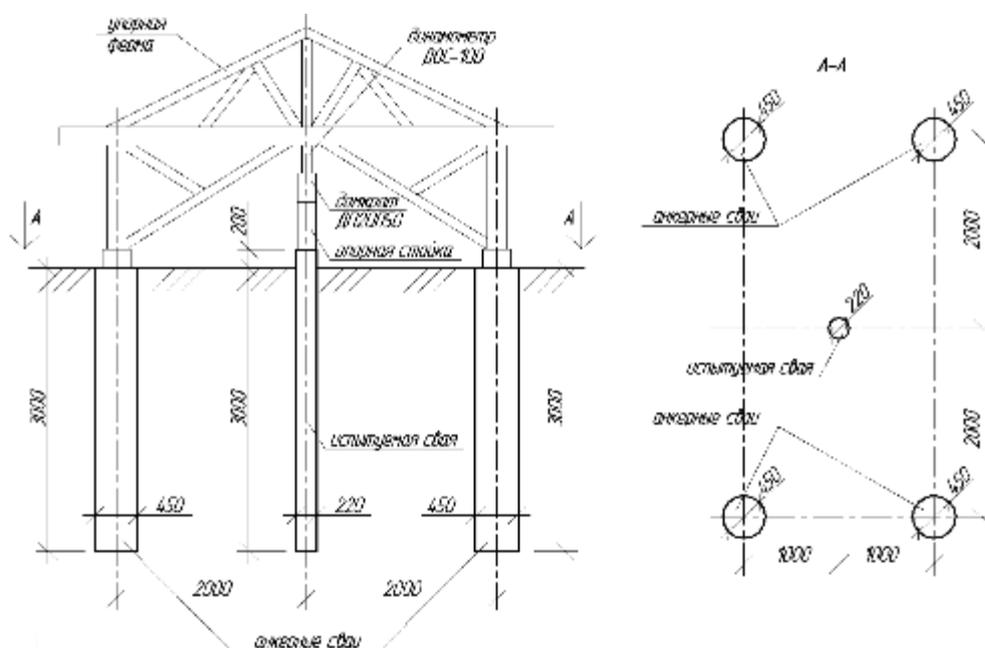


Рисунок 2.2 - Схема экспериментальной установки для испытания фундамента осевой статической вдавливающей нагрузкой

Для передачи горизонтальной нагрузки и изгибающего момента на опытную сваю использовалась лебёдка. На рис. 2.3 представлена схема экспериментальной установки для испытания опытных фундамента статической горизонтальной нагрузкой и изгибающим моментом.

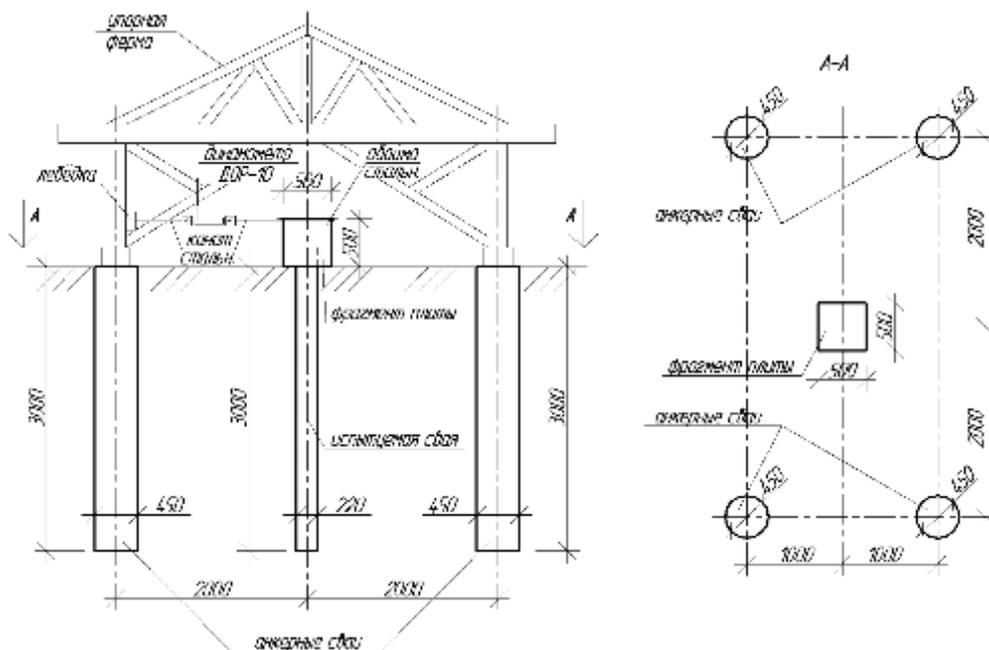


Рисунок 2.3 – Схема экспериментальной установки для испытания фундамента статической горизонтальной нагрузкой и изгибающим моментом

3 При испытаниях опытных свай нагружение осуществлялось с помощью домкрата марки ДП20П50 и ручного гидравлического насоса марки НРГ7007.

4 Ступени приложения нагрузок определялись исходя из 1/10 критической нагрузки, что составило 7 кН для вдавливающей и 2 кН для горизонтальной нагрузок.

5 Для контроля передаваемой вертикальной и горизонтальной нагрузок использовались соответственно динамометры ДОС-100 и ДОР-10 с индикаторами часового типа ИЧ-10 с ценой деления 0,01 мм.

6 Переход к последующей ступени нагружения производился после достижения условной стабилизации, которая составляет 0,1 мм за 30 мин для вертикальной и 0,1 мм за 60 мин для горизонтальной нагрузок.

Расхождения в показаниях приборов не должны превышать следующих

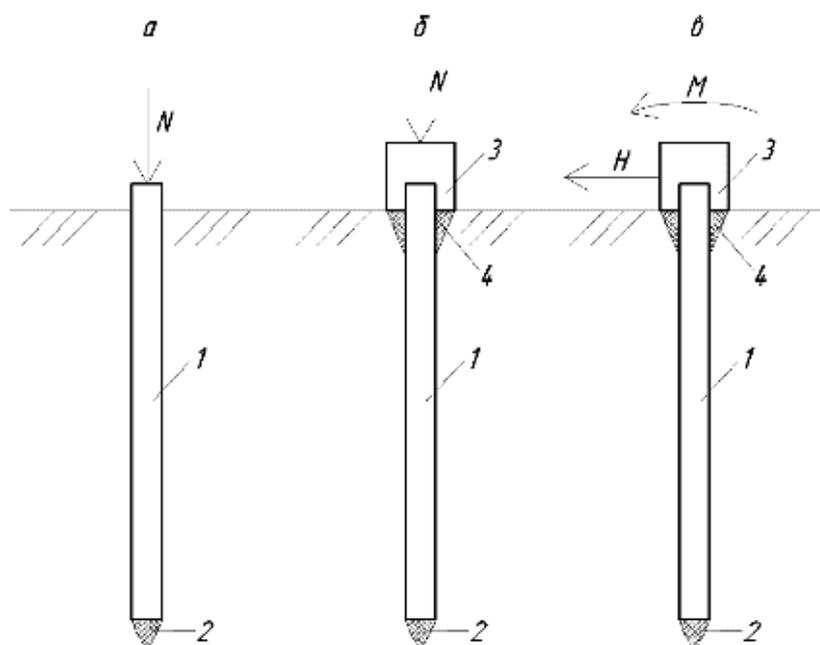
значений: 50% — при осадках менее 1 мм; 30% — при осадках от 1 до 5 мм; 20% — при осадках более 5 мм.

7 Для контроля перемещений испытуемого фундамента от действия вертикальных сил использовались нивелир марки HILTI POL-15 III класса точности с рейкой и индикатор часового типа ИЧ-10 с ценой деления 0,01 мм, для анкерных свай — только нивелир. Согласно паспорту стандартное отклонение (на километр двойного хода) для данного нивелира составляет ± 2 мм, горизонтальное отклонение — $\pm 0,4$ мм на 10 м. Т.к. нивелир находился на расстоянии не более 1,5 м, то результаты измерений можно считать верными с допустимой погрешностью $\pm 0,06$ мм.

Для контроля перемещений испытуемого фундамента от действия горизонтальных сил и момента использовалась металлическая рулетка.

8 Всё оборудование до испытаний было отгарировано. Паспорта, выпускные аттестаты и свидетельства о поверке приборов и оборудования находятся в приложении Б.

9 Схемы испытаний одиночной буровой сваи и односвайно-плитного фундамента показана на рис. 2.4.



а — одиночная буровая свая при критической нагрузке, б — односвайно-плитный фундамент при критической вертикальной нагрузке, в —

односвайно-плитный фундамент при действии горизонтальной нагрузки и изгибающего момента; 1 – буровая свая, 2 – грунтоуплотнённый тангенсоид вращения, 3 – плита, 4 – грунтоуплотнённая усечённая пирамида

Рисунок 2.4 - Схемы испытаний

10 Согласно ГОСТ [45, с. 7] нагрузка при испытании натурной сваи для упруго-пластической стадии работы грунтов основания должна быть доведена до значения, при которой общая осадка сваи составляет не менее 40 мм, для горизонтального перемещения – не менее 20 мм.

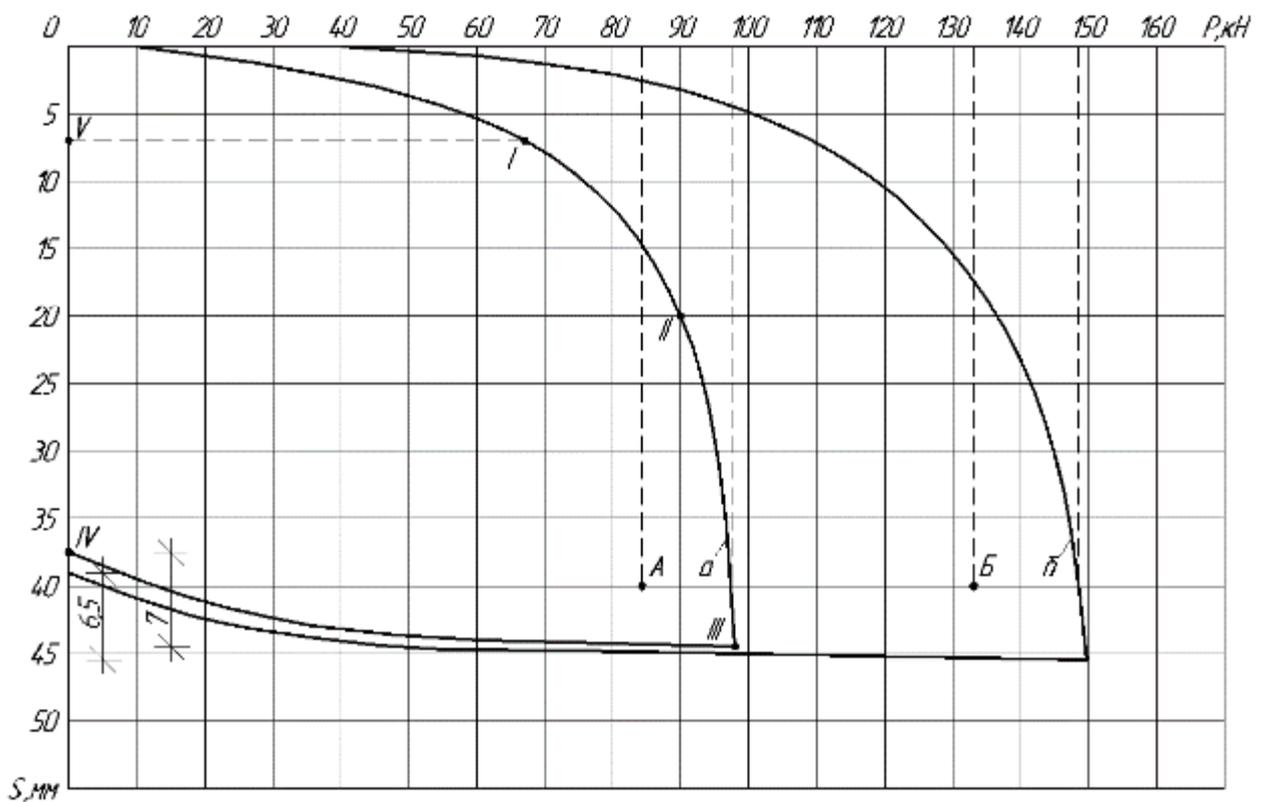
11 Разгрузка фундамента проводилось после достижения наибольшей нагрузки ступенями, равными удвоенным значениям ступеней нагружения, с выдержкой каждой ступени не менее 15 мин. После полной разгрузки (до нуля) наблюдения за упругим перемещением фундамента проводилось в течение 60 мин со снятием отсчетов через каждые 15 мин.

12 С целью релаксации напряжений в грунте было выбрано время «отдыха» свай на вдавливающую нагрузку, которое для глинистых грунтов составило 6 суток [45, с. 6].

2.4 Обработка результатов экспериментальных исследований статической вдавливающей нагрузкой

В приложении В на рисунках зафиксированы все этапы подготовки и проведения эксперимента. По результатам испытаний был оформлен журнал испытаний, который представлен в приложении Г, а также опубликована статья [46].

Графики зависимостей осадок S_i от нагрузок P_i одиночной буровой сваи и односвайно-плитного фундамента на статическую вдавливающую нагрузку представлен на рис. 2.5.



а – одиночная буровая свая, б – односвайно-плитный фундамент; А – теоретическая несущая способность буровой сваи, Б – теоретическая несущая способность односвайно-плитного фундамента

Рисунок 2.5 - График зависимости $S = f(P)$ на статическую осевую вдавливающую нагрузку

Анализ рис. 2.5 показал, что несущая способность односвайно-плитного фундамента при $S = 40$ мм выросла на 52% по отношению к буровой свае. Это свидетельствует о включении в работу грунта под подошвой плиты. При снятии нагрузки с испытанных свай происходит подъём головы сваи (упругие деформации) на величину порядка 7 мм или 17,5% от полной осадки – 40 мм. Анализ материалов сети Интернет показал, что при разгрузке упругие деформации составляют порядка 8-25% от 40 мм. Меньшее значение характерно для несвязных грунтов, большее значение – для глинистых с повышенной влажностью.

Фазы напряжённого состояния грунта на примере одиночной буровой сваи (рис. 2.5):

1 На участке 0-I возникающие напряжения в грунте по стволу сваи и под торцом не превышают структурную прочность грунта, при этом деформация оголовка сваи составила порядка 7 мм при нагрузке 67 кН и не произошли пластические деформации;

2 На участке I-II при осадке оголовка сваи на 20 мм и нагрузке 90 кН проявляются интенсивные деформации под торцом сваи (происходит перемещение ствола сваи по грунту и уплотнение под торцом сваи);

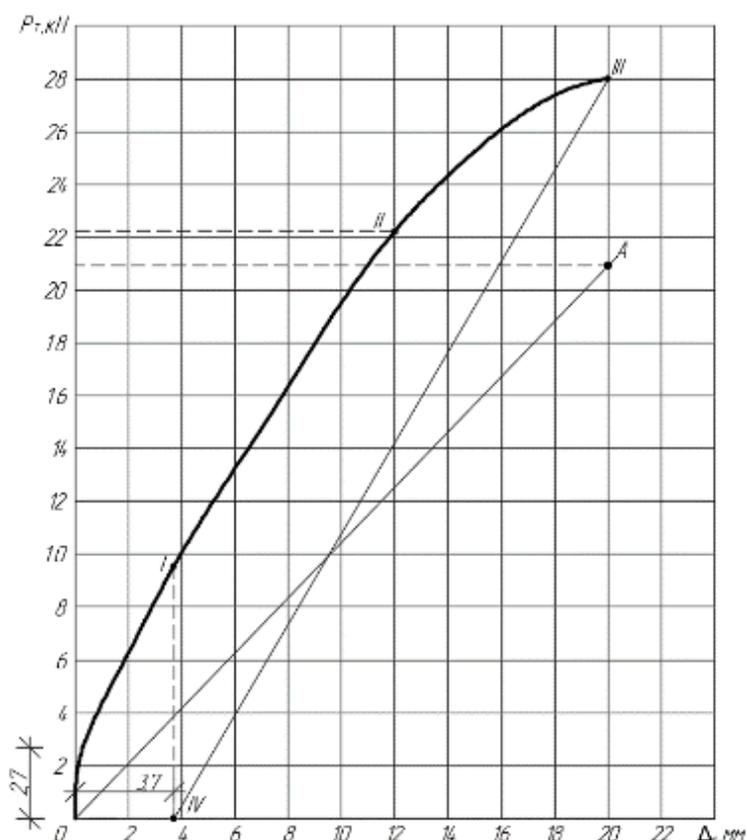
3 Участок II-III характерен фазой выпора грунта из-под торца сваи, при этом несущая способность основания сваи полностью исчерпана, то есть наступил момент, когда без увеличения нагрузки деформации растут;

4 Участок III-IV характеризует упругие свойства уплотнённого грунта;

5 Участок IV-V характеризует пластические деформации.

2.5 Обработка результатов экспериментальных исследований статической горизонтальной нагрузкой и изгибающим моментом

График зависимости перемещения Δ_n от нагрузки P_T односвайно-плитного фундамента на статическую горизонтальную нагрузку с изгибающим моментом представлен на рис. 2.6.



A – теоретическое перемещение оголовка сваи на $\Delta_n = 20$ мм при коэффициенте пропорциональности $K = 1800$ тс/м⁴

Рисунок 2.6 - График зависимости $\Delta_n = f(P_T)$ односвайно-плитного фундамента на статическую горизонтальную нагрузку с изгибающим моментом при перемещении на $\Delta_n = 20$ мм

Анализ рис. 2.6 показал, что перемещение односвайно-плитного фундамента началось при нагрузке $P = 2,7$ кН, хотя по теоретическому расчёту по СНиП [2, с. 35] должно происходить при меньших нагрузках. Это связано с тем, что формула рассматривает упругую среду. По факту деформации происходят после преодоления прочностных характеристик грунта (прочностная характеристика грунта величина не постоянная и зависит от влажности). При снятии нагрузки фундамент вернулся в исходную точку, что подтверждает упругие свойства среды и ствола сваи. Дальнейшее нагружение горизонтальной нагрузкой с изгибающим моментом односвайно-плитного фундамента до перемещения $\Delta_n = 20$ мм показало нагрузку в $P_T = 28$

кН. При снятии нагрузки фундамент не вернулся в исходную точку, что характеризует пластические деформации.

Фазы напряжённого состояния грунта на примере односвайно-плитного фундамента (рис. 2.6):

1 На участке 0-I возникающие напряжения в грунте по стволу сваи и под торцом не превышают структурную прочность грунта, при этом деформация оголовка сваи составила порядка 3,7 мм при нагрузке 9,5 кН и не произошли пластические деформации;

2 На участке I-II при перемещении односвайно-плитного фундамента на 12 мм и нагрузке 22,2 кН проявляются интенсивные деформации по боковой поверхности сваи (происходит перемещение ствола сваи по грунту и уплотнение по боковой поверхности сваи);

3 Участок II-III характерен потери сцепления по боковой поверхности сваи, при этом несущая способность основания сваи полностью исчерпана, то есть наступил момент, когда без увеличения нагрузки деформации растут;

4 Участок III-IV характеризует упругие свойства уплотнённого грунта и железобетонной сваи.

2.6 Вывод по главе 2

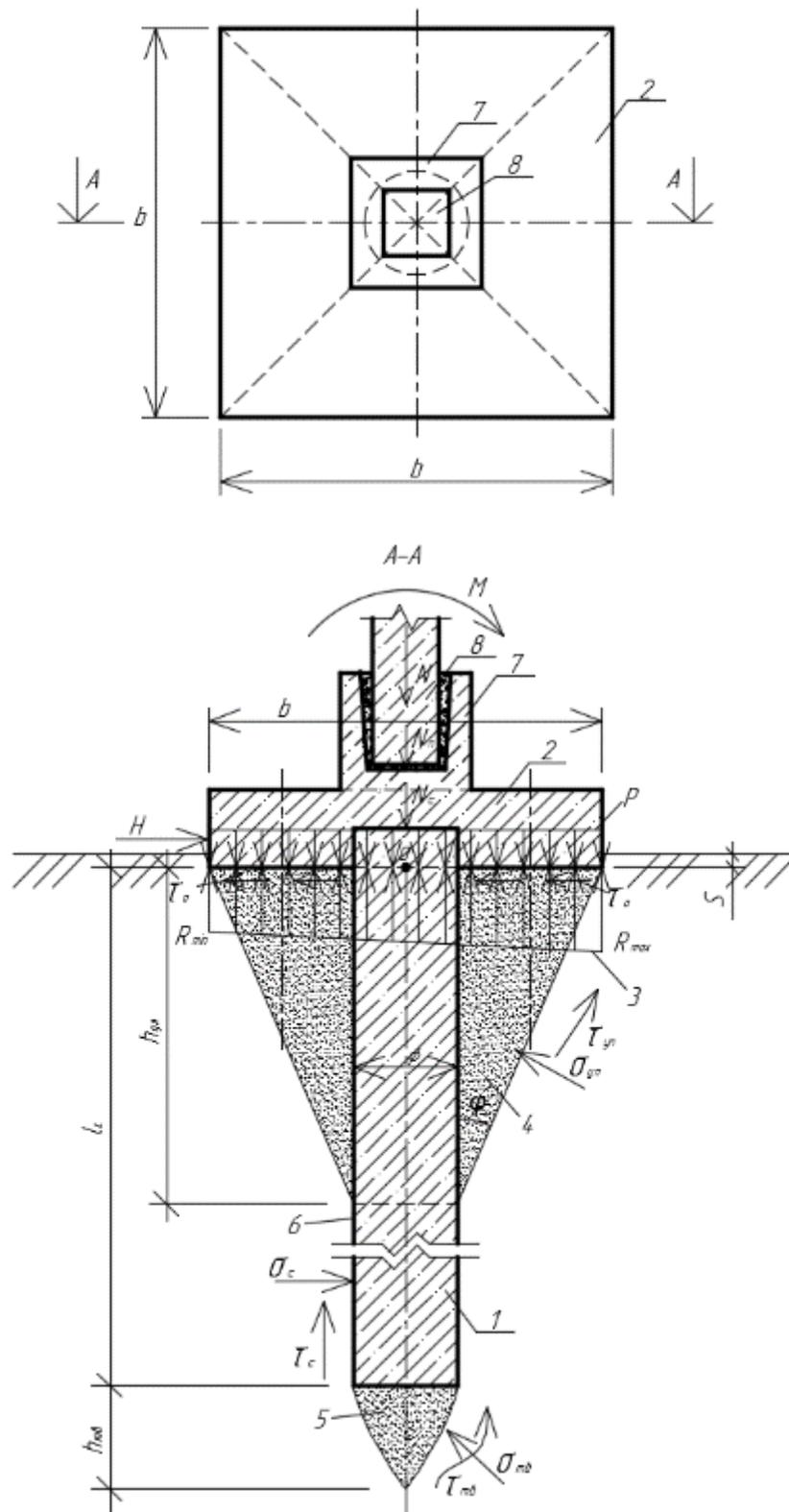
В результате проведённого эксперимента получена несущая способность одиночной сваи при действии вертикальной статической осевой нагрузки и несущая способность односвайно-плитного фундамента. Определена несущая способность грунта по подошве плиты и боковой поверхности сваи на действие горизонтальной нагрузки и изгибающего момента в упругой стадии работы грунтов их основания.

3 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОСВАЙНО-ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА

3.1 Представление конструктивной и силовой схем

В практике строительства лёгких объектов нашли применение системы конструкций «свая-колонна». Положительной стороной их использования является простота устройства односвайного фундамента и технико-экономическая эффективность. Однако односвайные фундаменты имеют существенный недостаток в условиях работы сваи в грунте под действием вертикальной и горизонтальной нагрузок и изгибающего момента. Поэтому исследуются свайно-плитные фундаменты, в которых плитой в их составе воспринимаются и передаются частично вертикальная нагрузка, горизонтальная нагрузка и изгибающий момент на грунт. А свая работает под действием минимального изгибающего момента. Такая система «свая-плита-колонна» обеспечивает передачу вертикальной нагрузки как за счёт сваи, так и за счёт плиты, кроме того плита воспринимает действие горизонтальной нагрузки и изгибающего момента и передаёт их на грунт, что обеспечивает достаточно значительную технико-экономическую эффективность фундамента, его надёжность, улучшает условия работы сваи, а плита включает грунт в работу на действие горизонтальной нагрузки и изгибающего момента. Расширяется область применения данного фундамента под тяжёлой сосредоточенной нагрузкой в высотном строительстве и при конструктивном глубинном освоении подземного пространства за счёт применения крупноразмерных свай и соответственно плит.

На рис. 3.1 представлен план односвайно-плитного фундамента и разрез А-А. На рис. 3.2 показана силовая схема односвайно-плитного фундамента.



1 – одиночная буровая свая, 2 – железобетонная плита, 3 – неравномерно-
распределённая трапециевидная эпюра контактного давления, 4 –

грунтоуплотнённая усечённая пирамида, 5 – грунтоуплотнённый тангенсоид вращения, 6 – боковая поверхность ствола сваи, 7 – подколонник, 8 – колонна

Рисунок 3.1 – Односвайно-плитный фундамент

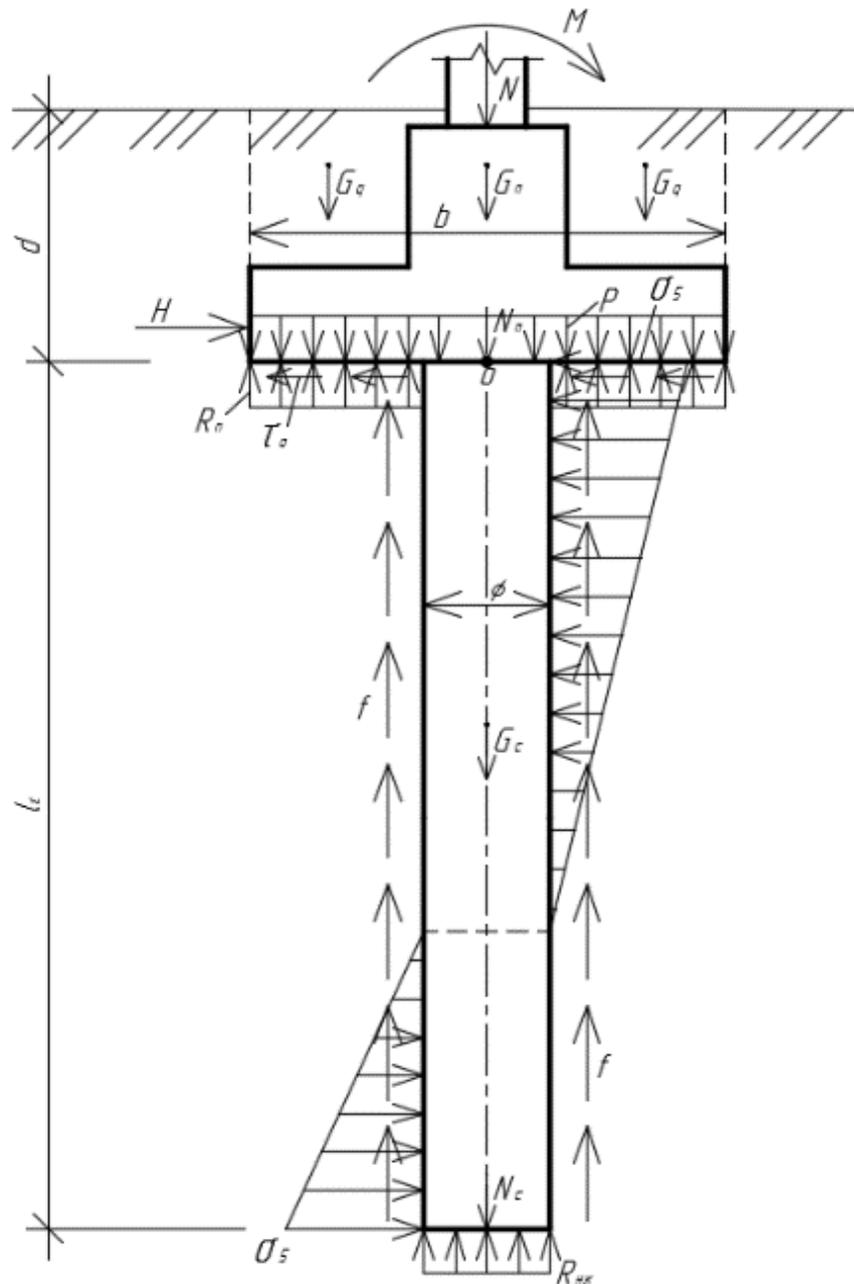


Рисунок 3.2 – Силовая схема односвайно-плитного фундамента

Сведения, подтверждающие возможность осуществления объекта, характеризуются тем, что односвайно-плитный фундамент включает:

- одиночную буронабивную сваю 1, работающую на долю N_c вертикальной нагрузки N и нагрузки G_c от собственного веса сваи, жёстко

соединенную с железобетонной плитой 2, работающей на долю N_n вертикальной нагрузки N и нагрузки G_n от собственного веса плиты, а также на горизонтальную сдвигающую силу H и на изгибающий момент M ;

- при действии вертикальной нагрузки N_n по подошве фундамента действует равномерно-распределённое контактное давление P , которое уравновешивается отпорным давлением грунта R_n . Согласно закону Кулона при одновременном действии горизонтальной силы H формируется напряжение касательного сопротивления $\tau_0 = P \cdot \operatorname{tg}\varphi_0$, где φ_0 – угол внутреннего трения покоя грунта, состояние покоя плиты будет сохраняться при условии $\varphi_0 \geq \varphi_1$, где φ – угол внутреннего трения грунта при сдвиге по подошве фундамента;

- при одновременном воздействии изгибающего момента M в случае допустимого поворота плиты относительно центра фундамента O под подошвой фундамента получается неравномерно-распределённая трапециевидная эпюра контактного давления 3 с крайними ординатами R_{\max} и R_{\min} , в процессе осадки фундамента под подошвой плиты формируется грунтоуплотнённая несущая усечённая пирамида 4 с действующими предельными нормальными напряжениями $\sigma_{уп}$ и равными им касательными напряжениями $\tau_{уп}$, по значениям которых определяется нагрузка N_n ;

- в указанных взаимодействиях под нижним плоским концом сваи формируется грунтоуплотнённый тангенсоид вращения 5 по боковой поверхности которого действует нормальные $\sigma_{тв}$ и равные им касательные напряжения $\tau_{тв}$; по боковой поверхности ствола 6 сваи 1 также действуют напряжения σ_c и равные им касательные – τ_c , нагрузка на сваю N_c определяется как сумма несущей способности основания нижнего конца и боковой поверхности ствола сваи.

3.2 Расчёт несущей способности буровой сваи и односвайно-плитного фундамента на статическую вертикальную нагрузку по действующей нормативной методике

Расчет одиночной буровой сваи и односвайно-плитного фундамента на критическую вертикальную нагрузку выполнен в соответствии с СП [3, 47]. Физико-механические характеристики опытной площадки представлены в таблице 2.1.

Соппротивления грунта основания R_1 под нижним концом одиночной буровой сваи определяется по формуле:

$$R_1 = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} \left[M_\gamma \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d_1 \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot c_{II} \right], \quad (3.1)$$

где $\gamma_{c1} = 1,25$, $\gamma_{c2} = 1$ - коэффициенты условий работы;

$k = 1$, $M_\gamma = 1,24$, $M_q = 5,95$, $M_c = 8,24$, $k_z = 1$ - коэффициенты;

$b = 0,195$ м - ширина подошвы фундамента;

$\gamma_{II} = 1,78$ кН/м³ - расчетное значение удельного веса суглинка полутвёрдого просадочного, залегающего ниже пяты сваи;

$d_1 = 3$ м - глубина заложения от уровня планировки;

$\gamma'_{II} = 1,77$ кН/м³ - осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих выше подошвы фундамента;

$c_{II} = 3$ тс/м² - природное удельное сцепление суглинка полутвёрдого просадочного с учётом коэффициента надёжности по грунту $\gamma_{q(c)} = 1,5$:

$$\frac{1,25 \cdot 1}{1} \cdot \left[1,24 \cdot 1 \cdot 0,195 \cdot 1,78 + 5,95 \cdot 3 \cdot 1,77 + 8,24 \cdot 3 \right] = 70,93 \text{ кПа}$$

Соппротивления грунта основания R_2 под подошвой железобетонной плиты определяется по формуле:

$$R_2 = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} \left[M_\gamma \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_c \cdot c_{II} \right], \quad (3.2)$$

где $\gamma_{c1} = 1,25$, $\gamma_{c2} = 1,1$ - коэффициенты условий работы;

$k = 1$, $M_\gamma = 1,24$, $M_c = 8,24$, $k_z = 1$ - коэффициенты;

$b = 0,5$ м - ширина подошвы фундамента;

$\gamma_{II} = 1,77$ кН/м³ - расчетное значение удельного веса супеси твёрдой просадочной, залегающей ниже подошвы фундамента;

$c_{II} = 1,95 \text{ тс/м}^2$ - природное удельное сцепление супеси твёрдой просадочной с учётом коэффициента надёжности по грунту $\gamma_{q(c)} = 1,5$:

$$\frac{1,25 \cdot 1,1}{1} \cdot [24 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1,77 + 8,24 \cdot 1,95] = 23,60 \text{ кПа}$$

Определяется площадь поперечного сечения буровой сваи при её диаметре $\emptyset = 0,22 \text{ м}$:

$$A_1 = \pi \cdot R^2, \quad (3.3)$$

$$3,14 \cdot 0,11^2 = 0,038 \text{ м}^2$$

Определяется площадь железобетонной плиты с учётом буровой сваи:

$$A_2 = a \cdot b - A_1, \quad (3.4)$$

$$0,5 \cdot 0,5 - 0,038 = 0,212 \text{ м}^2$$

Определяется предельная нагрузка под нижним концом буровой сваи:

$$F_c^H = R_1 \cdot A_1, \quad (3.5)$$

$$70,93 \cdot 0,038 = 2,7 \text{ тс} = 27 \text{ кН}$$

Определяется предельная нагрузка под подошвой железобетонной плиты:

$$F_n^H = R_2 \cdot A_2, \quad (3.6)$$

$$23,60 \cdot 0,212 = 5,0 \text{ тс} = 50 \text{ кН}$$

Определяется несущая способность F^{ϕ} буровой сваи по боковой поверхности:

$$F^{\phi} = \gamma_{cf} \cdot u \cdot \sum f_i \cdot h_i, \quad (3.7)$$

где $\gamma_{cf} = 0,7$ - коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности буровой сваи при отсутствии воды в скважине (сухим способом);

$u = 0,691 \text{ м}$ - периметр поперечного сечения ствола сваи;

$f_1 = 35 \text{ м}$, $f_2 = 38,5 \text{ м}$, $f_3 = 45 \text{ м}$ - расчетное сопротивление i -го слоя грунта на боковой поверхности ствола сваи, кПа;

$h_1 = 1 \text{ м}$, $h_2 = 1 \text{ м}$, $h_3 = 1 \text{ м}$ - толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи:

$$0,7 \cdot 0,691 \cdot (35 \cdot 1 + 38,5 \cdot 1 + 45 \cdot 1) = 57,32 \text{ кН}$$

Определяется общая нагрузка, приходящая на одиночную буровую сваю при критической вертикальной нагрузке:

$$F_{oc}^I = F_c^H + F^{\phi}, \quad (3.8)$$

$$27 + 57,32 = 84,32 \text{ кН}$$

Определяется общая нагрузка, приходящая на односвайно-плитный фундамент при критической вертикальной нагрузке:

$$F_{ocn}^3 = F_{oc}^I + F_n^H, \quad (3.9)$$

$$84,32 + 50 = 134,32 \text{ кН}$$

Анализ экспериментальных и теоретических результатов несущей способности одиночной буровой сваи и односвайно-плитного фундамента на вертикальную нагрузку приведён в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Анализ экспериментальных и теоретических результатов несущей способности одиночной буровой сваи и односвайно-плитного фундамента на вертикальную нагрузку

Фундамент	Несущая способность по результатам статических испытаний, кН	Теоретическая несущая способность, кН	Отношение разницы между опытн. и теор. значениями к опытному значению, %
Одиночная буровая свая	97,46	84,32	13
Односвайно-плитный фундамент	148,52	134,32	10

3.3 Расчёт несущей способности односвайно-плитного фундамента на статическую горизонтальную нагрузку с изгибающим моментом по действующей нормативной методике

Расчет односвайно-плитного фундамента на совместное действие горизонтальной нагрузки и изгибающего момента (рис. 3.3) выполнен в соответствии со СНиП [2] по первой стадии развития напряженно-деформированного состояния системы «свая-грунт». При расчётах был выбран наибольший коэффициент пропорциональности для супесей твёрдых ($I_L < 0$) – $K = 1800 \text{ тс/м}^4$. Это сделано для того, чтобы максимально приблизить теоретические расчёты к статическим испытаниям, т. к. после

статических испытаний односвайно-плитного фундамента на вдавливающую нагрузку произошло увеличение несущей способности грунта за счёт уплотнения и уменьшения влажности под плитой.

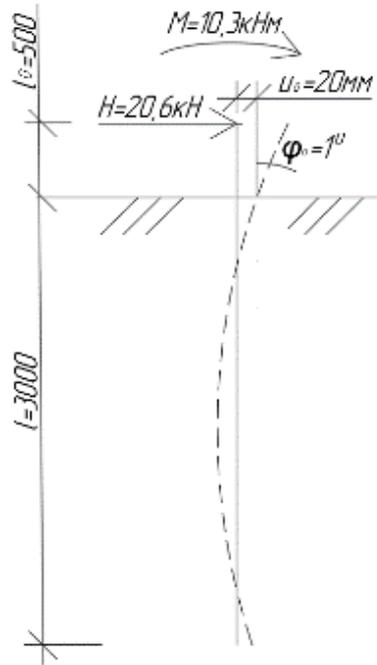


Рисунок 3.3 - Схема нагрузок, приходящих на односвайно-плитный фундамент

Коэффициент деформации определяется по формуле:

$$\alpha_\varepsilon = \sqrt[5]{\frac{Kb_p}{\gamma_c EI}}, \quad (3.10)$$

где $K = 1800 \text{ тс/м}^4$ – максимальный коэффициент пропорциональности для супесей твёрдых ($I_L < 0$);

$E = 2345347 \text{ тс/м}^2$ - начальный модуль упругости бетона кл. В15 при сжатии и растяжении;

$I = 0,000115 \text{ м}^4$ - момент инерции поперечного сечения сваи;

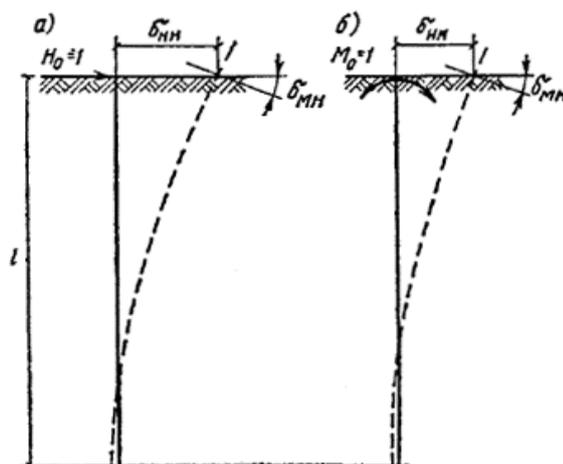
$\gamma_c = 3$ - коэффициент условий работы;

$b_p = 1,5d + 0,5 = 0,83 \text{ м}$ - условная ширина сваи;

$d = 0,22 \text{ м}$ - наружный диаметр сваи в плоскости, перпендикулярной действию нагрузки:

$$\sqrt[5]{\frac{1800 \cdot 0,83}{3 \cdot 2345347 \cdot 0,000115}} = 1,13 \text{ 1/м}$$

Схема перемещений односвайно-плитного фундамента в грунте показана на рис. 3.4.



a – перемещения от действия силы $H_0 = 1$, приложенной в уровне поверхности грунта, *б* - перемещения от действия момента $M_0 = 1$
 Рисунок 3.4 - Схема перемещений односвайно-плитного фундамента в грунте

Горизонтальное перемещение сечения δ_{NH} от силы $H_0 = 1$ вычисляется по формуле:

$$\delta_{NH} = \frac{1}{\alpha_\varepsilon^3 EI} A_0, \quad (3.11)$$

где $A_0 = 2,727$ - безразмерный коэффициент, принимаемый в зависимости от приведенной глубины заложения свай в грунте:

$$\frac{1}{1,13^3 \cdot 2345347 \cdot 0,000115} \cdot 2,727 = 0,007 \text{ м/тс}$$

Горизонтальное перемещение сечения δ_{HM} от момента $M_0 = 1$ и угол поворота сечения δ_{MH} от силы $H_0 = 1$ вычисляются по формуле:

$$\delta_{HM} = \delta_{MH} = \frac{1}{\alpha_\varepsilon^3 EI} B_0, \quad (3.12)$$

где $B_0 = 1,758$ - безразмерный коэффициент, принимаемый в зависимости от приведенной глубины заложения свай в грунте:

$$\frac{1}{1,13^3 \cdot 2345347 \cdot 0,000115} \cdot 1,758 = 0,005 \text{ } 1/mc$$

Угол поворота сечения δ_{MM} от силы $M_o = 1$ вычисляется по формуле:

$$\delta_{MM} = \frac{1}{\alpha_e^3 EI} C_o, \quad (3.13)$$

где $C_o = 1,818$ - безразмерный коэффициент, принимаемый в зависимости от приведенной глубины заложения свай в грунте:

$$\frac{1}{1,13^3 \cdot 2345347 \cdot 0,000115} \cdot 1,818 = 0,006 \text{ } 1/(mc \cdot m)$$

Горизонтальное перемещение u_o определяется по формуле:

$$u_o = H_o \delta_{HH} + M_o \delta_{HM}, \quad (3.14)$$

где $H_o = H = 2100$ кг - расчетные значения поперечной силы;

$M_o = Hl_o = 1050$ кгс·м - расчетные значения изгибающего момента:

$$2100 \cdot 0,007 + 1050 \cdot 0,005 = 0,02006 \text{ м} = 20,1 \text{ мм}$$

Угол поворота φ_o определяется по формуле:

$$\varphi_o = H_o \delta_{MH} + M_o \delta_{MM}, \quad (3.15)$$

$$2100 \cdot 0,005 + 1050 \cdot 0,006 = 0,0170 \text{ рад} = 1,0^\circ$$

Анализ экспериментальных и теоретических результатов несущей способности односвайно-плитного фундамента на горизонтальную нагрузку с изгибающим моментом приведён в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Анализ экспериментальных и теоретических результатов несущей способности односвайно-плитного фундамента на горизонтальную нагрузку с изгибающим моментом

Фундамент	Несущая способность по результатам статических испытаний, кН	Теоретическая несущая способность, кН	Отношение разницы между опытн. и теор. значениями к опытному значению, %
Односвайно-плитный фундамент	28	21	25

3.4 Вывод по главе 3

По методикам действующих нормативных документов проведены расчёты несущей способности буровой сваи на статическую вертикальную нагрузку и несущей способности односвайно-плитного фундамента на статическую вертикальную нагрузку и статическую горизонтальную нагрузку с изгибающим моментом. Определены горизонтальное перемещение и угол поворота плиты и сваи односвайно-плитного фундамента от действия горизонтальной нагрузки и изгибающего момента.

4 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЁТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВАНИЯ ОДНОСВАЙНО-ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА

Существенное расхождение значений по результатам анализа экспериментальных и теоретических значений несущей способности буровой сваи и односвайно-плитного фундамента (табл. 3.1 и 3.2) вызвало необходимость проведения расчётных исследований с использованием инновационных технологий. Для расчёта предельных напряжений и нелинейных деформаций в основании железобетонной плиты и одиночной буровой сваи была принята теория нелинейной механики вытеснения дисперсных грунтов в основаниях, разработанная Л. М. Борозенцом [1].

Расчеты производятся с использованием средневзвешенных значений физико-механических характеристик грунтов:

- удельного веса скелета грунтов, рассчитываемого по формуле:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_{d1}\Delta h_1 + \sigma_{d2}\Delta h_2}{\Sigma \Delta h_i}, \quad (4.1)$$

$$\frac{15,8 \cdot 1,6 + 15,5 \cdot 1,4}{3} = 15,66 \text{ кН/м}^3;$$

- угла внутреннего трения грунтов, рассчитываемого по формуле:

$$\varphi = \frac{\varphi_1\Delta h_1 + \varphi_2\Delta h_2}{\Sigma \Delta h_i}, \quad (4.2)$$

$$\frac{27 \cdot 1,6 + 27 \cdot 1,4}{3} = 27^\circ;$$

- удельного сцепления грунтов, рассчитываемого по формуле:

$$c = \frac{c_1\Delta h_1 + c_2\Delta h_2}{\Sigma \Delta h_i}, \quad (4.3)$$

$$\frac{13 \cdot 1,6 + 20 \cdot 1,4}{3} = 16,27 \text{ кПа}$$

Значения углов внутренней связности и трения грунтов определяются по формуле:

$$\theta_1 = \varphi; \theta_2 = 22,5^\circ + \varphi/2; \theta_3 = 45^\circ; \theta_4 = 67,5^\circ - \varphi/2; \theta_5 = 90^\circ - \varphi, \quad (4.4)$$

$$\theta_1 = 27^\circ; \theta_2 = 22,5^\circ + 27^\circ/2 = 36^\circ; \theta_3 = 45^\circ; \theta_4 = 67,5^\circ - 27^\circ/2 = 54^\circ; \theta_5 = 90^\circ - 27^\circ = 63^\circ$$

Значения коэффициентов внутренней связности грунтов:

$$tg\theta_1 = tg27^\circ = 0,510; tg\theta_2 = tg36^\circ = 0,727; tg\theta_3 = tg45^\circ = 1; tg\theta_4 = tg54^\circ = 1,376;$$

$$tg\theta_5 = tg63^\circ = 1,963$$

Суммарное значение коэффициентов внутренней связности грунтов:

$$\Sigma tg\theta_{1-5} = tg\theta_1 + tg\theta_2 + tg\theta_3 + tg\theta_4 + tg\theta_5 = 0,510 + 0,727 + 1 + 1,376 + 1,963 = 5,576$$

4.1 Разработка методики расчётного исследования несущей способности и деформации основания одиночной буровой сваи

Схема одиночной буровой сваи изображена на рис. 4.1. В её состав включено уплотненное ядро грунта, как жесткий конструктивный элемент в нижнем конце сваи в форме тангенсоида вращения. Геометрические параметры для определения формы и размеров уплотненного ядра определяются с использованием углов внутренней связности и фрикционности по углу внутреннего трения φ .

Суммарные значения коэффициентов внутренней связности грунтов определяются по формуле:

$$\Sigma tg\theta_i = 2 \cdot tg\theta_1 + 2 \cdot tg\theta_2 + tg\theta_3, \quad (4.5)$$

$$2 \cdot 0,510 + 2 \cdot 0,727 + 1 = 3,474$$

Распределение радиуса основания тангенсоида вращения ядра пропорционально значениям коэффициентов определяется по формулам:

$$\Delta R_1 = R tg\theta_1 / \Sigma tg\theta_i, \quad (4.6)$$

$$110 \cdot 0,510 / 3,474 = 16,15 \text{ мм};$$

$$\Delta R_2 = 2R tg\theta_2 / \Sigma tg\theta_i, \quad (4.7)$$

$$2 \cdot 110 \cdot 0,727 / 3,474 = 46 \text{ мм};$$

$$\Delta R_3 = 0,5R tg\theta_3 / \Sigma tg\theta_i, \quad (4.8)$$

$$0,5 \cdot 110 \cdot 1 / 3,474 = 15,85 \text{ мм}$$

Периметр ствола сваи определяется по формуле:

$$U = 2\pi R, \quad (4.9)$$
$$2 \cdot 3,14 \cdot 110 = 690,8 \text{ мм}$$

Нагрузки на основание сваи по эксперименту:

- от массы ствола сваи, рассчитываемая по формуле:

$$G_c = \pi \cdot R^2 l \gamma_6, \quad (4.10)$$
$$3,14 \cdot 0,110^2 \cdot 3,2 \cdot 24 = 2,92 \text{ кН}$$

- дополнительная внешняя нагрузка, полученная по эксперименту:

$$N_{01} = 97,46 \text{ кН}$$

Экспериментальная несущая способность сваи определяется по формуле:

$$F_{d,c} = N_c = N_{01} + G_c, \quad (4.11)$$
$$97,46 + 2,92 = 100,38 \text{ кН}$$

Сжимающие нормальные и сдвигающие касательные напряжения по боковой поверхности тангенсоида вращения сваи определяются по формуле:

$$\sigma_{5m.6} = \tau_{5m.6} = (\sigma_{d2} + c_2) \operatorname{tg} \theta_3 k, \quad (4.12)$$
$$(15,50 + 20) \cdot 5,576 \cdot 1,345 = 266,24 \text{ кПа}$$

В дальнейшем расчете будут условно применяться обозначения напряжений либо σ – нормальных, либо τ – касательных, ввиду равенства их значений.

Несущая способность тангенсоида вращения сваи определяется по формуле:

$$F_{d,m.6} = F_{d,n.k} = \sigma_{5m.6} \cdot A_{m.6}, \quad (4.13)$$
$$266,24 \cdot 0,090 = 23,96 \text{ кН}$$

Экспериментальная несущая способность боковой поверхности сваи определяется по формуле:

$$F_{d,b.n} = F_{d,c} - F_{d,n.k}, \quad (4.14)$$
$$100,38 - 23,96 = 76,42 \text{ кН}$$

4.2 Разработка методики расчётного исследования несущей способности и деформации основания односвайно-плитного фундамента

Уплотнённый грунт под подошвой плиты формируется в виде усечённой пирамиды в месте примыкания ствола сваи. Угол наклона грани пирамиды к оси сваи $\varphi = 27^\circ$. Высота уплотнённого ядра грунта в виде усечённой пирамиды под подошвой плиты фундамента:

$$h_{y.n} = (b/2 - r_c) \cdot \operatorname{tg}(90 - \varphi), \quad (4.15)$$

где $b = 0,5$ м – ширина подошвы фундамента,

$r_c = 0,11$ м – радиус буровой сваи:

$$(0,50 / 2 - 0,11) \cdot \operatorname{tg}(90 - 27) = 0,272 \text{ м}$$

Построение уплотнённого ядра грунта в форме усечённой пирамиды, см. рис. 4.2.

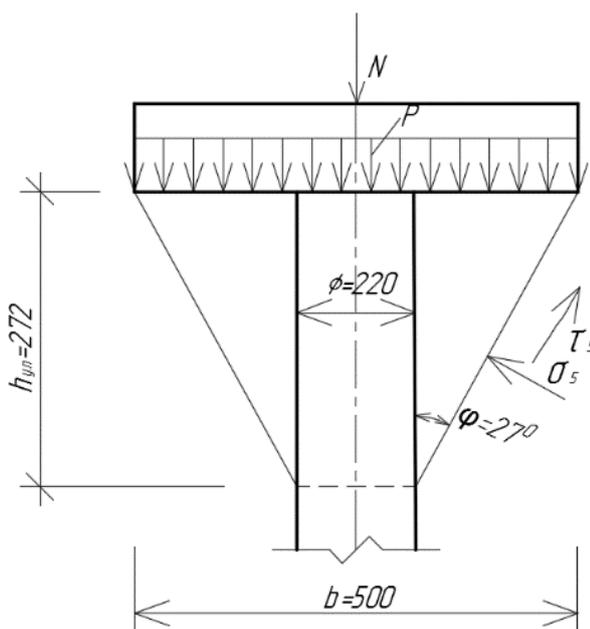


Рисунок 4.2 – Расчетная форма уплотнённого ядра грунта в форме усечённой пирамиды под квадратной подошвой фундамента (теоретическое построение)

Площадь боковой поверхности уплотнённого ядра грунта в форме усечённой пирамиды под подошвой плиты фундамента была найдена методом компьютерного моделирования плиты с учётом одиночной буровой сваи и составила $A_{y.n} = 0,467 \text{ м}^2$.

Нагрузки на основание плиты по эксперименту:

- от массы плиты, рассчитываемая по формуле:

$$G_n = b^3 \cdot \gamma_6, \quad (4.16)$$

$$0,5^3 \cdot 24 = 1,5 \text{ кН};$$

- от массы домкрата ДП20П50, динамометра ДОС-100 и мет. стойки:

$$G_d \approx 0,7 \text{ кН};$$

- дополнительная внешняя нагрузка, полученная по эксперименту:

$$N_{02} = 148,52 \text{ кН}$$

Экспериментальная несущая способность односвайно-плитного фундамента определяется по формуле:

$$F_{d,on} = N_{on} = N_{02} + G_n + G_d, \quad (4.17)$$

$$148,52 + 1,5 + 0,7 = 150,72 \text{ кН}$$

Определим значение несущей способности боковой поверхности сваи за вычетом части боковой поверхности, охваченной усечённым конусом.

Длина боковой поверхности сваи без учёта боковой поверхности на высоту усечённой пирамиды определяется по формуле:

$$l_{0,1} = l_0 - h_{y,n}, \quad (4.18)$$

где $l_0 = 3 \text{ м}$ – глубина заложения сваи:

$$3 - 0,272 = 2,728 \text{ м}$$

Экспериментальную несущую способность по боковой поверхности сваи с учётом исключённой из работы боковой поверхности на высоту усечённой пирамиды определяем методом пропорции по формуле:

$$F_{d,\delta,n,1} = F_{d,\delta,n} \cdot l_{0,1} / l_0, \quad (4.19)$$

$$76,42 \cdot 2,728 / 3 = 69,49 \text{ кН}$$

Сжимающие нормальные и сдвигающие касательные напряжения по боковой поверхности сваи с учётом исключённой из работы боковой поверхности на высоту усечённой пирамиды определяются по формуле:

$$\sigma_{5\delta,n} = \tau_{5\delta,n} = F_{d,\delta,n,1} / A_{\delta,n}, \quad (4.20)$$

где $A_{\delta,n} = l_{0,1} \cdot U = 2,728 \cdot 0,6908 = 1,885 \text{ м}^2$ – площадь боковой поверхности без учёта боковой поверхности на высоту усечённой пирамиды:

$$69,49 / 1,885 = 36,86 \text{ кПа}$$

Суммарная несущая способность сваи без учёта боковой поверхности на высоту усечённой пирамиды определяется по формуле:

$$F_{d,c,1} = F_{d,\delta,n,1} + F_{d,n,k}, \quad (4.21)$$

$$69,49 + 23,96 = 93,45 \text{ кН}$$

Экспериментальная несущая способность усечённой пирамиды определяется по формуле:

$$F_{d,y,n} = F_{d,on} - F_{d,c,1}, \quad (4.22)$$

$$150,72 - 93,45 = 57,27 \text{ кН}$$

Сжимающие нормальные и сдвигающие касательные напряжения по боковой поверхности усечённой пирамиды под подошвой плиты фундамента определяются по формуле:

$$\sigma_{5y,n} = \tau_{5y,n} = F_{d,y,n} / A_{y,n}, \quad (4.23)$$

$$57,27 / 0,467 = 122,63 \text{ кПа}$$

Площадь подошвы плиты без учёта площади сечения сваи определяется по формуле:

$$A_n = b^2 - \pi \cdot r_c^2, \quad (4.24)$$

$$0,25 - 3,14 \cdot 0,11^2 = 0,212 \text{ м}^2$$

Контактное давление по подошве квадратного фундамента без учёта площади сечения сваи определяется по формуле:

$$P_n = F_{d,y,n} / A_n, \quad (4.25)$$

$$57,27 / 0,212 = 270,14 \text{ кПа}$$

Общая схема односвайно-плитного фундамента показана на рис. 4.3.

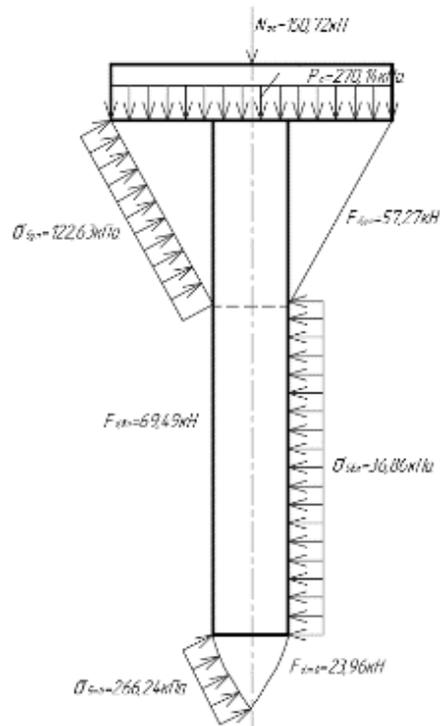


Рисунок 4.3 – Схема односвайно-плитного фундамента

По полученным значениям сжимающих нормальных и сдвигающих касательных напряжений производится выбор уравнений состояний предельных равновесий боковых поверхностей ствола сваи и тангенсоида вращения нижнего конца сваи, а также боковой поверхности уплотнённого ядра в форме усечённой пирамиды под подошвой плиты фундамента.

Выбирается уравнение состояния предельного равновесия для боковой поверхности тангенсоида вращения нижнего конца сваи:

$$\sigma_{5m.6} = \tau_{5m.6} = (\sigma_{d2} + c_2) \operatorname{tg} \theta_3 k, \quad (4.12)$$

$$(15,50 + 20) \cdot 5,576 \cdot 1,345 = 266,24 \text{ кПа}$$

Выбранное уравнение состояния предельного равновесия для боковой поверхности тангенсоида вращения нижнего конца сваи с учётом внутренней связности грунтов и фрикционности по углу внутреннего трения можно считать объективным.

Выбирается уравнения состояния предельного равновесия для боковой поверхности ствола сваи:

$$\sigma_{56.n.1} = \tau_{56.n.1} = \sigma_d \cdot (\operatorname{tg} \theta_1 + \operatorname{tg} \theta_2) + c, \quad (4.26)$$

$$15,66 \cdot (0,510 + 0,727) + 16,27 = 35,64 \text{ кПа}$$

Расчётная несущая способность боковой поверхности ствола сваи определяется по формуле:

$$F_{d,\delta.n,2} = A_{\delta.n} \cdot \sigma_{5\delta.n,1}, \quad (4.27)$$

$$1,885 \cdot 35,64 = 67,18 \text{ кН}$$

Разница между экспериментальным $F_{d,\delta.n,1} = 69,49 \text{ кН}$ и расчётным $F_{d,\delta.n,2} = 67,18 \text{ кН}$ значениями несущей способности боковой поверхности ствола сваи составляет $2,31 \text{ кН}$. Это является допустимой погрешностью, поэтому выбранное уравнение состояния предельного равновесия для боковой поверхности ствола сваи с учётом действия первого и второго состояний предельных равновесий можно считать объективным.

Выбирается уравнение состояния предельного равновесия для боковой поверхности уплотнённого ядра грунта в форме усечённой пирамиды под подошвой плиты фундамента:

$$\sigma_{5y.n,1} = \tau_{5y.n,1} = 0,5 \cdot (\sigma_d + c) \operatorname{tg} \theta_5 k, \quad (4.28)$$

$$0,5 \cdot (15,66 + 16,27) \cdot 5,576 \cdot 1,345 = 119,73 \text{ кПа}$$

Расчётная несущая способность боковой поверхности усечённой пирамиды определяется по формуле:

$$F_{d,y.n,1} = A_{y.n} \cdot \sigma_{5y.n,1}, \quad (4.29)$$

$$0,467 \cdot 119,73 = 55,91 \text{ кН}$$

Разница между экспериментальным $F_{d,y.n} = 57,27 \text{ кН}$ и расчётным $F_{d,y.n,1} = 55,91 \text{ кН}$ значениями несущей способности боковой поверхности усечённой пирамиды составляет $1,36 \text{ кН}$. Это является допустимой погрешностью, поэтому выбранное уравнение состояния предельного равновесия для боковой поверхности уплотнённого ядра грунта в форме усечённой пирамиды под подошвой плиты фундамента с учётом понижающего давления упругости основания в зоне напряжённо-деформированного состояния усеч. пирамиды можно считать объективным.

4.3 Разработка методики расчётного определения подошвы плиты односвайно-плитного фундамента по значению горизонтальной нагрузки и изгибающего момента

Схема односвайно-плитного фундамента с приложенными к нему горизонтальной нагрузкой и изгибающим моментом показана на рис. 4.4.

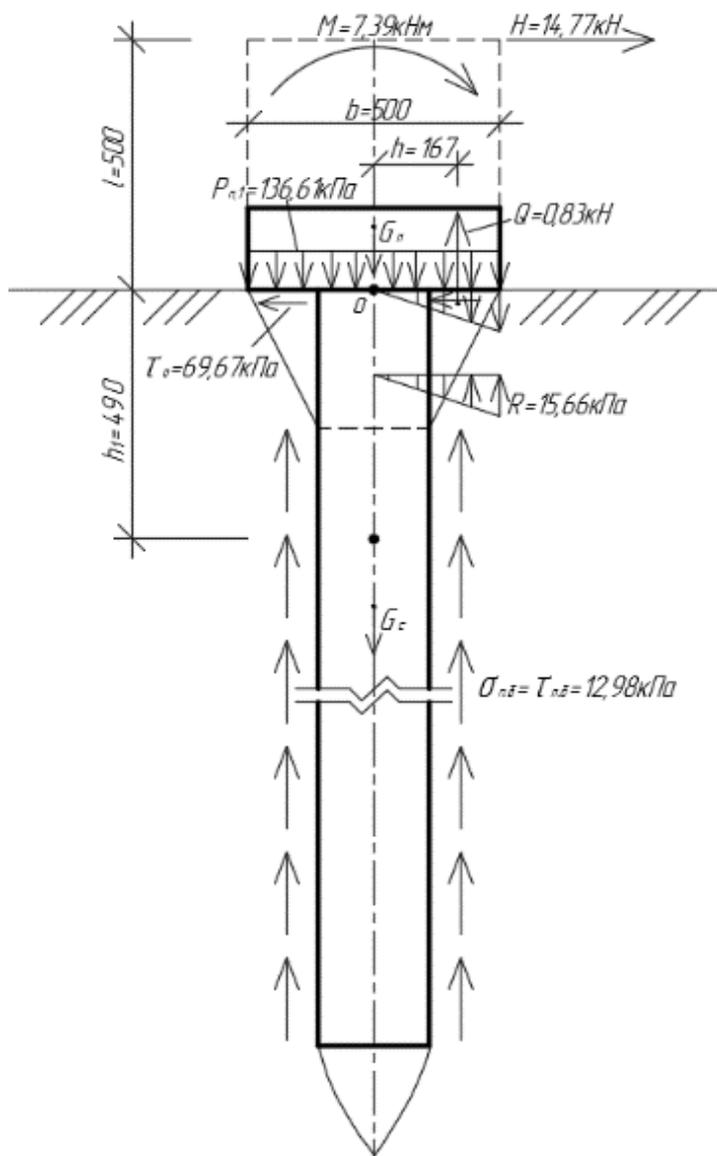


Рисунок 4.4 - Схема односвайно-плитного фундамента с приложенными к нему горизонтальной нагрузкой и изгибающим моментом

Площадь подошвы плиты за вычетом площади сечения сваи определяется по формуле:

$$A_n = H / \tau_0, \quad (4.32)$$

следовательно, напряжение касательного сопротивления под подошвой фундамента можно представить следующей формулой:

$$\tau_0 = H / A_n, \quad (4.33)$$

где $H = 14,77 \text{ кН}$ - несущая способность односвайно-плитного фундамента на действие горизонтальной нагрузки в зоне упругих свойств уплотнённого грунта, которая составила 7 мм согласно рис. 2.5:

$$14,77 / 0,212 = 69,67 \text{ кПа}$$

По закону Кулона контактное давление под подошвой плиты определяется по формуле:

$$P_{n,1} = \tau_0 / \text{tg } \varphi, \quad (4.34)$$

$$69,67 / 0,510 = 136,61 \text{ кПа}$$

Нагрузка на односвайно-плитный фундамент от действия горизонтальной нагрузки определяется по формуле:

$$H_1 = P_{n,1} \cdot A_n - (G_c + G_n), \quad (4.35)$$

где $G_c = 2,92 \text{ кН}$ - вес ствола буровой сваи;

$G_n = 1,5 \text{ кН}$ - вес железобетонной плиты:

$$136,61 \cdot 0,212 - (2,92 + 1,5) = 24,54 \text{ кН}$$

Напряжение касательного сопротивления определяем по формуле:

$$\tau_{\sigma,n} = H_1 / A_{\sigma,n,c,1}, \quad (4.36)$$

$$24,54 / 1,89 = 12,98 \text{ кПа} < \sigma_d = 15,66 \text{ кПа} - \text{следовательно, условие для упругой}$$

работы грунта по боковой поверхности сваи выполняется.

Изгибающий момент относительно центра подошвы фундамента (т. О), действующий на односвайно-плитный фундамент, определяется по формуле:

$$M = H \cdot l, \quad (4.37)$$

где $l = 0,5 \text{ м}$ - плечо момента или высота плиты:

$$M = 14,77 \cdot 0,5 = 7,39 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Сила отпора грунта уравновешивающая действию изгибающего момента определяется по формуле:

$$Q = A_n / 2 \cdot 0,5 \cdot R, \quad (4.38)$$

где $R = \sigma_d = 15,66 \text{ кПа}$ - равномерно-распределённое сопротивление грунта:

$$0,212 / 2 \cdot 0,5 \cdot 15,66 = 0,83 \text{ кН}$$

Изгибающий момент, действующий на плиту, определяется по формуле:

$$M_n = Q \cdot (b/3), \quad (4.39)$$

$$0,83 \cdot (0,5/3) = 0,14 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Изгибающий момент, действующий на сваю, определяется по формуле:

$$M_c = M - M_n, \quad (4.40)$$

$$7,39 - 0,14 = 7,25 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Определяем плечо момента на сваю по формуле:

$$h_1 = M_c / H, \quad (4.41)$$

$$7,25 / 14,77 = 0,49 \text{ м}$$

4.4 Последовательность методики проведения расчетного исследования несущей способности основания односвайно-плитного фундамента

При известных проектных значениях нагрузки на фундамент N , горизонтальной силы H и изгибающего момента M осуществляются следующие операции расчёта:

- 1 Определяется несущая способность основания нижнего конца сваи $F_{d,н.к}$;
- 2 По значениям горизонтальной сдвигающей силы H и изгибающего момента M рассчитываются площади подошвы плиты A_n и принимается большее из полученных значений;
- 3 Определяются геометрически параметры: h – высота и l – длина образующей усечённой пирамиды;
- 4 Рассчитывается размер стороны квадрата, равновеликого по площади поперечному сечению сваи;
- 5 Находится площадь боковой поверхности усечённой пирамиды $A_{y,п}$;

- 6 Вычисляется напряжение сопротивления грунта $\sigma_{5y.п} = \tau_{5y.п}$ по боковой поверхности и несущая способность основания усечённой пирамиды $F_{d,y.п}$;
- 7 Определяется доля нагрузки, воспринимаемой боковой поверхн. сваи $N_{б.п}$;
- 8 Рассчитывается напряжение сопротивления грунта по боковой поверхности ствола сваи $\sigma_{5б.п} = \tau_{5б.п}$;
- 9 Определяется площадь боковой поверхности ствола сваи A_c и длина сваи, участвующая в работе.

4.5 Вывод по главе 4

В результате выполнения экспериментально-теоретических исследований были составлены уравнения состояния предельных равновесий боковых поверхностей ствола сваи и тангенсоида вращения нижнего конца сваи, а также боковой поверхности уплотнённого ядра в форме усечённой пирамиды под подошвой плиты фундамента. Это позволяет определять сжимающие нормальные и сдвигающие касательные напряжения в основании с точностью близкой к экспериментальным значениям, что в свою очередь подтверждает эффективность применения метода нелинейной механики вытеснения дисперсных грунтов. По результатам расчёта была опубликована статья [48] и разработана последовательность по методике проведения расчетного исследования несущей способности основания односвайно-плитного фундамента.

Установлено, что при действии изгибающего момента 98% нагрузки приходится на сваю и лишь 2% на экспериментальную плиту при жёстком их сопряжении. Это является существенным недостатком работы фундамента, т.к. основная доля изгибающего момента приходится на сваю. В результате чего она получает значительные перемещения и ослабление взаимодействия с грунтом основания, что уменьшает её несущую способность. Поэтому более рациональной конструкцией односвайно-плитного фундамента будет фундамент с шарнирным сопряжением плиты и сваи, что обеспечит

состояние сваи в вертикальном положении и повысит её несущую способность на вертикальную нагрузку (глава 5).

5 РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ОДНОСВАЙНО-ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА

Сущность предлагаемой конструкции:

- внедрение в строительное производство фундаментостроения зданий и сооружений односвайно-плитного фундамента, включающего в себя несущую одиночную буронабивную сваю, соединённую в оголовке с несущей железобетонной плитой посредством полушарового шарнира;

- техническим результатом является осуществление новых условий взаимодействия несущей железобетонной фундаментной плиты с несущей одиночной сваем посредством полушарового шарнира, плиты и сваи с грунтом основания, скомпонованных в одну систему, что позволяет повысить рациональность конструктивной схемы, технико-экономическую эффективность и конкурентную способность односвайно-плитных фундаментов, расширить область их применения.

Указанный технический результат при использовании односвайно-плитного фундамента достигается тем, что:

- фундамент состоит из несущей одиночной буронабивной сваи и несущей железобетонной плиты, свободно сопряжённых по вертикальной оси фундамента в единый конструктив с помощью полушарового шарнира;

- оголовок сваи выполняется полусферической формы и покрывается слоем инертного материала толщиной до 5 мм, выполняющего роль смазки шарнира для возможности поворота железобетонной плиты при действии изгибающего момента относительно оголовка сваи и предельно допустимой деформации грунта под подошвой фундамента.

Причинно-следственная связь между совокупностью существенных признаков, перечисленных выше, и вышеизложенным техническим

результатом заключается в следующем:

- односвайно-плитный фундамент, состоящий из несущей одиночной буронабивной сваи с оголовком полусферической формы, покрытого слоем инертного материала, позволяет осуществить новые условия взаимодействия между сваем и плитой, а также между сваем, плитой и грунтом с повышением рациональности конструктивной схемы, технико-экономической эффективности и конкурентной способности;

- совместная работа несущей одиночной буронабивной сваи и несущей железобетонной плиты на вертикальную нагрузку позволяет значительно уменьшить материалоемкость их конструкций и использовать физически максимальную способность основания. Вертикальная нагрузка распределяется между плитой и сваем по расчёту, что обеспечивает рациональность конструктивной схемы, упрощает расчётную схему и методы расчёта усилий и несущей способности грунта основания;

- восприятие железобетонной плитой горизонтальной нагрузки и передачи её непосредственно на грунт основания в состоянии трения покоя по подошве исключает горизонтальное перемещение оголовка сваи и отклонение её от вертикали, что обеспечивает предельную несущую способность боковой поверхности ствола сваи, повышает устойчивость фундамента в целом, его качество и надёжность;

- введение полушарового шарнира обеспечивает работу:

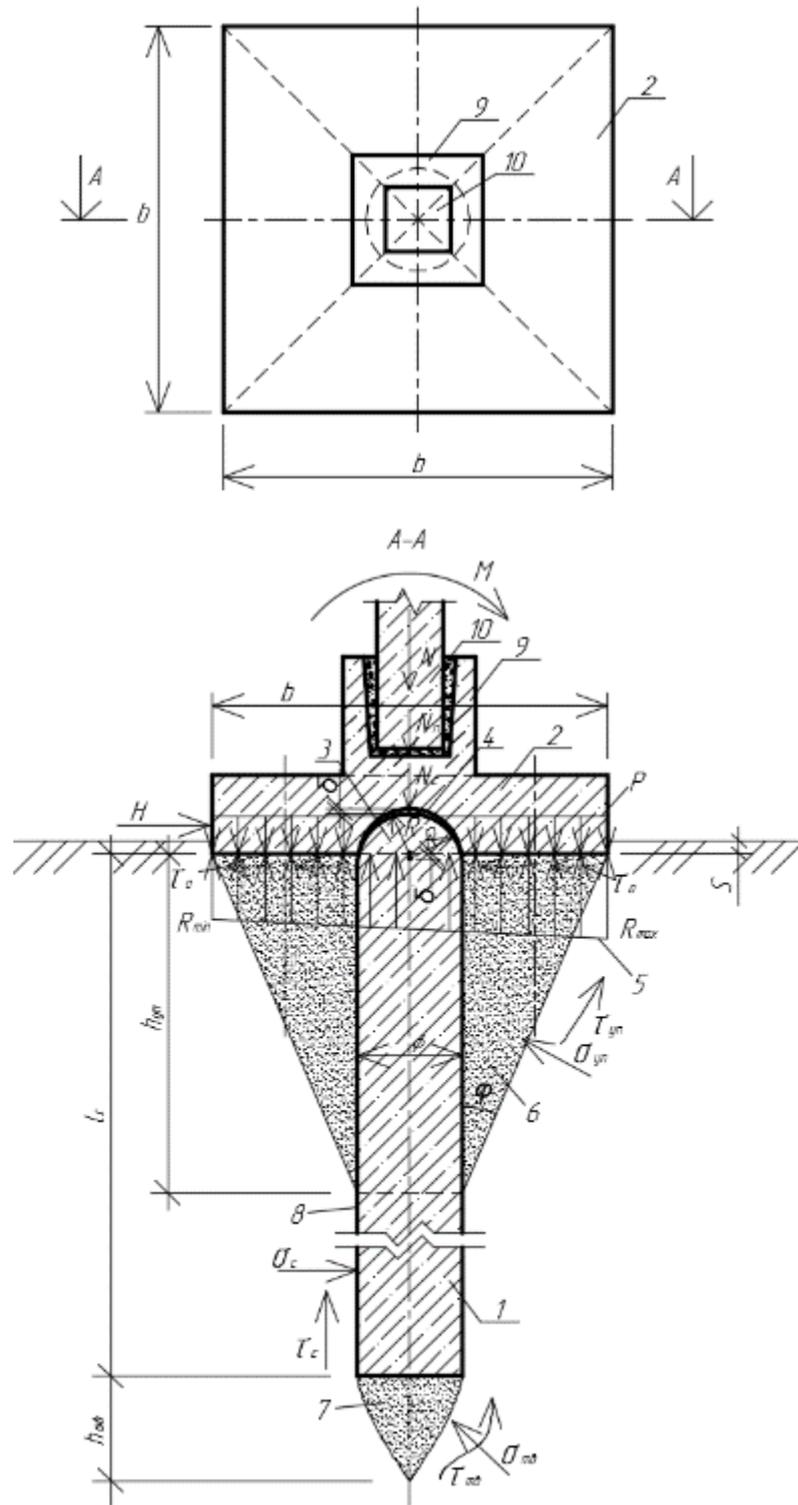
- сваи только на вертикальную осевую нагрузку, что сохраняет её наибольшую предельную несущую способность;
- плиты – на вертикальную нагрузку, на изгибающий момент и на горизонтальную силу, действующих в совокупности;
- применение свободного сопряжения оголовка сваи и плиты с помощью полушарового шарнира предохраняет от изгиба ось сваи и препятствует отклонению её от вертикали при действии изгибающего момента;
- взаимодействие подошвы плиты с грунтом при действии

горизонтальной нагрузки препятствует её горизонтальному перемещению;

- с помощью шарнира обеспечивается полная передача изгибающего момента на грунт основания под подошвой плиты, что упрощает расчётную схему взаимодействующей системы;

- возможность достижения несущей способности основания односвайно-плитного фундамента свыше 10000 кН, простота и рациональность конструктивной схемы и методики расчёта несущей способности его основания позволяют обеспечить широкое применение в областях высотного строительства, при глубинном конструктивном освоении подземного пространства, в случаях строительства в условиях плотной городской и исторической застройки за счёт сокращения зоны напряжённо-деформированного состояния грунтов основания в плане по сравнению с плитными фундаментами мелкого заложения.

На рис. 5.1 представлен план односвайно-плитного фундамента и разрез А-А. На рис. 5.2 показана силовая схема односвайно-плитного фундамента.



1 – одиночная буровая свая, 2 – железобетонная плита, 3 – оголовок сваи,
 4 – инертный материал, 5 – неравномерно-распределённая трапецевидная
 эпюра контактного давления, 6 – грунтоуплотнённая усечённая пирамида,
 7 – грунтоуплотнённый тангенсоид вращения, 8 – боковая поверхность
 ствола сваи, 9 – подколонник, 10 – колонна

Рисунок 5.1 – Односвайно-плитный фундамент

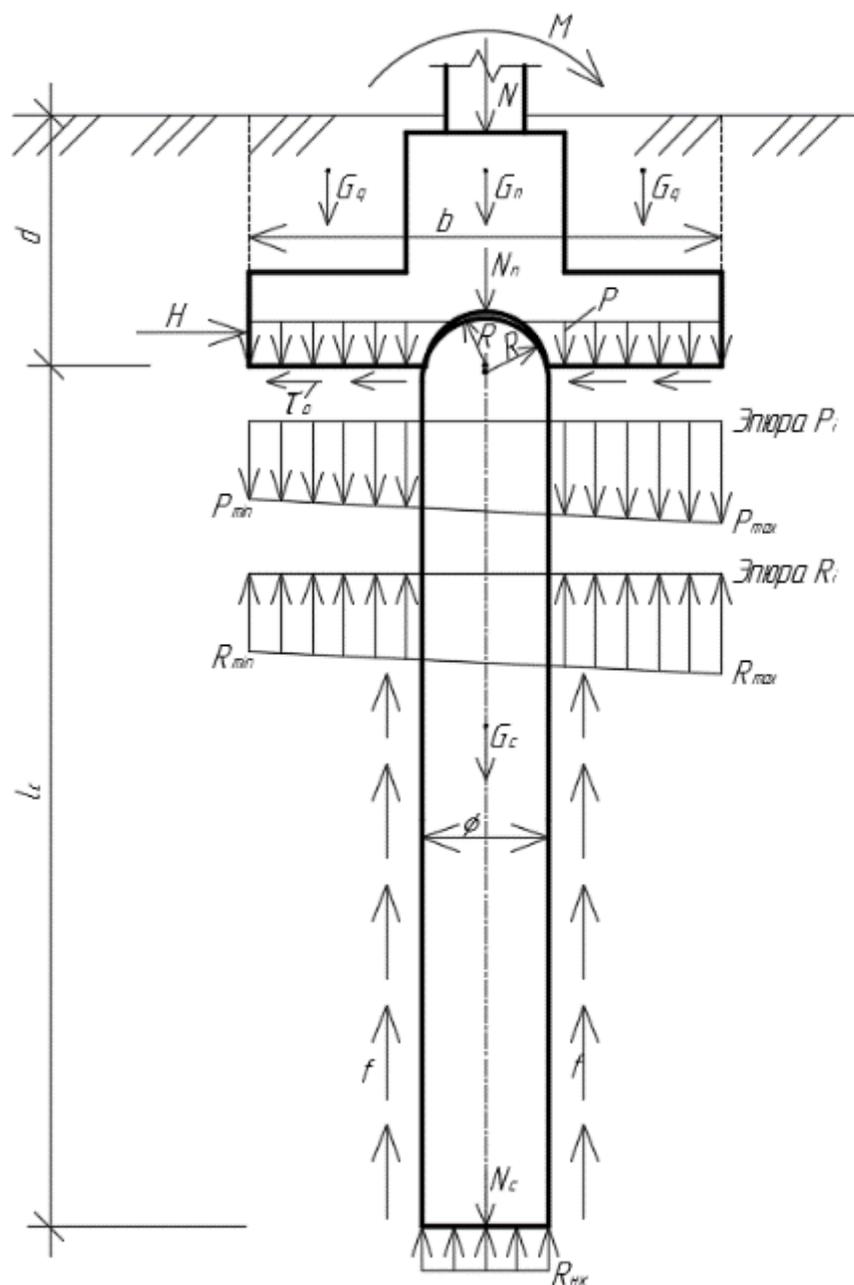


Рисунок 5.2 – Силовая схема односвайно-плитного фундамента

Сведения, подтверждающие возможность осуществления объекта с получением вышеуказанного технического результата, характеризуются тем, что односвайно-плитный фундамент включает:

- одиночную буронабивную сваю 1, работающую на долю N_c вертикальной нагрузки N и нагрузки G_c от собственного веса сваи, шарнирно соединенную с железобетонной плитой 2, работающей на долю N_n вертикальной нагрузки N и нагрузки G_n от собственного веса плиты, а также

на горизонтальную сдвигающую силу H и на изгибающий момент M ; оголовок сваи 3 выполнен полусферической формы радиусом R и покрыт инертным материалом 4 толщиной δ до 5 мм, что позволяет ему обеспечивать шарнирную связь при действии изгибающего момента M в качестве «смазки» при возможном предельно ограниченном повороте плиты;

- при действии вертикальной нагрузки $N_{\text{п}}$ по подошве фундамента действует равномерно-распределённое контактное давление P , которое уравновешивается отпорным давлением грунта $R_{\text{п}}$. Согласно закону Кулона при одновременном действии горизонтальной силы H формируется напряжение касательного сопротивления $\tau_0 = P \cdot \text{tg}\varphi_0$, где φ_0 – угол внутреннего трения покоя грунта, состояние покоя плиты будет сохраняться при условии $\varphi_0 \geq \varphi_1$, где φ – угол внутреннего трения грунта при сдвиге по подошве фундамента;

- при одновременном воздействии изгибающего момента M в случае допустимого поворота плиты относительно шарнира под подошвой фундамента получается неравномерно-распределённая трапециевидная эпюра контактного давления 5 с крайними ординатами R_{max} и R_{min} , в процессе осадки односвайно-плитного фундамента под подошвой плиты формируется грунтоуплотнённая несущая усечённая пирамида 6 с действующими предельными нормальными напряжениями $\sigma_{\text{уп}}$ и равными им касательными напряжениями $\tau_{\text{уп}}$, по значениям которых определяется нагрузка $N_{\text{п}}$;

- в указанных взаимодействиях свая работает только на вертикальную нагрузку N_c как центрально-сжатый стержень, под нижним плоским концом сваи формируется грунтоуплотнённый тангенсоид вращения 7 по боковой поверхности которого действует нормальные $\sigma_{\text{тв}}$ и равные им касательные напряжения $\tau_{\text{тв}}$, по боковой поверхности ствола 8 сваи 1 также действуют напряжения σ_c и равные им касательные – τ_c , нагрузка на сваю N_c определяется как сумма несущей способности основания нижнего конца и боковой поверхности ствола сваи.

5.1 Вывод по главе 5

Предлагаемая конструкция предназначена для применения в строительстве односвайно-плитных фундаментов промышленных и гражданских зданий, сооружений. В настоящее время известны все средства и методы для её осуществления.

Использование данной конструкции ведёт к снижению материальных, трудовых и капитальных затрат на строительство свайно-плитных фундаментов зданий и сооружений. На основании новизны технических решений односвайно-плитного фундамента для строительства осуществляются новые условия взаимодействия между сваей и плитой, а также сваей, плитой и грунтом, повышающие рациональность конструкции, технико-экономическую эффективность, конкурентную способность и расширяющие область применения свайно-плитных фундаментов. По результатам данной главы была подана заявка на изобретение, на которую получено уведомление о положительном результате формальной экспертизы [49], и опубликована статья [50].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты:

- 1 Изучены особенности существующих видов свайно-плитных фундаментов.
- 2 Проведены полевые натурные экспериментальные исследования односвайно-плитного фундамента.
- 3 Проведено теоретическое исследование односвайно-плитного фундамента.
- 4 Разработана методика расчётного исследования основания односвайно-плитного фундамента повышенной достоверности.
- 5 Произведена рационализация конструкции односвайно-плитного фундамента.

Выводы:

1 При действии вертикальной нагрузки N_n по подошве фундамента действует равномерно-распределённое контактное давление P , которое уравновешивается отпорным давлением грунта R_n . Согласно закону Кулона при одновременном действии горизонтальной силы H формируется напряжение касательного сопротивления $\tau_0 = P \cdot \operatorname{tg}\varphi_0$, где φ_0 – угол внутреннего трения покоя грунта, состояние покоя плиты будет сохраняться при условии $\varphi_0 \geq \varphi_1$, где φ – угол внутреннего трения при сдвиге по подошве фундамента.

2 При одновременном воздействии изгибающего момента M в случае допустимого поворота плиты относительно центра фундамента O под подошвой фундамента получается неравномерно-распределённая трапецевидная эпюра контактного давления с крайними ординатами R_{\max} и R_{\min} , в процессе осадки фундамента под подошвой плиты формируется грунтоуплотнённая несущая усечённая пирамида с действующими предельными нормальными напряжениями $\sigma_{уп}$ и равными им касательными напряжениями $\tau_{уп}$, по значениям которых определяется нагрузка N_n .

3 Под нижним плоским концом сваи формируется грунтоуплотнённый тангенсоид вращения по боковой поверхности которого действует

нормальные $\sigma_{\text{ТВ}}$ и равные им касательные напряжения $\tau_{\text{ТВ}}$; по боковой поверхности ствола сваи также действуют напряжения σ_c и равные им касательные – τ_c , нагрузка на сваю N_c определяется как сумма несущей способности основания нижнего конца и боковой поверхности ствола сваи.

4 Выбранное уравнение состояния предельного равновесия для боковой поверхности тангенсоида вращения нижнего конца сваи с учётом внутренней связности грунтов и фрикционности по углу внутреннего трения позволяет определять сжимающие нормальные и сдвигающие касательные напряжения в основании нижнего конца сваи с точностью близкой к эксперим. значениям.

5 Выбранное уравнение состояния предельного равновесия для боковой поверхности ствола сваи с учётом действия первого и второго состояний предельных равновесий позволяет определять сжимающие нормальные и сдвигающие касательные напряжения в основании по боковой поверхности ствола сваи с точностью близкой к экспериментальным значениям.

6 Выбранное уравнение состояния предельного равновесия для боковой поверхности уплотнённого ядра грунта в форме усечённой пирамиды под подошвой плиты фундамента с учётом понижающего давления упругости основания в зоне напряжённо-деформированного состояния усечённой пирамиды позволяет определять сжимающие нормальные и сдвигающие касательные напряжения в основании под подошвой плиты с точностью близкой к экспериментальным значениям.

7 Установлено, что при действии изгибающего момента 98% нагрузки приходится на сваю и лишь 2% на экспериментальную плиту при жёстком их сопряжении. Это является существенным недостатком работы фундамента, т.к. основная доля изгибающего момента приходится на сваю. В результате чего она получает значительные перемещения и ослабление взаимодействия с грунтом основания, что уменьшает её несущую способность. Поэтому более рациональной конструкцией односвайно-плитного фундамента будет

фундамент с шарнирным сопряжением плиты и сваи, что обеспечит состояние сваи в вертикальном положении и повысит её несущую способность на вертикальную нагрузку.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Борозенец Л. М. Геотехника фундаментостроения и грунтоустойчивости : монография : монография / Л. М. Борозенец. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015. – 285 с.
- 2 СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. – М.: ФГУП ЦПП, 2006. – 46 с.
- 3 СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. – Введ. 2011-05-20. – М.: ОАО «ЦПП», 2011. – 86 с.
- 4 Оржеховский Ю.Р., Лушников В.В., Оржеховская Р.Я. (Екатеринбург, Россия) Оптимизация решений плитных фундаментов на неоднородном основании. Геотехнические проблемы строительства архитектуры и геоэкологии на рубеже XXI века/ Темиртау: Издательство Казахстанской национальной геотехнической ассоциации 1023 с., в двух томах: т.1 (523 стр.), т.2 (500 стр.).
- 5 Бахолдин, Б.В. Исследование сопротивления грунтов по боковой поверхности свай / Б.В. Бахолдин, Н.Т. Игонькин // Сб. докл. и сообщ. по свайным фундаментам. – М., : Стройиздат, 1968. – С. 53-59.
- 6 Бахолдин, Б.В. Исследование напряжённого состояния глинистых грунтов при погружении свай / Б.В. Бахолдин, Н.М. Большаков // Основания, фундаменты и механика грунтов. – М., 1973. № 5. – С. 7-9.
- 7 Далматов, Б.И. Оценка несущей способности свай трения / Б.И. Далматов // Сб. научн. тр. ЛИСИ. №72. – Л., : ЛИСИ, 1972. – С. 5-12.
- 8 Далматов, Б.И. Проектирование свайных фундаментов в условиях слабых грунтов / Б.И. Далматов, Ф.К. Лапшин, Ю.В. Россихин. – Л., : Стройиздат, 1975. – 240 с.
- 9 Далматов, Б.И. Механика грунтов и фундаменты / Б.И. Далматов. – М., : Стройиздат, 1981. – 319 с.

- 10 Лапшин, Ф.К. Расчёт свай по предельным состояниям / Ф.К. Лапшин. – Саратов, : СГУ, 1979. – 152 с.
- 11 Лапшин, Ф.К. Экспериментальное исследование работы боковой поверхности буровой и взрывной сваи / Ф.К. Лапшин, В.И. Редков, Л.М. Борозенец, А.В. Савинов // Основания и фундаменты в геологических условиях Урала: межвузовский сб. научн. тр. – Пермь, : ППИ, 1986. – С. 122-126.
- 12 Бартоломей, А.А. Расчёт осадок ленточных свайных фундаментов / А.А. Бартоломей. – М., : Стройиздат, 1972. – 127 с.
- 13 Бартоломей, А.А. Экспериментальные и теоретические основы прогноза осадок ленточных свайных фундаментов и их практические приложения : автореф. дисс. ... док. техн. наук : 05.23.02 / А.А. Бартоломей. – М., : МИСИ, 1976. – 36 с.
- 14 Бартоломей, А.А. Основы расчёта ленточных свайных фундаментов по предельным допустимым осадкам / А.А. Бартоломей. – М., : Стройиздат, 1982. – 223 с.
- 15 Основания, фундаменты и подземные сооружения. Справочник проектировщика / М.И. Горбунов-Посадов, В.А. Ильичев, В.И. Крутов и др. Под общ. ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. - М.: Стройиздат, 1985. С. 183.
- 16 Патент на полезную модель RU № 141161 U1 МПК E02D27/12 (2006.01) «Свайно-плитный фундамент высотного здания»; автор: Шулятьев О.А., Боков И.А.; заявка: 2013158039/03, 26.12.2013; опубликовано: 27.05.2014
- 17 Гусев Г.Н., Ташкинов А.А., Коркодинов В.В., Пименова Е.Б. Приложение модели двухслойной пластинки с неполной системой связей к расчёту плитно-свайных фундаментов // Вестник Нижегородского университет. им. Н.Н. Лобачевского. - 2011. - №4-5.
- 18 Ярдяков А.С., Оржеховский Ю.Р. Анализ влияния геометрических параметров конечно-элементной модели на точность расчёта свайных и

плитно-свайных фундаментов // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. - 2013. - №1.

19 Лушников В.В., Ярдяков А.С., Оржеховский Ю.Р. Экспериментальное исследование плитно-свайного фундамента // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. - 2009. - №1.

20 Лушников В.В., Ярдяков А.С., Оржеховский Ю.Р., Оржеховская Р.Я. Плитно-свайные фундаменты как способ решения сложных геотехнических проблем // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. - 2013. - №4.

21 Гусев Г.Н., Ташкинов А.А. Численное моделирование силового взаимодействия плитно-свайного фундамента с грунтовым массивом // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета . - 2012. - №3. - С. 359-363.

22 Мирсаяпов И.Т., Шакиров М.И. Плитно-свайные фундаменты при циклическом нагружении // Международная научно-техническая конференция «Геотехника Беларуси: наука и практика». - Минск: БНТУ, 2013.

23 Нестеренок А.С., Таненя Г.Н., Никитенко М.И., Сернов В.А. Особенности устройства свайно-плитного фундамента при возведении православного храма в г. Минск // Международная научно-техническая конференция «Геотехника Беларуси: наука и практика». - Минск: БНТУ, 2013.

24 Фиораванте В., Ямиолковский М.Б. Физическое моделирование плитно-свайных фундаментов // Развитие городов и геотехническое строительство. - 2006. - №10.

25 Тер-Мартirosян З., Григорьевич Ч.В. Взаимодействие свай большой длины с массивом грунта в составе плитно-свайного фундамента // Вестник МГСУ. - 2012. - №3. - С. 74-78.

26 Смолак В.Я., Кравченко П.А. Распределение нагрузок в свайно-плитных фундаментах // Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. - 2014. - №1.

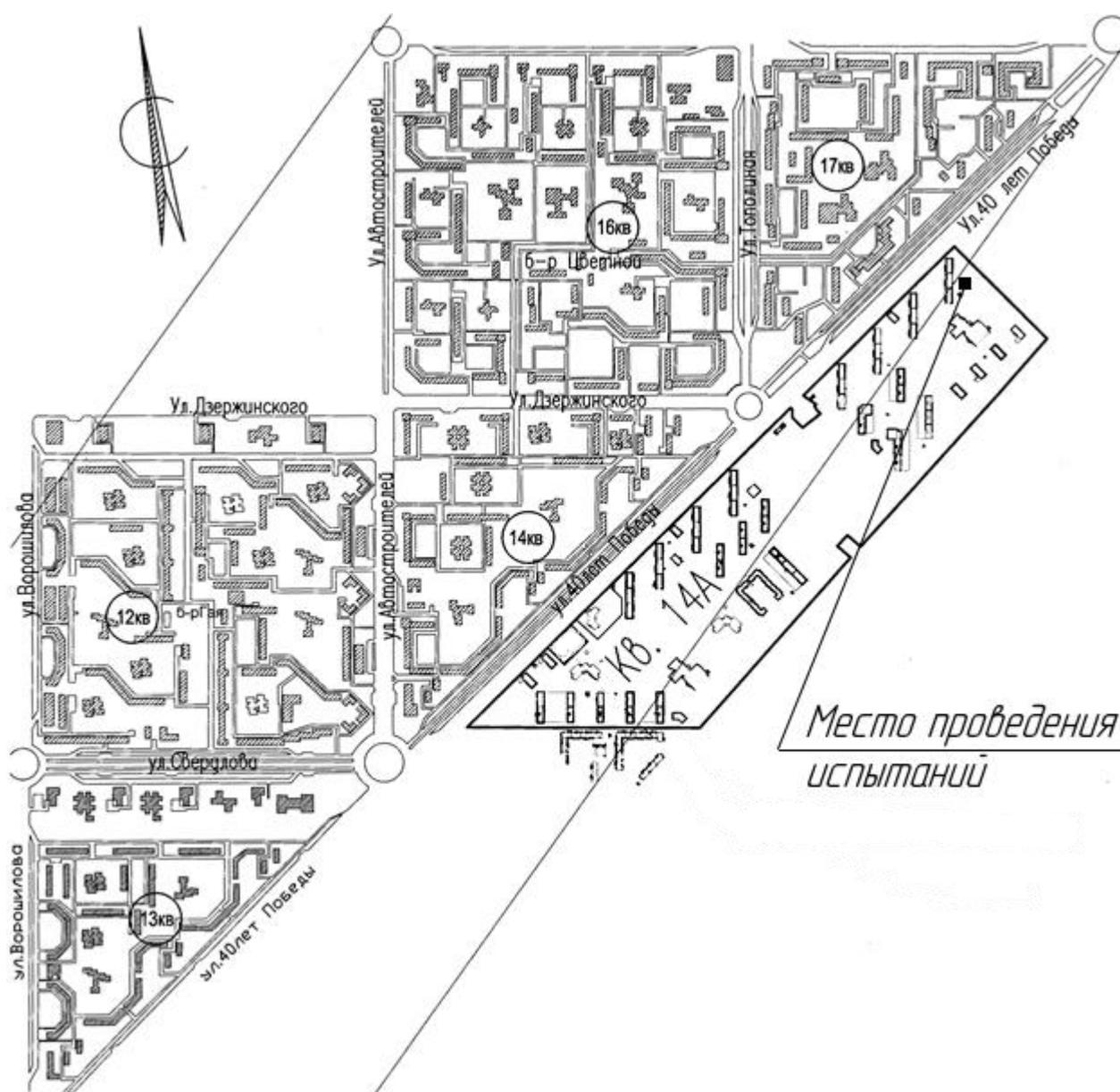
- 27 Александрович В.Ф., Курилло С.В., Федоровский В.Г. К вопросу о взаимном влиянии свай и плиты в основании свайно-плитного фундамента // НИИОСП им. Н.М.Герсеванова. - 2003. - №1.
- 28 Бартоломей А.А., Глушков И.В. Исследование совместной работы комбинированного фундамента с основанием // Труды международной конференции по геотехнике, посвященной 300-летию Санкт-Петербурга «Реконструкция исторических городов и геотехническое строительство». - СПб.: АСВ, 2003.
- 29 Борозенец Л.М., Будыльская Е.А. Геотехника устройства висячей конструктивно-грунтовой буронабивной опоры-фундамента глубокого заложения // Вестник ПНИПУ «Строительство и архитектура» . - 2014. - №2.
- 30 Мариничев М.Б.,Ткачев И.Г. Практическая реализация метода вертикального армирования неоднородного основания для компенсации неравномерной деформируемости грунтового массива и снижения сейсмических воздействий на надземное сооружение // Научный журнал КубГАУ. - 2013. - №94.
- 31 Журавлев Е.П., Макаркин С.В., Алехин В.Н. Расчет фундаментных плит на свайном основании // Академический вестник УралНИИпроект РААСН . - 2009. - №3.
- 32 Мирсаяпов И.Т., Артемьев Д.А. Новые эффективные методы расчета плитно-свайных фундаментов // Банк инновационных проектов и научных разработок Казанского государственного архитектурно-строительного университета. - 2013. - №1.
- 33 Белых Т.А., Сметанников О.Ю. Исследование напряженно-деформированного состояния свайно-плитного фундамента // Вестник ПГТУ. - 2007. - №8.
- 34 Седин В Л., Бикус Е.М., Дюльдев А.О., Мельник А.М. Внедрение комбинированного плитно-свайного фундамента в Украине на примере строительства подземного паркинга в г. Одесса // Полтавский национальный технический университет им. Ю. Кондратюка. - Полтава: 2013.

- 35 Адикаев В.А., Катценбах Р., Галинский О.М., Дунаевский Р.А. Комбинированный свайно-плитный фундамент с применением баретт // Научно-технический и производственный журнал «Жилищное строительство» . - 2009. - №7.
- 36 Готман А.Л., Магзумов Р.Н. Метод расчета сваи в составе свайного ленточного фундамента при образовании карстового провала // Вестник ПНИПУ. - 2014. - №2.
- 37 Глухов В.С., Хрянина О.В., Глухова М.В. Свайно-плитные фундамента на комбинированном основании // Вестник ПНИПУ. - 2014. - №2.
- 38 Блащук Н.В., Маевская И.В. Разница в работе ростверка свайного фундамента и усиленного сваями ленточного фундамента мелкого заложения // Вестник ПНИПУ. - 2014. - №3.
- 39 Калугин П.И. О расчете комбинированных свайно-плитных фундамента по деформациям основания // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета, материалы 15-ой межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии. Экология». - 2012. - №1.
- 40 Пронозин Я.А., Степанов М.А. Экспериментальное обоснование использования ленточных свайных фундамента с предварительно-напряженным грунтовым основанием // Вестник ПНИПУ. - 2014. - №2.
- 41 Шулятьев О.А. Фундаменты высотных зданий // Вестник ПНИПУ. - 2014. - №4.
- 42 Беспалова А.В.,^[LSEP] Беспалов А.Е.,^[LSEP] Тер-Мартиросян А.З. Применение методики приведённого модуля^[LSEP] деформации при расчете массивных свайных^[LSEP] ростверков в основании высотных зданий // Научно-технический журнал^[LSEP] Вестник МГСУ. - 2008. - №2. - С. 112-118.

- 43 Знаменский В.В., Рузаев А.М., Полынков И.Н. Взаимодействие низкого ростверка со сваями // Научно-технический журнал Вестник МГСУ. - 2008. - №2. - С. 48-50.
- 44 Некрасова Т.В., Дараев Ю.В. Особенности устройства свайно-плитных фундаментов // Международная научно-практическая конференция «Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем». - М.: 2006.
- 45 ГОСТ 5686-2012. Грунты. Методы полевых испытаний сваями. – Введ. 2013-07-01. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2014. – 43 с.
- 46 Мишин С.А., Борозенец Л.М. Экспериментальное исследование несущей способности и деформации основания одиночной буровой сваи и односвайно-плитного фундамента // Молодой учёный. - 2016. - №7 (111). - С. 120-128.
- 47 СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – Введ. 2011-05-20. – М.: ОАО «ЦПП», 2011. – 162 с.
- 48 Борозенец Л.М., Мишин С.А. Экспериментально-теоретические исследования односвайно-плитных фундаментов // Вестник магистратуры. - 2016. - №6 (57). - С. 105-110.
- 49 Уведомление о положительном результате формальной экспертизы заявки на изобретение. 2016100658/03(000819) РФ. Односвайно-плитный фундамент / С.А. Мишин // Бюл. — 11.05.2016.
- 50 Мишин С.А., Борозенец Л.М. Обзор конструкций комбинированных свайно-плитных фундаментов // Вестник магистратуры. - 2016. - №4-1. - С. 55-58.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Ситуационный план проведения испытаний



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Паспорта, выпускные аттестаты и свидетельства о поверке приборов и оборудования



НРГ-7007.00.000ПС-пр 2

2 КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ

Насос поставляется в собранном виде.
В комплект поставки входят:

насос, шт.	1
комплект ЗИП, шт.	1
паспорт, экз.	1
руководство по эксплуатации насоса, экз.	1

3 СВЕДЕНИЯ О КОНСЕРВАЦИИ

Дата	Наименование работ	Срок действия, годы	Должность, фамилия, подпись

4 СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ

Насос модели НРГ-7007 заводской № 166 изготовлен в соответствии с технической документацией и готов для эксплуатации.
Дата выпуска 8.11.2006 г.

Подпись _____ лица, ответственного за приемку изделия

5 ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

5.1 Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие изделия требованиям конструктивно-технической документации и его работоспособность при соблюдении потребителем условий эксплуатации и хранения, установленных руководством по эксплуатации.

5.2 Срок гарантии - 18 месяцев со дня ввода изделия в эксплуатацию, но не более 24 месяцев со дня продажи.

5.3 Дефекты изделия, возникшие по вине изготовителя и выявленные потребителем в течение гарантийного срока, предприятие-изготовитель обязуется устранить в течение одного месяца со дня получения рекламации.

5.4 Гарантийные обязательства не выполняются, если потребитель разбирал и самостоятельно выполнял ремонт изделия в период действия гарантийного срока и при отсутствии на гарантийном талоне заполненных граф и штампов.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗДЕЛИИ

1.1. Назначение и область применения

Насос ручной гидравлический (в дальнейшем насос) предназначен для нагнетания гидравлической жидкости под давлением в поршневые полости рабочих механизмов для выполнения их функций.
 Пример условного обозначения: насос ручной гидравлической номинальным давлением 70МПа и номинальным объемом бака 700см³ НРГ-7007.
 Изделие выполнено в климатическом исполнении УХЛ категории размещения 1 по ГОСТ 15150-89.

1.2 Сведения о сертификации

Насосы ручной гидравлические модели НРГ-7007, НРГ-7015 соответствуют требованиям нормативных документов: ГОСТ 12.2.088, ГОСТ 12.2.040.
 Номер сертификата РОСС RU.AB04.В14967, сертифицирован органом по сертификации продукции машиностроения 11АЯ94.

1.3 Основные технические данные

№ п/п	Параметры	Модели	
		НРГ-7007	НРГ-7015
1	Номинальное давление 1ступени, МПа	1,38	
2	Номинальное давление 2ступени, МПа	70	
3	Подача гидравлической жидкости за один двойной ход плунжера 1ступени, см ³	13	
4	Подача гидравлической жидкости за двойной ход плунжера 2ступени, см ³	2,8	
8	Номинальный объем бака, см ³	700	1500
9	Рабочая жидкость	ВМ Э ТУ 38 101479-30 МГЕ-10А ГОСТ 38 01281-82	
10	Диапазон температур окружающей среды, °С	от минус 30 до плюс 40	
11	Габаритные размеры насоса, мм: длина, L	633	633
	длина, L1	528	551
	ширина, B	142	142
	высота, H	146	200
12	Масса, кг	8	11,2

Утвержден
 ДП20П50.00.000ПЗ-ПЗ



**ДОМКРАТ ОДНОСТОРОННИЙ
 С ПОЛЫМ ШТОКОМ 33**
 Модели
 ДП20П50, ДП30П63,
 ДП50П75, ДП100П75

**ПАСПОРТ
 ДП20П50.00.000ПС**



Иркутск



ГАРАНТИЙНЫЙ ТАЛОН

Датумом приобретения-изготовления

№ насоса ручной гидравлической модели НРГ-7007 заводской номер 166, законсервирован и упакован в соответствии с действующими техническими условиями. Дата отгрузки 23.10.2009г.

Уполномоченный (подпись) (расшифровка подписи)

При отсутствии паспорта претензии не принимаются.
 Адресом изготовителя по адресу:
 664040 г. Иркутск, а/я 129, ул. Р. Люксембург, 184
 тел: (3852) 211-140 факс: (3852) 211-139 тел. сервисного отдела: (3852) 255-795

Заполняет фирма - продавец

ООО «СолнечТех»
 (полное наименование фирмы-продавца)

Дата продажи 23.10.2009г. 0900 *СолнечТех*

Штамп фирмы-продавца ИР 6323087887 КОД 632301001

Получатель ГОУ АПО 7500
 (полное наименование и адрес эксплуатационной организации, предпринимателя)

СВЕДЕНИЯ О РЕМОНТЕ

Насос модели НРГ-_____ заводской номер № _____

Причина поступления в ремонт _____

Сведения о проведенном ремонте _____

Проведен ремонт _____

Подпись лица ответственного за приемку _____ / _____ Дата ремонта _____

Штамп ремонтной предпринимателя _____

Гарантийный срок эксплуатации после ремонта - _____ месяцев со дня отгрузки.

2 КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ

Документ поставляется в собранном и упакованном виде.
 В комплект поставки входят:
 дократ шт. 1
 паспорт, 3экз. 1
 руководство по эксплуатации, 3экз. 1

3 СВЕДЕНИЯ О КОНСЕРВАЦИИ

Дата	Наименование работ	Срок действия, годы	Должность, фамилия, подпись

4 СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ

Документ модели ДП20П50 заводской № 33 изготовлен в соответствии с ТУ 143-026-380370-2001 и прошел полный цикл эксплуатации.
 Дата окончания *23.10.2009*

Подпись _____ лица ответственного за приемку изделия

5 ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

5.1 Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие изделия требованиям образцово-технической документации и его работоспособность при соблюдении потребителем условий эксплуатации и хранения, установленных руководством по эксплуатации.
 5.2 Срок гарантии - 18 месяцев со дня ввода изделия в эксплуатацию, но не более 24 месяцев со дня продажи.
 5.3 Дефекты изделия, возникшие по вине изготовителя и выявленные потребителем в течение гарантийного срока, предприятие-изготовитель обязуется устранить в течение одного месяца со дня получения рекламации.
 5.4 Гарантийные обязательства не выполняются, если потребитель разобрал и самостоятельно выполнил ремонт изделия в период действия гарантийного срока и при отсутствии на гарантийном талоне заполненных граф и штампов.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗДЕЛИИ

1.1. Назначение и область применения

Домкрат гидравлический с полым штоком (в дальнейшем домкрат) предназначен для подъема или перемещения груза, для запрессовки и выпрессовки деталей на длинных валах.

Домкрат является средством механизации при выполнении различных слесарно-сборочных и ремонтно-монтажных работ в различных отраслях промышленности.

Пример условного обозначения домкрата ДП20П50:

где ДП - домкрат гидравлический с полым штоком,
20 - грузоподъемность в тс;
П - пружинный возврат поршня;
50 - ход поршня в мм.

Изделие выполнено в климатическом исполнении УХЛ категории размещения 1 по ГОСТ15150-69.

1.2 Сведения о сертификации

Домкрат гидравлический с полым штоком моделей ДП20П60, ДП30П63, ДП50П75, ДП100П75 соответствует требованиям нормативных документов: ГОСТ 12.2.086, ГОСТ12.2.040.

Номер сертификата РОСС RU.АЯ04. В14567, сертифицирован органом по сертификации продукции машиностроения 11АЯ04.

1.3 Основные технические данные

№ п/п	Параметры	Модель домкрата				
		ДП20П60	ДП30П63	ДП50П75	ДП100П75	
1	Номинальная грузоподъемность, тс	20	30	50	100	
2	Номинальное давление, МПа	70				
3	Ход поршня, мм	50	63	75	75	
4	Диаметр стержня поллого штока, мм	27	33	54	80	
5	Рабочий объем масла, см ³	158,4	300,6	650	1049	
6	Рабочая жидкость	ВМГЗ ТУ 38 101479-00 МГЕ-13А ОСТ 38 01281-82				
7	Диапазон температур окружающей среды, °С	от минус 30 до плюс 40				
8	Габаритные размеры, мм	высота	162	178	235	254
		ширина	98	115	159	216
		длина	172	189	233	290
9	Рекомендуемая модель насоса	НРГ-7004	НРГ-7004	НРГ-7010	НРГ-7020	
10	Масса, кг	7,4	10,9	28,1	52,5	

Действителен по заполнению



ГАРАНТИЙНЫЙ ТАЛОН

Заполняет предприятие-изготовитель

Домкрат гидравлический с полым штоком модели ДП20П60 заводской номер № 2001 законсервирован и упакован в соответствии с действующими техническими условиями.

Дата отгрузки « 28.07.07 » 2007 г.

Указовщик (подпись) / (расшифровка подписи)

При отсутствии паспорта претензии не принимаются.

Претензии направлять по адресу:
664040 г. Иркутск, в/л 129, ул. Р. Люксембург, 184
тел.: (3952) 211-140 факс: (3952) 211-139
тел. сервисного отдела: (3952) 255-795

Заполняет фирма - продавец

ООО «СтанкоТех»
(наименование фирмы-продавца)

Дата продажи « 28.07.07 » 2007 г. *СТАНКОТЕХ*
ИНН 6323033837 КПП 632301001

Штамп Фирмы-продавца 445011 г. ТОЛЬЯТТИ

Покупатель ПГУ ВТГ 744
(наименование и адрес эксплуатирующей организации, предприятия)

Заполняет ремонтное предприятие

СВЕДЕНИЯ О РЕМОНТЕ

Домкрат модели _____ заводской номер № _____

Причина поступления в ремонт _____
(наименование ремонтного предприятия, сервисной службы)

Сведения о произведенном ремонте _____

краткие сведения о ремонте _____

Произведен ремонт _____ согласно _____
вид ремонта / вид документа (номер журнала)

Подпись лица ответственного за приемку _____ / _____ / Дата ремонта _____

Штамп ремонтного предприятия _____

Гарантийный срок эксплуатации после ремонта - _____ месяцев со дня отгрузки.

**КИРОВСКИЙ ЗАВОД
"КРАСНЫЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬЩИК"
(закрытое акционерное общество)**

39 4215

код продукции

ИНП
ОНБД ИТ ОУ
ГООНР ДОВЛО

**ИНДИКАТОР ЧАСОВОГО ТИПА
С ЦЕНОЙ ДЕЛЕНИЯ 0,01 мм ИЧ**

МОДИФИКАЦИЯ ИЧ - 10

Класс точности 0

№ **22883**

**ПАСПОРТ
ИЧ 02.000 ПС
ИЧ 05.000 ПС
ИЧ 10.000 ПС
ИЧ 25.000 ПС**



1. НАЗНАЧЕНИЕ ИНДИКАТОРА

1.1 Индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм ИЧ предназначен для измерения линейных размеров абсолютным и относительным методами, определения величины отклонений от заданной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей.
Применяется в машиностроении, приборостроении и других отраслях промышленности.
Вид климатического исполнения УХЛ 4.2 по ГОСТ 15150-69.
Обозначение индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм ИЧ с диапазоном измерения 0-10 мм, класса точности 0 при заказе:
Индикатор ИЧ 10 кл. 0 ГОСТ 577-68

Таблица 1

Модель-обозначение	Диапазон измерений, мм	Класс точности	Наибольшая погрешность измерения на любой участок диапазона измерений в пределах:				Размах показаний индикатора, мм, не более	Верхний предел показаний индикатора, мм, не более
			0,1 мм	1 мм	10	20		
ИЧ02	0-2	0	4	8	10	3	2	
		1	5	10	12	3	3	
ИЧ05	0-5	0	4	8	12	3	2	
		1	6	10	16	3	3	
ИЧ10	0-10	0	4	8	15	3	2	
		1	6	10	20	3	3	
ИЧ25	0-25	0	4	8	22	5	5	
		1	6	10	30	6	6	

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1 Метрологические характеристики соответствуют значениям, указанным в таблице 1.
2.2 Измерительное усилие и его колебания соответствуют значениям, указанным в табл.2

Таблица 2

Модель-Факция	Наибольшее измерительное усилие при контакте, Н	Колебания измерительного усилия, Н при:	
		прямом или обратном ходе	изменении направления движения измерительного стержня
ИЧ02	1,5	0,4	0,5
ИЧ05		0,8	
ИЧ10	3,0	1,0	1,0
ИЧ25		1,0	

2.3 Средний срок службы не менее 8 лет.
2.4 Сведения о содержании вредных металлов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Наименование металла	Масса металла в индикаторах модификации			
	ИЧ02	ИЧ05	ИЧ10	ИЧ25
Алюминий и его сплавы	0,019	0,019	0,032	0,130
Медь и ее сплавы	0,027	0,027	0,037	0,080

3. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

3.1 Температура рабочего пространства в процессе измерений должна быть (20±15)°С.
3.2 Относительная влажность воздуха не более 80% при температуре +25° С.
3.3 Содержание агрессивных газов в окружающей среде не допускается.

4. КОМПЛЕКТНОСТЬ

4.1 В комплектность входят:
1) индикатор. 2) футляр. 3) паспорт.

5. ПОДГОТОВКА ИНДИКАТОРА К РАБОТЕ

5.1 Ознакомьтесь перед началом работы с паспортом на индикатор.
5.2 Удалите с индикатора (особенно тщательно с измерительной поверхности наконечника) смазку тканью, смоченной в бензине, и окончательно протрите сухой тканью.

6. ПОРЯДОК РАБОТЫ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

6.1 Установить индикатор на нуль. Для этого соосищать измерительную стержню нить и поворотом ободка совместить нулевой штрих шкалы со стрелкой. Для проверки постоянства показаний поднять измерительный стержень два-три раза на высоту 1-2 мм и опустить его. Если стрелка отклонится от нулевого положения, снова совместить с ней нулевой штрих шкалы.
6.2 Протереть измеряемое изделие чистой мягкой тканью, т.к. малейшее присутствие воды, масла и т.п. приводит к искажению показаний.
6.3 Следить за тем, чтобы измерительный стержень перемещался без ударов в конце хода, т.к. это может привести к смятию и выкрашиванию зубьев механизма и увеличению погрешности индикатора.
6.4 Не допускать попадания на индикатор эмульсии и масла.
6.5 Не поворачивать индикатор, когда он закреплен в державке за гильзу.
6.6 В случае появления неплывности хода допускается частичная промывка механизма без полной разборки индикатора. Для этого снять крышку и погрузить механизм индикатора в чистый авиационный бензин, следя за тем, чтобы бензин не попал на шкалу индикатора. После промывки механизма цапфы соей смазать часовым маслом.

7. ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ

7.1 Хранение и транспортирование должно соответствовать требованиям ГОСТ 13762-86.
7.2 При хранении индикатора более 2 лет со времени его консервации индикатор должен быть переконсервирован в соответствии с ГОСТ 9.014-78.

8. МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

8.1 Поверка индикатора - по МИ 2192-92.
8.2 Межповерочный интервал устанавливается в зависимости от эксплуатации, но не реже одного раза в год.

9. СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ И ПОВЕРКЕ

9.1 Индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм ИЧ соответствует ГОСТ 577-68 и признан годным для эксплуатации.
Дата выпуска и консервации: 13 ИЮН 2005
Личные подписи или оттиски лиц, ответственных за приемку: В.А. Здраташвили
за поверку

10. СВЕДЕНИЯ О КОНСЕРВАЦИИ И УПАКОВЫВАНИИ

10.1 Индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм ИЧ подвергнут на предприятии-изготовителе консервации согласно требованиям ГОСТ 9.014-78.
Условия хранения 1(Л) по ГОСТ 15150-69.
Срок защиты без переконсервации 2 года.
10.2 Индикатор упакован предприятием-изготовителем согласно требованиям ГОСТ 13762-86.

11. ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

11.1 Изготовитель гарантирует соответствие индикатора требованиям ГОСТ 577-68 при соблюдении условий транспортирования, хранения и эксплуатации.
11.2 Гарантийный срок эксплуатации - 12 месяцев со дня ввода индикатора в эксплуатацию.

Адрес : Россия 610000 г. Киров, ул. Карла Маркса, 18
Телефон: (8332) 69-69-34, 69-69-23.





Вологодский межобластной центр
 метрологии и стандартизации
 (наименование учреждения)
 Вологодский проспект, д. № 1

СВИДЕТЕЛЬСТВО № 1443

0

ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОВЕРКЕ

Динамометр образцовый
 (наименование прибора)
 с измерительной рамой № *74896* № *506*
 с пределами измерения *до 10.000 кг*
 типа *ДОР-10* системы *Толкаря*
 изготовлен. *903* *ЖМ*
 принадлежит. *—*

на основании результатов государственной поверки признан годным и допущен к применению по классу

разряду *3*



Начальник лаборатории государственного надзора

Государственный поверитель

М.П. *Вологодский* 19 *77* г.

[Signature]

ВНИС. Зак. 470-77 г. т. 300.000 изд. № 025/73

Действительно до сентября 1978 года

РЕЗУЛЬТАТЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОВЕРКИ

Действительный образцовый
Нагрузка на измерительную рамку (в действии)
в т/е *Дин. код* *ДОР. код*

0	0	0
1	58,0	58,0
2	114,8	114,8
3	172,0	171,4
4	227,3	226,6
5	282,2	281,5
6	335,5	334,8
7	388,6	387,0
8	440,4	439,7
9	491,0	491,2
10	542,9	—

t = +20°C

Замовитель *[Signature]*

Product: POL15 optical level
Serial No.: 258140050
Inspection date: 8-Jun-2015

1. Specifications

Horizontal accuracy: $\pm 0,40$ mm @ 10m

2. Results

Horizontal incoming deviation **0,20** mm @ 10m

Horizontal remaining deviation **0,03** mm @ 10m

(Tested at room temperature)

3. Certificate

We hereby certify that the product described has been tested before shipment and complied with the specifications as stated above (see inspection date).

The test equipment used is traceable to national standards or as been derived from accepted values of natural physical constants, or has been derived by the ratio type of self calibrating techniques. This is established by our Quality Management System in accordance to ISO 9001.

The product can be sent to the HILTI Repair Center for re-calibration.

Location: Jena
Date: 8-Jun-2015

Service Technician

Service Manager

Name

Halbötter

Name of HSC Manager

R. Ribat



Hilti. Outperform. Outlast.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Этапы подготовки и проведения эксперимента



Рисунок В.1 – Место проведения эксперимента



Рисунок В.2 – Каркасы анкерных свай



Рисунок В.3 – Каркасы испытываемых свай



Рисунок В.4 – Изготовленные лопасти ручного бура для бурения испытываемой сваи



Рисунок В.5 - Срез почвенно-растительного слоя экскаватором Hitachi

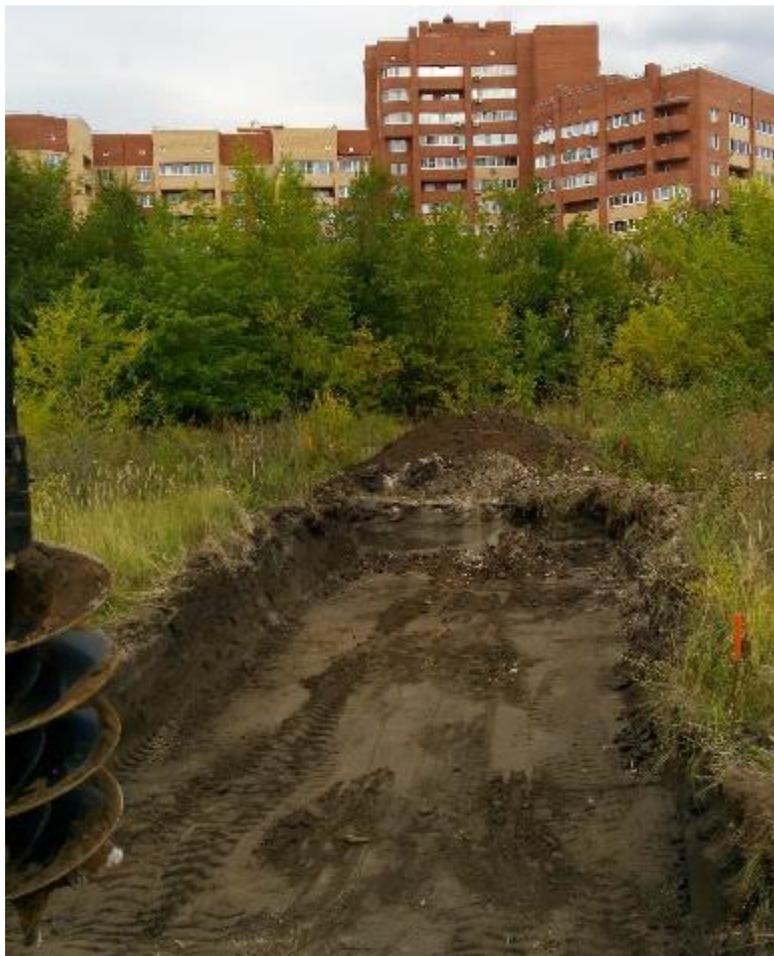


Рисунок В.6 – Подготовленный котлован для проведения эксперимента



Рисунок В.7 – Бурение скважин анкерных свай
экскаватор-погрузчиком JCB



Рисунок В.8 – Готовые скважины анкерных свай



Рисунок В.9 –Общий вид скважин и каркасов анкерных свай



Рисунок В.10 – Армирование анкерных свай



Рисунок В.11 – Бетонирование анкерных свай



Рисунок В.12 – Бурение скважины испытуемой сваи ручным буром



Рисунок В.13 – Общий вид скважины и каркаса испытываемой сваи



Рисунок В.14 – Опалубка для устройства оголовка испытываемой сваи



Рисунок В.15 –Проверка сечения испытываемой сваи



Рисунок В.16 – Бетонирование испытываемой сваи



Рисунок В.17 – Общий вид анкерных и испытуемой свай



Рисунок В.18 – Подготовка генератора и сварочного аппарата для сварки упорной фермы к анкерным сваям



Рисунок В.19 – Транспортировка упорной фермы к месту проведения испытаний



Рисунок В.20 – Монтаж и сварка упорной фермы к анкерным сваям



Рисунок В.21 – Испытание буровой сваи статической вдавливающей нагрузкой до усиления упорной фермы



Рисунок В.22 – Домкрат ДП20П50, динамометр ДОС-100 и метал. стойка



Рисунок В.23 – Ручной гидравлический насос НРГ7007



Рисунок В.24 – Испытание буровой сваи статической вдавливающей нагрузкой после усиления упорной фермы



Рисунок В.25 – Испытание плиты статической вдавливающей нагрузкой



Рисунок В.26 – Индикатор часового типа ИЧ-10 для контроля осадки



Рисунок В.27 – Испытание железобетонной плиты статической горизонтальной нагрузкой и изгибающим моментом



Рисунок В.28 – Динамометр ДОР-10



Рисунок В.29 – Устройство металлической обоймы и троса



Рисунок В.30 – Устройство металлической линейки для контроля
изгибающего момента

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Журнал испытаний

Дата начала испытания – 1.11.15 г.

Дата окончания испытания – 15.11.15 г.

Вид сваи – буровая

Способ погружения сваи – набивная

Тип плиты – монолитная

Материал сваи и плиты – железобетон (бетон В15; армирование $\varnothing 12$ А400)

Дата изготовления сваи – 18.09.15 г.

Дата изготовления плиты – 2.11.2015 г.

Сечение (диаметр) сваи – 22 см

Длина сваи – 3,2 м

Размеры плиты – 50 x 50 x 50 см

Масса сваи – 0,29 т

Масса плиты – 1,48 т

Ближайшая геологическая выработка – инв. № 61 от ноября 2013 г.

Краткая характеристика инженерно-геологического разреза – почвенно-растительный слой $h_1 = 0,7$ м, супесь твёрдая просадочная $h_2 = 1,6$ м, суглинок полутвёрдый просадочный $h_3 = 1,4$ м

Температура воздуха – от +1 до +5 °С

Абсолютные отметки:

- головы сваи перед испытанием – 93,90 м
- головы сваи после погружения – 93,86 м
- верха плиты перед испытанием – 93,86 м
- верха плиты перед испытанием – 93,82 м
- поверхности грунта у сваи – 93,70 м
- нижнего конца сваи – 90,70 м

Состояние головы сваи после погружения – нормальное

Глубина погружения (заложения) сваи – 3 м

Тип приборов для измерения осадки сваи и односвайно-плитного фундамента – нивелир марки НІЛTI POL-15 с рейкой и индикатор часового типа ИЧ-10 с ценой деления 0,01 мм

Таблица Г.1 - Испытание буровой сваи статической вдавливающей нагрузкой

Дата	Время	№ ступени	Интервал времени между отсчётами ΔT , мин	Общая нагрузка, кН	Перемещение S, мм	Приращение перемещений ΔS , мм	Сумма перемещений ΣS , мм	Суммарное время Σt , мин
Нагружение								
1.11.15	8.00	-	0	0	0	0		
	8.00	1	0	14	0,27	0,27		
	8.30	2	30	21	0,75	0,48		
	9.00	3	30	28	1,29	0,54		
	9.30	4	30	35	1,91	0,62		
	10.00	5	30	42	2,64	0,73		
	10.30	6	30	49	3,52	0,88	44,50	
	11.00	7	30	56	4,61	1,09		
	11.30	8	30	63	6,01	1,40		
	12.00	9	30	70	7,87	1,86		
	12.30	10	30	77	10,50	2,63		
	13.00	11	30	84	14,51	4,01		
	13.30	12	30	91	21,27	6,76		540
	14.00	13	30	98	44,50	23,23		
Разгружение								
1.11.15	14.00	-	-	98	44,50	0		
	14.30	1	30	84	44,33	0,17		
	14.45	2	15	70	44,18	0,15		
	15.00	3	15	56	43,91	0,27		
	15.15	4	15	42	43,33	0,58		
	15.30	5	15	28	42,20	1,13	7,00	
	15.45	6	15	14	40,22	1,98		
	16.00	7	15	0	37,50	2,72		
	16.15	-	15	0	37,50	0		
	16.30	-	15	0	37,50	0		
	16.45	-	15	0	37,50	0		
	17.00	-	15	0	37,50	0		
Испытание прекращено								

Таблица Г.2 - Испытание односвайно-плитного фундамента статической вдавливающей нагрузкой

Дата	Время	№ ступени	Интервал времени между отсчётами ΔT , мин	Общая нагрузка, кН	Перемещение S, мм	Приращение перемещений ΔS , мм	Сумма перемещений ΣS , мм	Суммарное время Σt , мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Нагружение								
8.11.15	8.00	-	0	0	0	0		
	8.00	1	0	14	0	0		
	8.30	2	30	21	0	0		
	9.00	3	30	28	0	0		
	9.30	4	30	35	0	0		
	10.00	5	30	42	0,06	0,06		
	10.30	6	30	49	0,30	0,24		
	11.00	7	30	56	0,53	0,23		
	11.30	8	30	63	0,85	0,32		
	12.00	9	30	70	1,27	0,42		
	12.30	10	30	77	1,81	0,54		
	13.00	11	30	84	2,50	0,69	45,50	
	13.30	12	30	91	3,39	0,89		
	14.00	13	30	98	4,51	1,12		
	14.30	14	30	105	5,93	1,42		
	15.00	15	30	112	7,74	1,81		
	15.30	16	30	119	10,08	2,34		
	16.00	17	30	126	13,17	3,09		
	16.30	18	30	133	17,32	4,15		
	17.00	19	30	140	23,30	5,98		
	17.30	20	30	147	34,71	11,41		
	18.00	21	30	149,6	45,50	10,79		
Разгружение								
8.11.15	18.00	-	-	149,6	45,50	0		
	18.30	1	30	136	45,36	0,14		
	18.45	2	15	122	45,23	0,13	6,50	
	19.00	3	15	108	45,10	0,13		
	19.15	4	15	94	45,00	0,10		
	19.30	5	15	80	44,83	0,17		

Продолжение таблицы Г.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	19.45	6	15	66	44,76	0,07		
	20.00	7	15	52	44,64	0,12		
	20.15	8	15	38	44,00	0,64		
	20.30	9	15	24	42,91	1,09		
	20.45	10	15	10	40,90	2,01		
	21.00	11	15	0	39,00	1,90		
	21.15	-	15	0	39,00	0		
	21.30	-	15	0	39,00	0		
	21.45	-	15	0	39,00	0		
	22.00	-	15	0	39,00	0		
Испытание прекращено								

Таблица Г.3 - Испытание односвайно-плитного фундамента статической горизонтальной нагрузкой и моментом

Дата	Время	№ ступени	Интервал времени между отсчётами ΔT , мин	Общая нагрузка, кН	Перемещение Δ_v , мм	Приращение перемещений, мм	Сумма перемещений $\Sigma \Delta_v$, мм	Суммарное время Σt , мин
15.11.15	8.00	-	0	0	0	0		
	8.00	1	0	2	0,12	0,12		
	9.00	2	60	4	0,84	0,72		
	10.00	3	60	6	1,87	1,03		
	11.00	4	60	8	2,88	1,01		
	12.00	5	60	10	3,96	1,08		
	13.00	6	60	12	5,19	1,23		
	14.00	7	60	14	6,50	1,31	20,00	
	15.00	8	60	16	7,78	1,28		
	16.00	9	60	18	9,02	1,24		
	17.00	10	60	20	10,31	1,29		
	18.00	11	60	22	11,80	1,49		
	19.00	12	60	24	13,65	1,85		
	20.00	13	60	26	15,89	2,24		
	21.00	14	60	28	20,00	4,11		
				Разгружение				
15.11.15	21.00	-	-	28	20,00	0		
	22.00	1	60	0	3,70	16,30		
	22.15	-	15	0	3,70	0	16,30	
	22.30	-	15	0	3,70	0		
	22.45	-	15	0	3,70	0		
	23.00	-	15	0	3,70	0		
	Испытание прекращено							