

05.23.01

Ц763

Челябинский государственный
технический университет

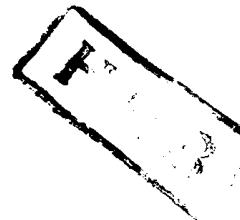
На правах рукописи

ЦОЙ Лев Борисович

УДК 624.012.3:624.153.3:666,928

СОЗДАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЙ С
ПОВЫШЕННОЙ УДАРОСТОЙКОСТЬЮ И ВНЕДРЕНИЕ
РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРАКТИКУ СТРОИТЕЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА

(05.23.01 - Строительные конструкции, здания
и сооружения)



Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Работа выполнена в Дальневосточном
научно-исследовательском, проектно-конструкторской
и технологическом институте по строительству

Научный руководитель - доктор технических наук
П.А.Аббасов

Официальные оппоненты - член-корреспондент Академии
наук РСФСР, заслуженный
деятель науки и техники РСФСР,
доктор технических наук,
профессор А.А.Бартоломей
- кандидат технических наук,
доцент Б.В.Соловьев

Ведущая организация. Проектно-строительное объединение
"Находкагражданстрой"

Защита состоится "18" марта 1992 г. б/15⁰⁰

на заседании специализированного совета К 053.И3.05 при
Челябинском государственном техническом университете по адресу:
454080, г.Челябинск, проспект им.В.И.Ленина,76, ЧГТУ, ученый совет

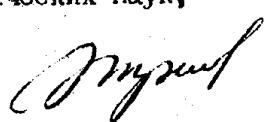
С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической
библиотеке института.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные
гербовой печатью, просим выслать по указанному выше адресу.

Автореферат разослан " "февраль 1992 г. "

Ученый секретарь специализированного
совета, кандидат технических наук,
доцент

Г.В.Трегулов



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Свайные фундаменты получили широкое распространение при строительстве сооружений различного назначения. Их применение вместо фундаментов на естественном основании в некоторых случаях позволяет уменьшить объем земляных работ на 70-80%, расход железобетона на 25-40%, снизить трудоемкость работ нулевого цикла в 1,5-2 раза, сократить сметную стоимость до 50%.

В СССР на долю забивных приходится около 90% всего объема применяемых свай, причем 95% от объема забивных составляют призматические сваи с квадратным поперечным сечением.

При погружении железобетонных свай ударным способом существенным недостатком является преждевременное разрушение их голов, в результате чего сваи не могут достичь проектных отметок. Повсеместным явлением при возведении свайных фундаментов становится то, что после работ по погружению в грунт остаются железобетонные "леса" недобитых свай. Высота этого "леса" иногда достигает до 5 м и более.

Проведенные обследования показывают, что в настоящее время до 3% железобетонных свай полностью разрушаются в процессе забивки, а более 30% свай не могут быть добиты до проектных отметок из-за преждевременного разрушения их голов.

Необходимость повысить ударостойкость забивных железобетонных свай становится очевидным.

Повышение ударостойкости, погружаемых в грунт свай, не только отразится на надежности возводимых зданий, но и даст возможность получить значительный экономический эффект, так как в СССР ежегодно используются более 8 млн. м³ свай.

Целью работы является создание конструкций железобетонных свай с повышенной ударостойкостью и внедрение результатов исследований

в практику строительного производства.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- проведены теоретические и экспериментальные исследования по определению факторов, влияющих на распределение напряжений по сечению свай;
- исследован характер возникающих напряжений в голове железобетонных свай при их погружении в грунт ударным способом;
- установлено влияние формы головы на ее ударостойкость;
- исследован и разработан эффективный вариант армирования железобетонных свай;
- изучено влияние конструкции наголовника и характеристик амортизационных прокладок на сохранность головы железобетонных свай;
- разработана технология изготовления ударостойких свай в заводских условиях и погружения в производственных условиях;
- осуществлено внедрение результатов исследований в практику строительного производства.

Научная новизна диссертации заключается в исследовании характера распределения напряжений в голове железобетонных свай при ударном воздействии и определении способов их рационального перераспределения по наиболее опасному сечению с целью повышения ударостойкости, в разработке новых конструкций ударостойких железобетонных свай и наголовника для их погружения, в разработке и освоении заводской технологии изготовления ударостойких железобетонных свай и внедрении ее в практику строительного производства.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

- результаты, полученные поляризационно-оптическим способом и МСБ, по определению характера распределения напряжения по сечению свай в зависимости от формоизменения торцевой части могут быть использованы при исследовании и разработке конструкций стыковых соединений составных свай, опорных узлов колонн, стоек и др.;

- исследования по изучению влияния характеристик амортизационных прокладок на сохранность голов жалезобетонных свай позволили разработать прокладку переменной жесткости, обеспечивающую бездефектное погружение стандартных свай до проектных отметок;

- по результатам исследований разработаны конструкции ударостойких железобетонных свай и наголовник для их погружения. Повышение ударостойкости железобетонных свай позволяет погружать их до более плотных слоев грунта без разрушения, за счет чего возможно увеличение грузоподъемности свай. За счет конструктивных особенностей свай и наголовника снижается трудоемкость при погрузочно-разгрузочных работах, значительно облегчается установка свай под молот и повышается КПД дизель-молота при погружении в грунт в производственных условиях;

- в разработке и освоении заводской технологии изготовления ударостойких железобетонных свай и внедрении их в практику строительного производства.

Реализация работы. Результаты диссертационной работы использованы при разработке технических условий ТУ 65.605-89 "Сваи ударостойкие железобетонные цельные сплошного квадратного сечения с ненапрягаемой арматурой сечением 30x30", утвержденных и принятых к производству работ Министерством СССР и ТСО "Примкрайстроем" Минвостокстроя СССР.

Разработана свая без попечного армирования ствола с напрягаемой арматурой, располагаемой в центре сечения сваи, которая внедрена в ТСО "Амурстрой" Минвостокстроя СССР.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы докладывались на первом региональном координационном совещании-семинаре "Прогрессивные типы фундаментов в условиях Восточной Сибири и Дальнего Востока и пути внедрения их в производство" (Владивосток, 1986); на XI Международном конгрессе по механике грунтов и фунда-

ментостроению (Рио-де-Жанейро, 1989); на XXII Международной конференции молодых ученых в области бетона и железобетона (Иркутск, 1990); на третьем Всесоюзном координационном совещании-семинаре "Механизированная безотходная технология возведения свайных фундаментов из свай заводской готовности" (Владивосток, 1991); на III Международной ярмарке научных достижений в строительстве" НТД-90" (Москва, 1990).

ПУБЛИКАЦИИ. Основные научные положения и результаты диссертационной работы опубликованы в десяти статьях, в двух авторских свидетельствах и отражены в двух отчетах по научно-исследовательским темам. По результатам исследований получено пять положительных решений на изобретения.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, приложения и содержит 150 страниц, в том числе 92 страницы машинописного текста, 45 страниц рисунков, 9 таблиц, библиографический список из 98 наименований и 17 страниц приложения.

На ЗАЩИТУ ВЫНОСЯТСЯ результаты теоретических и экспериментальных исследований по созданию новых конструкций ударостойких железобетонных свай и наголовника для их погружения на основе изучения характера распределения напряжений и определению способов их рационального перераспределения по наиболее опасному сечению головы сваи:

- новое аналитическое выражение, описывающее функцию распределения давления на контакте сваи с амортизирующей прокладкой;
- способы рационального перераспределения напряжений по наиболее опасному сечению головы сваи;
- эффективный вариант армирования головы железобетонных свай;
- новая конструкция наголовника для погружения ударостойких свай в производственных условиях;

- новые конструкции ударостойких железобетонных свай с идентично заостренными и заармированными концами;
- новые приспособления и технологические операции для изготовления ударостойких свай (далее – сокращенно УС) в заводских и погружения в производственных условиях.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность намеченных исследований.

В первой главе выполнен обзор литературных источников в этом направлении. Поставлена цель работы и раскрыта ее научная новизна и практическая ценность, определены основные задачи исследований.

Проблемами разрушения железобетонных свай при забивке ударным способом и особенно их головов посвящены работы советских и зарубежных исследователей – П.А.Аббасова, Б.В.Бахолдина, Н.Г.Бондаря, С.А.Варсановича, Д.И.Васильевского, В.М.Гольдштейна, К.П.Дэллоса, А.А.Каншина, И.И.Козеля, В.Е.Конаша, В.В.Кречмера, А.И.Маврина, Б.И.Малишева, Г.Ф.Новоожлова, Е.М.Нерлея, А.С.Путалова, Г.С.Родова, Ф.Ростази, Ф.В.Саара, В.М.Салихова, Б.Сандху, И.К.Суровой, Ф.Г.Чернышева, И.Е.Школьникова и др.

Многочисленные научные работы в этом направлении свидетельствуют о том, что исследователи причину разрушения свай связывают со следующими факторами: скорость движения молота в момент соударения; упругие свойства и толщина прокладок между сваей и стальным наголовником, между наголовником и молотом; модуль упругости и плотность материала свай; масса и высота падения молота; сопротивление грунта под острием и по боковой поверхности сваи; геометрические размеры свай и глубина ее погружения. От этих факторов зависят величины разрушающих напряжений в железобетонных сваях.

для того, чтобы исключить разрушение голов и недобивку до проектных отметок, т.е. обеспечить бездефектное их погружение, предпринимаются многочисленные попытки по повышению ударной стойкости забивных железобетонных свай.

Известны различные способы повышения прочности свай при кратковременных воздействиях.

Прочность несколько увеличивается с повышением класса бетона до В 35 и более. Эффективнее применение керамзитобетона и демпфирующих добавок различной дисперсии: вермикулита, доменного шлака и др. Еще более высокая ударная стойкость у свай, изготовленных из напрягающегося бетона. Новым направлением является применение сталеполимербетонных свай.

Повышение ударной стойкости может быть достигнуто усилием косвенного армирования, однако этот прием не является оптимальным. Более рационально комбинированное армирование с концентрацией проволочной напрягаемой арматуры по оси свай, а обычной периодической по периферии. Хорошие результаты показывают испытания свай с дисперсным армированием (фибробетонные). Этот материал обладает высокой сопротивляемостью трещинообразованию и разрушению при действии продольного удара.

Ударостойкость пирамидальных и конических свай по сравнению с призматическими выше из-за большей площади головы. Более простым конструктивным предложением по повышению ударной стойкости голов свай является усиление их стальной обоймой, высота которой равна размеру стороны свай. Это мероприятие достаточно эффективно, но существенно повышает металлоемкость конструкции.

Увеличить прочность голов железобетонных свай возможно с применением нового способа формования и предварительного напряжения арматуры, разработанного в ДальнНИИСо с участием автора (з.с. СССР № 1571177).

Все перечисленные способы повышения ударной стойкости свай связаны со значительными изменениями в технологии их изготовления, приводящими к удороожанию изделий.

Во второй главе даны экспериментальные и теоретические исследования по определению характера распределения напряжений по сечению в голове сваи и пути их оптимального перераспределения с целью увеличения ударостойкости железобетонных свай.

По данным Сухинина С.Ф. (а.с. № II88250) приданье голове сваи пирамидальной или конической формы с углом наклона 45° (угол при вершине 90°) и применения в процессе погружения ее в грунт металлического наголовника аналогичной формы без амортизирующих прокладок на контакте "свай-наголовник" дает возможность повысить ударостойкость железобетонных свай. В этом случае эффективность восприятия удара по голове сваи обеспечивается плотным контактом металлического наголовника с бетоном сваи, а прочность головы сваи обеспечивается за счет обоймы, создающейся наголовником.

Для проверки данного предположения нами были изготовлены и испытаны модели бетонных свай сечением 10×10 см, длиной 50 см с пирамидальной головой с углом при вершине 60° - 4 шт.; 90° - 4 шт.; 120° - 5 шт. и с плоской головой - 4 шт. Результаты проведенных опытов подтверждают, что сваи с заостренной головой в виде пирамиды увеличивают ударостойкость по сравнению с плоской. Наибольшую ударостойкость показали модели свай с углом при вершине 90° .

Становится очевидным, что при прочих равных условиях повышение ударостойкости связано с характером распределения напряжений по сечению сваи.

С целью определения каскады распределения напряжений по наиболее опасному сечению сваи были проведены исследования полиграфико-оптическим методом.

Анализ полученных данных о распределении напряжений по сечению сваи в зависимости от формоизменения показал, что:

- при плоской форме головы сваи с постоянной прокладкой (вариант стандартных призматических свай) на краях сечения наблюдаются резкие перепады максимальных касательных напряжений, причем с увеличением нагрузки пики максимальных касательных напряжений возрастают, которые дают максимальный вклад в девиатор напряжений D_s и интенсивность касательных напряжений T , от которых согласно положениям механики твердого деформируемого тела, зависят формоизменение, появление пластических деформаций и микротрешин;

- при заостренной форме головы сваи пики напряжений сглаживаются, причем с уменьшением угла заострения при вершине максимальные касательные напряжения по краям сечения выравниваются относительно центральной оси, т.е. напряжения распределяются более равномерно по сечению, что благоприятно сказывается на сохранности голов свай;

- наиболее удачно максимальные касательные напряжения распределяются по сечению сваи при угле заострения 90° и 60° .

Для определения численных значений напряжений по сечению в головной части сваи в зависимости от жесткости прокладки в наголовнике и от формоизменения головы были выполнены численные исследования напряженного состояния головы сваи с помощью метода конечных элементов (МКЭ) в двумерной постановке.

На рис. I изображены наиболее напряженные сечения исследуемых вариантов свай.

Установлено, что при идеальном контакте прокладки со стандартной сваей все компоненты тензора напряжений σ_{ij} в зоне разрушений имеют всплески. Расчеты показывают, что с уменьшением жесткости прокладки E_s краевой эффект оказывается сильнее, т.е. пики напряжений резко возрастают. Напряжения увеличиваются на

краях поперечного сечения более чем в 2 раза. Существенно краевои эффект отражается на касательных напряжениях τ_{\max} (кривые I).

Пики напряжений можно устраниить, применяя амортизирующую прокладку с переменной жесткостью (кривые 2). Модуль упругости E_s здесь принят изменяющимся дискретно по линейному закону от значения для стали до значения для дуба с волокном, перпендикулярными к направлению сжатия, а именно $2 \cdot 1 \cdot 10^5$ МПа, $3 \cdot 10^4$ МПа, $3 \cdot 9 \cdot 10^3$ МПа и $4 \cdot 8 \cdot 10^2$ МПа. Величины всех компонентов тензора напряжений σ_{ij} в этом случае убывают от центра сечения свай к его краям.

Еще более просто избавиться от концентрации напряжений на краях сечения свай можно путем придания ее голове заостренной формы.

Было исследовано напряженное состояние голов свай с углом при вершине 90° без прокладки (кривые 3) и с резиновой прокладкой с углом при вершине 90° (кривые 4) и 60° (кривые 5).

Сравнение кривых I и 3 показывает, что заострение головы свай уменьшает пики напряжений более чем в два раза, а кривая 3 принимает плавный вид, пики напряжений сглаживаются.

Наиболее удачно перераспределить напряжения можно применив в контактной зоне бетон-наголовник резиновую прокладку. При заостренной форме головы с резиновой прокладкой – кривые 4 и 5, напряжения к краям сечения уменьшаются, что значительно увеличивает прочность голов железобетонных свай.

В нормативной литературе приводятся различные формулы для определения динамических напряжений, возникающих в стандартных железобетонных сваях при их забивке. Эти формулы рекомендуются для вычисления максимальных значений сжимающих напряжений, не смотря на то, что в рамках допущений для стержневых систем дают усредненные в пределах поперечного сечения величины.

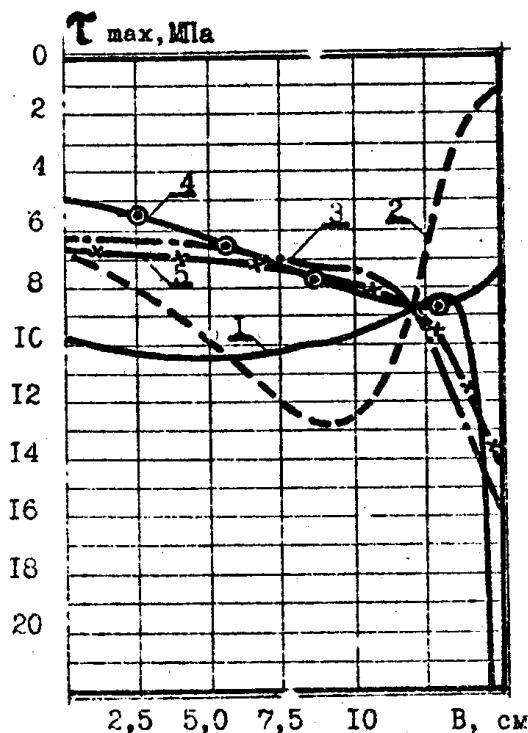
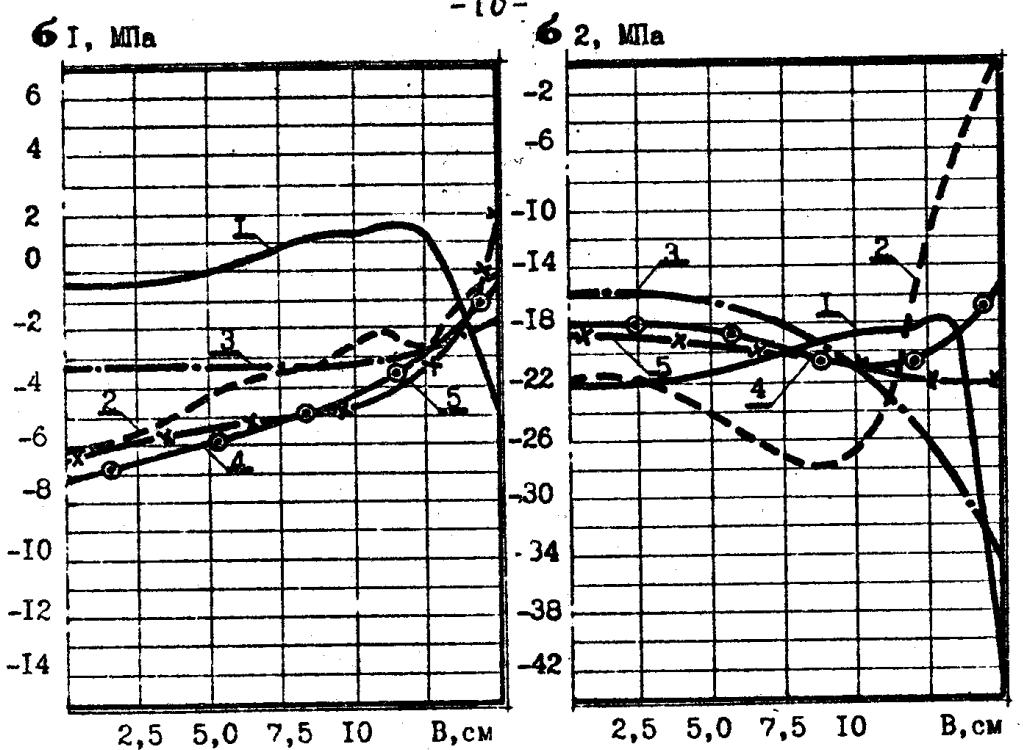


Рис. I. Сводный график распределения напряжений по наиболее опасному сечению сваи

- плоская с постоянной прокладкой (1);
- плоская с переменной прокладкой (2);
- 90° без прокладки (3);
- 90° с прокладкой (4);
- 60° с прокладкой (5).

Как было показано на рис. I напряжения на контакте стандартной сваи с амортизирующей прокладкой в действительности распределяются неравномерно. Полученная эпюра качественно соответствует распределению давления под подошвой жесткого штампа, что вполне объясняется аналогией в физической сути задач.

Основываясь на решении для штампа предлагается формула, описывающая функцию распределения давления на контакте сваи с амортизирующей прокладкой:

$$\sigma_y = \frac{P_m}{(2 + a \sin \frac{\pi y}{b}) \sqrt{1 - (\frac{y}{b})^2}} \quad (I)$$

где σ_y — сжимающее напряжение в точке, отстоящей на расстоянии y от центра сечения сваи;

P_m — среднее давление на единицу площади контакта;

$b_1 = 2b$ — наибольший размер сечения сваи;

a — коэффициент, зависящий от жесткости прокладки, величину которого с достаточной точностью можно принять постоянной и равной 1.0.

Анализ формулы (I) показывает, что при $y = \frac{b_1}{2}$ на краю площадки контакта напряжения σ_y стремятся к бесконечности, а по центральной оси симметрии при $y = 0$ $\sigma_y = \frac{P_m}{2}$. Однако, результаты численных исследований свидетельствуют о том, что в центре площадки контакта при $y = 0$ величины сжимающих напряжений близки к среднему значению. Таким образом, открытм остается вопрос о методике вычисления среднего давления P_m , которое при подстановке в (I) удовлетворяло бы численному решению. Для этого воспользуемся решением (2), полученным при исследовании соударения двух абсолютно жестких тел с упругим промежуточным элементом:

$$P_m = \frac{v_o}{E} \sqrt{\frac{c m_1 m_2}{m_1 + m_2}}, \quad (2)$$

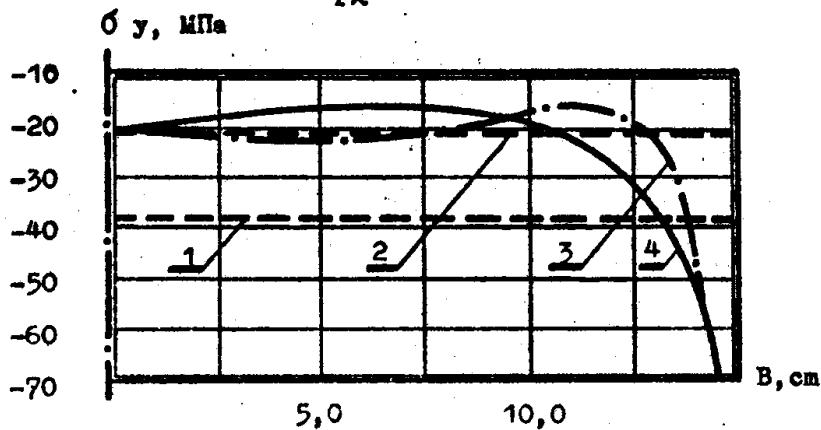


Рис.2. Распределение сжимающих напряжений на контакте свай с амортизирующей прокладкой:

- 1 - решение по формуле из Пособия;
- 2 - решение по формуле из Руководства;
- 3 - численное решение;
- 4 - предлагаемое решение

где $v_0 = \sqrt{2g} H$ — скорость ударника массой m_1 , перед началом соударения;
 m_2 — ударная масса (наковальня), скорость которой перед ударом равна нулю;
 $C = \frac{E A}{\rho}$ — жесткость прокладки.

На рис.2 показан конкретный пример того, что формула (1) с учетом (2) дает эпюру давления, весьма близко приближающуюся к численному решению, полученному МКЭ. Исходные данные приняты для свай С 8-30 при погружении дизель-молотом С-99б. Тогда, крияя 2, вычисленная по формуле из "Руководства по проектированию свайных фундаментов" и кривая I, вычисленная по формуле из "Пособия по производству работ при устройстве оснований и фундаментов", отличается в 1,86 раза. Среднее давление R_m , вычисленное по формуле (2) будет равным 44 МПа, при котором эпюра давления в преде-

лах площади контакта сваи с прокладкой имеет вид, изображенной кривой 4. Рисунок иллюстрирует близкую сходимость предлагаемого решения к численному (кривая 3).

На рисунке видно, что формула из "Руководства..." дает значение напряжений в центре сечения сваи, а формула (I) показывает изменение напряжений в пределах сечения, причем эпюра располагается между графиком 1 и 2.

Результаты, полученные поляризационно – оптическим методом и МКЭ, учитывают работу материала в пределах упругости. Бетон, используемый в сваях, является упруго-пластическим, неоднородным материалом, поэтому распределение напряжений, полученные в упругой постановке, должны быть проверены на бетонных образцах. Для этого выполнены эксперименты на бетонных образцах голов свай с углом заострения 90° на действие статической нагрузки.

Анализ результатов испытания показал, что по исследуемому сечению при заострении головы сваи под 90° напряжения в середине сечения с увеличением нагрузки возрастают более интенсивно по сравнению с напряжениями на краях сечения, т.е. основную нагрузку воспринимает ядро сечения, что благоприятно оказывается на повышении прочности головы сваи.

По результатам проведенных исследований перечисленными методами по определению характера распределения напряжений по наиболее опасному сечению сваи, было установлено, что избавиться от концентрации напряжений на краях сечения сваи можно путем придания ее голове заостренной формы. Наибольшую прочность имеют сваи с заострением при вершине под углом 90° .

В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований по выбору рационального варианта армирования для свай с заостренной головой и конструкции наголовника для их погружения.

Для решения поставленной задачи были проведены натурные эксперименты с различными вариантами армирования. Сваи изготавливались в натуральную величину длиной 3 м и сечением 30x30 см и погружались в тяжелых грунтовых условиях конической установкой с трубчатым дизель-молотом С-996. Всего было испытано восемь вариантов армирования, включая стандартные С 3-30, по шесть свай в каждом варианте. Погружения производились до такого состояния головы свай, при котором можно было определить характер разрушения и выявить причины его вызывающие. При этом фиксировались затраты энергии на погружение и количество произведенных ударов.

Проведенные натурные испытания показали следующее, что:

- у стандартных свай разрушения начались с откола углов головы, разрушения и выкрашивания между сетками, оголения арматуры;
- сваи с заостренной головой показали большую ударостойкость по сравнению со стандартными. Конусная часть головы при этом не разрушалась, что можно объяснить тем, что эта часть обжата металлическим наголовником;
- наиболее слабым местом становится участок ниже обжатой зоны, где в основном и происходят разрушения. Для усиления этого участка использовалось косвенное армирование в виде сеток Некрасова, радиальных сеток и спиралей.

Наиболее удачным оказался вариант, при котором концевые части продольных стержней, каждая в своей плоскости, имеют двойные изгибы (Z-образной формы);

- первые, под углом 30-45°;
- вторые, обратные, под тем же углом, а концы соединялись в пучок вдоль центральной оси. Под первыми загибами устанавливалась спираль.

Сваи с этим вариантом армирования имели ударостойкость больше, чем стандартные в 2,5 - 3 раза. При погружении свай в грунт в

голове происходит следующее: усилия от молота через наголовник, обжимающий коническую поверхность головы (эффект обоймы), создают в середине сечения напряженную зону, которая воспринимается загибами продольных стержней Z - образной формы, что обеспечивает ограничение действия напряженной зоны и этим препятствует развитию трещин при динамических воздействиях.

Конструктивное выполнение концов продольной арматуры в виде загибов позволяет воспринять давление от напряженной зоны бетона без потери устойчивости при работе бетона в предельной стадии, что позволяет более эффективно включить в работу продольную арматуру.

Значительную роль при разрушении головы играет наличие внецентренного удара молота. При внецентренном ударе всю нагрузку воспринимает не вся голова, а только какая-то ее часть, при этом напряжения в этой части резко возрастают и разрушения начинаются с отколов углов, где для защитного слоя отсутствует арматура. В целях предотвращения этого явления головы свай выполнялись в виде сопряженных конических поверхностей, причем у верхней конической части угол при вершине больше, чем у нижней – это обеспечивает контакт наголовника с верхней частью, а в нижней части между наголовником и нижней конической поверхностью – зазор. При ударе молота всю нагрузку воспринимает только верхняя коническая часть, а это означает, что в нижней части напряжения будут минимальными и углы не разрушатся, что и подтвердили проведенные эксперименты.

По результатам проведенных экспериментов получено авторское свидетельство СССР № 1544890 "Свая" и положительное решение ВНИИГИ от 21.01.91 по заявке № 4849814/33 (С79010) "Свая".

В процессе исследований по созданию конструкции ударостойкой железобетонной сваи одновременно проводились опыты по определению конструкции наголовника.

На первом этапе проводились эксперименты с наголовником, гнездо-

до у которого точно копировало конфигурацию головы сваи. В контактной зоне бетон-наголовник использовалась прокладка из транспортерной ленты. Использование резиновой прокладки снижает величины касательных усилий, действующих на контакте бетон-прокладка, за счет деформативных свойств резины.

Дальнейшие исследования показали, что резиновую прокладку целесообразно заменять антифрикционным веществом (смазкой). Тонкий слой смазки позволяет уменьшить трение между гнездом наголовника и головой сваи и увеличить этим эффект обоймы.

Кроме того, смазка, как демпфер, позволяет более равномерно распределить напряжения по поверхности головы сваи при ударе (положительное решение ВНИИГПЭ от 26.03.91 по заявке № 484915/33 (079554) "Способ погружения свай с выпуклой конусной, пирамидальной или сферической головой").

В производственных условиях использование данного способа вызывает некоторые дополнительные работы - это обмазка антифрикционным веществом голов свай или гнезда наголовника перед каждым погружением.

С целью исключения этих дополнительных работ была разработана конструкция наголовника, у которого в нижнем гнезде корпуса располагается тонкий кожух. Зазор между корпусом и кожухом заполнен смазывающим веществом. За счет отсутствия силы трения по контуру корпус-кожух усилие удара передается на голову сваи по нормали к ее поверхности, чем обеспечивается ее дополнительное обжатие в поперечном направлении и достигается повышение ударостойкости головы сваи. Таким образом, кожух наголовника реализует эффект обоймы. Кроме того, слой смазывающего вещества работает как демпфер и позволяет ровно распределить напряжения на голову сваи при ударе молота, что также повышает ударостойкость (положительное решение ВНИИГПЭ от 26.03.91 по заявке № 4849816/33 (079555) "Наголовник").

- 17 -

Вместе с тем, конструкцию можно упростить применив вместо смазываемого материала резиновую прокладку. Резиновая прокладка находясь между кожухом и наголовником в замкнутом пространстве даже при полном его разрушении, т.е. превращения в резиновую крошку, будет обеспечивать проскальзывание кожуха относительно наголовника.

Дальнейшие исследования показали, что проскальзывание головы свай относительно гнезда наголовника можно обеспечить, понизив шероховатость гнезда наголовника до 3,2 и менее. Конусная часть головы свай покрыта тонким слоем цементного молока, который обеспечивает самошлифовку поверхности гнезда наголовника в процессе погружения.

Большое значение на сохранность головы свай играет точное соответствие конфигурации головы и гнезда наголовника.

Эксперименты показали, что малейшее увеличение угла при вершине головы свай (или уменьшение гнезда наголовника) приводит к концентрации напряжений у основания головы, которые и вызывают разрушения.

И наоборот, при незначительном увеличении гнезда наголовника ударостойкость свай несколько увеличивается.

С целью уменьшения влияния внекентренного удара целесообразно увеличение угла при вершине выполнить следующим образом: гнездо наголовника выполнить с переменным углом наклона поверхности, возрастающий к периферийным относительно вершины гнезда участкам (положительное решение ВНИИГПЭ от 30.01.91 по заявке № 4849819/33 (079558).

По результатам проведенных исследований разработана конструкция наголовника для погружения ударостойких железобетонных свай рис.3.

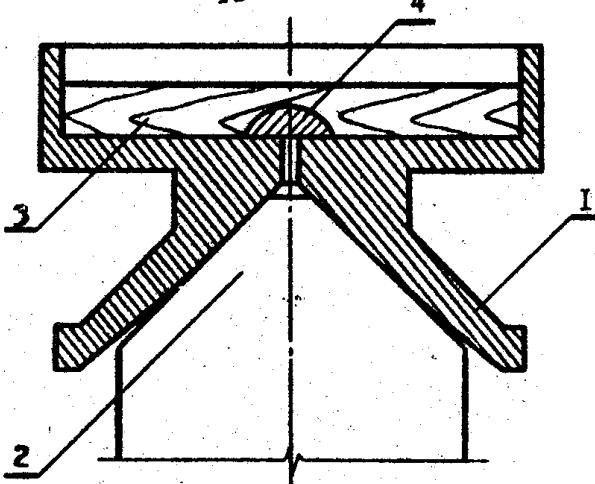


Рис.3. Наголовник для погружения ударостойких свай:
1 - корпус наголовника; 2 - гнездо; 3 - амортизирующая прокладка; 4 - центрирующая вставка

Четвертая глава посвящена производственному исследованию конструкций ударостойких железобетонных свай и их внедрению в практику строительства.

Для установления качественных возможностей ударостойких свай в г.Курске были проведены ряд натурных экспериментов.

Сваи погружались копровой установкой с трубчатым дизель-молотом С-996 с массой ударной части 1,8 т при помощи наголовника второго динамического типа (без нижней амортизирующей прокладки), разработанного автором и изготовленным УМ-2 треста "Курскспецстроймеханизация".

Повышенная ударостойкость исследуемых свай позволила погружать их в тяжелых грунтовых условиях на большую глубину, соответственно на 1,3; 1,5; 0,5 м по сравнению со стандартными и получить при этом минимальные отказы.

Ударостойкие сваи восприняли общее количество ударов молота в 2 раза больше, чем стандартные при полной сохранности голов.

По результатам динамических испытаний по известным формулам был произведен расчет несущей способности свай.

Расчетные нагрузки ударостойких свай по грунту максимально приближаются к расчетной нагрузке сваи по материалу, а у одной сваи даже превышает. Принятая нагрузка на ударостойкую сваю в два раза больше, чем у стандартной.

Ударостойкие железобетонные сваи изготавливают стендовым или агрегатно-поточным способом, с использованием существующей оснастки и приспособлений, применявшихся для производства обычных стандартных свай.

Конструктивные отличия внедряемых свай требуют некоторые изменения в технологических операциях при полной сохранности технологического процесса и режима.

Для навивки круглой спирали из высокопрочной проволоки разработано приспособление в виде кольца с винтовым желобом по внутренней поверхности из высокопрочной стали с последующей закалкой. Навивка спирали производится при помощи правильно-отрезных станков.

Изгибание концов продольной арматуры производится на гибочном приводном станке. Для одновременного изгибаия нескольких стержней необходимо нарезанные по размерам стержни уложить в одной вертикали в специальные держатели. Вместо центрального кольца на рабочем диске станка устанавливают вилку-кондуктор. Изгибание стержней производится в один прием между двумя упорными плитами и вилкой-кондуктором.

Равномерное распределение напряжений в голове сваи во многом зависит от точности изготовления конических поверхностей концов свай.

Изготовление вкладышей для формования этих концов из цельных литых заготовок на металорежущих станках - процесс дорогостоящий и длительный. Изготовление вкладышей из штампованных конусов, раз-

работанная автором, снижает стоимость более чем в 10 раз, при резком сокращении времени на изготовление.

С позиции технологии строительного производства применение ударостойких свай конструкции ДальНИИС позволяет:

1. Погружать их до более плотных слоев грунта без разрушения, за счет чего достигается увеличение нагрузки на сваю и уменьшение количества свай на 10-30%.

2. Уменьшить забивку свай-дублеров, составляющих до 5% от общего объема свай.

3. Полнее использовать энергию удара молота за счет ликвидации нижней амортизирующей прокладки, что дает возможность сократить время погружения свай на 10-20%.

4. Использовать любой конец сваи в качестве острия и тем самым исключить из технологического процесса ориентацию свай "голова-острие" при погружочно-разгрузочных работах, а также "верх-низ" при подаче ее на копер, что дает экономию трудозатрат до 10%.

5. За счет системы "наголовник-свай" значительно сократить трудоемкость процесса установки свай на копер.

6. Сократить площади складирования и трудозатраты при раскладке свай на строительной площадке.

На основании результатов проведенных исследований, направленных на создание конструкций железобетонных свай с повышенной ударостойкостью и внедрению результатов исследований в практику строительного производства, можно сделать следующее ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

I. По итогам проведенных экспериментальных и теоретических исследований на модельных образцах, поляризационно-оптическим методом, методом конечных элементов, статических испытаний бетонных образцов по определению характера распределения напряжений по наиболее спасному сечению в голове сваи были получены следующие результаты:

- в стандартных призматических сваях при применении деревянной прокладки в зоне приложения нагрузки на краях сечения возникают большие местные напряжения, которые и вызывают разрушение углов и т.д.;

- получено аналитическое выражение, описывающее функцию распределения давления на контакте сваи с амортизирующей прокладкой;

- избавиться от концентрации напряжений на краях сечения сваи можно путем придания ее голове заостренной формы. Наибольшую прочность имеют сваи с заострением при вершине под углом 90°.

2. Разработан новый эффективный вариант армирования голов забивных железобетонных свай, который заключается в следующем:

концевые части продольных стержней, каждая в своей плоскости, имеют двойные изгиба (з-образной формы);

- первые, под углом 30–45°;

- вторые, обратные, под тем же углом, а концы соединены в пучок вдоль центральной оси.

3. Установлено, что для бездефектного погружения свай с заостренной головой наголовник должен быть выполнен следующим образом:

- в целях уменьшения внецентренного удара и снижения напряжений на краях сечения сваи необходимо гнездо наголовника выполнить с переменным углом наклона поверхности, возрастающий к периферийным относительно вершины гнезда участкам, а в качестве верхней амортизирующей прокладки использовать прокладку с центрирующей вставкой;

- для уменьшения трения между гнездом наголовника и головой сваи и увеличения этим эффекта обоймы, а также в целях равномерного распределения напряжений по поверхности бетона головы целесообразно контактную поверхность наголовник-голова сваи смазывать антифрикционным веществом;

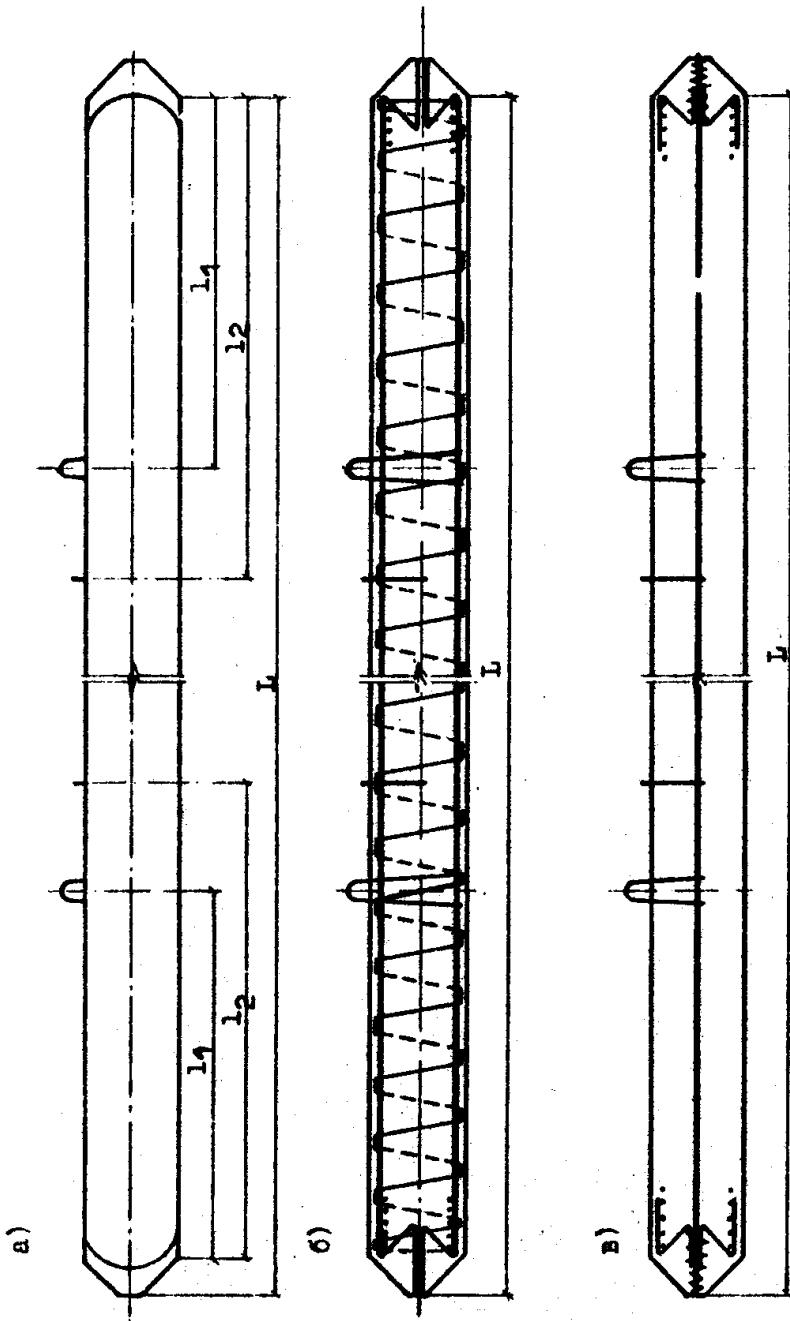


Рис. 4. Конструкции ударостойких железобетонных свай
цельного сплошного квадратного сечения
а - общий вид; б - с ненапрягаемой арматурой; в - без
поперечного армирования ствола с напрягаемой арматурой,
расположенной в центре сечения.

- проскальзывание головы свай относительно наголовника можно обеспечить понизив шероховатость гнезда наголовника до 3,2 и менее.

4. Определено, что за счет повышения ударостойкости железобетонных свай стало возможным максимальное приближение несущей способности по грунту к несущей способности по материалу. Несущая способность на ударостойкую сваю в два раза больше, чем у стандартной.

5. Для изготовления ударостойких свай в заводских и погружения в производственных условиях были разработаны новые приспособления и отработаны новые технологические операции.

Результаты докторской работы использованы при разработке технических условий ТУ 65.605-89 "Сваи ударостойкие железобетонные цельные сплошного квадратного сечения с ненапрягаемой арматурой сечением 30x30 см", утвержденных и принятых к производству работ Миногстроя СССР и ТСО "Приморкрайстрой" Минвостокстроя СССР (рис.4б).

Разработана свая без поперечного армирования ствола с напрягаемой арматурой располагаемой в центре сечения сваи (рис.4в), которая внедрена в ТСО "Амурстрой" Минвостокстроя СССР.

Основные результаты докторской отражены в следующих публикациях:

1. Аббасов П.А., Цой Л.Б. "Ударостойкая железобетонная свая"// Приморское ЦНТИ. - Владивосток, 1988.

2. Аббасов П.А., Цой Л.Б. "Ударостойкие железобетонные сваи конструкции ДальНИИС"//Материалы к первому региональному совещанию-семинару: "Прогрессивные типы фундаментов в условиях Восточной Сибири и Дальнего Востока и пути их внедрения в производство". Владивосток, 1988, с.56-59.

3. Аббасов П.А., Кархалев В.Н., Цой Л.Б. "Изготовление и погружение ударостойких железобетонных свай"//Труды ХЛ Междуна-

родного конгресса по механике грунтов и фундаментостроению. Рио-де-Жанейро, 1989.

4. Аббасов П.А., Кархалев В.Н., Цой Л.Б. "Ударостойкие железобетонные сваи, их изготовление и погружение", "Ресурсосберегающие технологии возведения фундаментов из свай заводской готовности."//Под ред. В.А. Ильчева. - М.: Стройиздат, 1991, 112 с.

5. Аббасов П.А., Кархалев В.Н., Цой Л.Б. "Наголовник для погружения ударостойких свай с заостренной головой"//Материалы всесоюзного координационного совещания-семинара. - Владивосток, 1991.

6. Аббасов П.А., Кархалев В.Н., Цой Л.Б. "Составная свая с уширением"//Материалы всесоюзного координационного совещания-семинара. Владивосток, 1991.

7. Аббасов П.А., Кархалев В.Н., Цой Л.Б. "К вопросу об определении величины динамических напряжений в сваях при забивке"//Свайные фундаменты из свай заводской готовности. /Под ред. Ильчева В.А. - М.: Стройиздат, 1991.

8. А.с. 1571177 СССР, МКИ³ Е04 21/12. Способ формования и предварительного напряжения арматуры железобетонных изделий. /Л.Б. Цой, В.Е. Абрамови В.Н. Кархалев (СССР). - 4415319; заявлено 01.02.88; опубл. 15.06.90 № 2 - 2 с.

9. А.с. 1544890 СССР, МКИ³ Е02Д 5/30, 27/12. Свай. /П.А. Аббасов, Л.Б. Цой и В.Н. Кархалев (СССР). - 4461998/23-33; заявлено 31.05.88; опубл. 23.02.90 № 7 - 2 с.

10. "Сваи ударостойкие железобетонные цельные сплошного квадратного сечения с ненапрягаемой арматурой сечением 30x30"//Технические условия 65.605-89, Владивосток, 1989, 24 с.

11. Цой Л.Б., Жабыко Е.И. "Ударостойкая железобетонная свая конструкции ДальНИИС"//Материалы XXII международной конференции молодых ученых. - Иркутск, 1990, с.126-127.

- 25 -

12. Цой Л.Б., Кархалев В.Н., Абрамов В.Е. "Способ формования и предварительного натяжения арматуры модульных железобетонных свай"/Материалы всесоюзного координационного совещания-семинара. Владивосток, 1991.



Цой Лев Борисович

СОЗДАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЙ С ПОВЫШЕННОЙ
УДАРОСТОЙКОСТЬЮ И ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ В
ПРАКТИКУ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Автореферат

Подписано к печати 15.1.92 г. Усл.п.л. 1,3. Уч.-изд.л. 0,8.
Формат 60x84/16. Тираж 100. Заказ 336.

Издано ИАПУ ДВО РАН. Владивосток, Радио, 5
Отпечатано участком оперативной печати ИАПУ ДВО РАН
Владивосток, Радио, 5