

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ  
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ  
АО "КазНИИСА"**

**У Т В Е Р Ж Д А Ю**

**Управляющий директор по науке,  
к.т.н.**

\_\_\_\_\_ **С.Ержанов**

**« » мая 2016 г.**

**ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ РАБОТЕ**

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ФУНДАМЕНТОВ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БУРОЗАВИНЧИВАЕМЫХ СВАЙ "KRINNER" В  
СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ**

**Начальник отдела, д.т.н.**

**Хомяков В.А.**

**От.исполнитель-  
Старший инженер**

**Жамек Н.**

**Согласовано:**

**Директор Центра  
Научно-исследовательской и  
инновационной деятельности, к.т.н.**

**Лапин В.А.**

**Алматы 2016 г.**

## Введение

В настоящее время возникает необходимость более широкого использования технологий разработанных в высокоразвитых странах Западной Европы, Северной Америки и Азии. В частности, в Федеративной Республике Германия разработана современная и технологичная конструкция бурозавинчиваемых винтовых свай «KRINNER», которая получила всеобъемлющее признание во всём мире. Однако широкое их применение в Казахстане сдерживается отсутствием нормативных документов по их использованию.

Основным преимуществом бурозавинчиваемых винтовых свай «KRINNER» является конструкция таких свай. Многовитковая свая имеет конусообразный тянутый ствол с кованым наконечником, на котором расположена многовитковая спираль. Лопастей малых диаметров делают такую сваю похожей на обычный саморез по дереву. Принцип работы у такой винтовой сваи весьма схож с саморезом - конусный ствол раздвигает и уплотняет грунт, а малый диаметр лопастей позволяет вворачивать сваю с небольшими усилиями. За счет того, что спираль сваи «KRINNER» имеет большое количество витков, конусный ствол плотно фиксируется в уплотненном грунте. В результате этого несущая способность такой сваи существенно повышается.

В Казахстан бурозавинчиваемые винтовые сваи поставляются ТОО "KRINNER-Казахстан", являющемся генеральным дистрибьютором группы компаний Krinner Schraubfundamente GmbH. Это единственная в Казахстане компания, занимающаяся поставкой оригинальных винтовых свай, произведенных в Германии или в странах Евросоюза.

Настоящие Рекомендации разработаны в дополнение и развитие глав действующих нормативных документов в сейсмических районах СНиП РК 5.01-03-2002 «Свайные фундаменты» [1], СНиП РК 2.03-30-2006 «Строительство в сейсмических районах» [2], МСП 5.01-101-2002 "Проектирование и устройство свайных фундаментов" [3].

В Рекомендациях отражены конструктивные решения бурозавинчиваемых винтовых свай «KRINNER» и их виды, технология изготовления, а также основные вопросы проектирования в различных инженерно-геологических условиях.

В сваях «KRINNER» удачно сочетаются преимущества забивных и буронабивных свай. При ввинчивании свай «KRINNER» в грунтовый массив, грунт не выбуривается на поверхность, а уплотняется вокруг сваи. За счет формирования уплотненной зоны и включения в работу околосвайного пространства повышается их несущая способность. Благодаря малому диаметру лопастей свай «KRINNER», они ввинчиваются в грунтовый массив с небольшими усилиями. Ввинчивание свай в грунтовый массив без применения динамических нагрузок позволяют их применять практически в любых условиях городской застройки, рядом с любыми объектами.

Рекомендации разработаны АО "КазНИИСА" на основании изучения и анализа опыта применения таких свай в странах Евросоюза, Северной и Латинской Америки, Австралии, Африки, Японии, Кореи, ОАЭ и России, а также собственных натуральных испытаний в различных грунтовых условиях. Натурные испытания выполнены не только на статические вдавливающие и выдергивающие усилия, но и знакопеременные

горизонтальные нагрузки, аналогично сейсмическим воздействиям. Знакопеременные горизонтальные нагрузки создавались при действии вертикальных статических нагрузок. Знакопеременные горизонтальные нагрузки были как статическими, так и вибродинамическими.

## 1. Общие данные

1.1. Многовитковые винтовые сваи, они же - бурозавинчиваемые сваи, они же - сваи типа «KRINNER». Современная технологичная конструкция вышеназванных многовитковых винтовых свай изначально была разработана и запатентована изобретателем Клаусом Криннером, основателем и владельцем немецкой компании KRINNER Schraubfundamente GmbH. По прошествии всего двадцати лет данная технология с большим успехом стала применяться во всех высокоразвитых странах, а сами винтовые сваи «KRINNER» зарекомендовали себя, как самые надежные, высококачественные и технологичные винтовые сваи на мировом рынке.

Инновационная идея, внешний вид, технические решения, инженерная конструкция, технология производства и товарный знак винтовых свай «KRINNER» запатентованы в Германии изобретателем Клаусом Криннером (более 100 международных патентов на изобретение).



Фото.1.1. Общий вид бурозавинчиваемых винтовых свай «KRINNER»

1.2. Винтовые сваи «KRINNER» не нуждаются в проведении бетонных, земляных, а также других работ. В связи с этим не требуется время ожидания готовности фундамента

для нагрузки. Сваи KRINNER являются экологичными сваями, предоставляющие возможность снизить негативное влияние на окружающую среду.

1.3. В течение нескольких минут сваи «KRINNER» вкручиваются в грунт. Этот процесс схож с тем, как саморез закручивается в дерево посредством шуруповерта или отвертки.

1.4. Очередное преимущество технологии винтовых свай «KRINNER» в том, что фундамент при необходимости можно будет в любой момент вывернуть из земли. Далее его можно перенести и завинтить в другом месте с целью последующего использования.

1.5. Как проходит монтаж винтовых свай:

- для монтажа винтовых свай «KRINNER» длиной меньше 1000мм. и диаметрами 55мм. - 76мм. используют ручную установку с помощью специального ключа и штанги;



Фото 1.2.



Фото 1.3.

- для монтажа винтовых свай «KRINNER» длиной 1000мм. – 2100мм. и диаметрами 76мм. – 89мм. используют ручную установку с помощью специальной электрической машинки KR E 20 Ground Screw Driver-Z1 (Фото 1.4.);



Фото 1.4.

- для монтажа винтовых свай «KRINNER» длиной более 2100мм. и диаметрами 89мм. – 140мм. используют механизированную установку с помощью специальной самоходной техники: KRD-55 (Фото 1.7.), специальных насадок на экскаваторы: KRB-40, KRB-60 и KRB-90. (Фото 1.5. и 1.6.) соответственно.



Фото 1.5.



Фото 1.6.



Фото 1.7.

## 2. Конструкция многовитковых свай KRINNER

2.1. Многовитковая свая обычно имеет конусообразный ствол, на котором расположена многовитковая спираль. Лопастей малых диаметров делают такую сваю похожей на обычный саморез по дереву. Принцип работы у такой винтовой сваи весьма схож с саморезом - конусный ствол раздвигает и уплотняет грунт, а малый диаметр лопастей позволяет вворачивать сваю с небольшими усилиями. За счет того, что спираль сваи «KRINNER» имеет большое количество витков, плотно фиксирующихся в уплотненном грунте, несущая способность такой сваи очень высока.

2.2. Оголовок сваи Криннер может иметь различные исполнения - в виде фланца, кронштейна для крепления деревянных конструкций или замка для механизированного вворачивания.



Рис.2.1 Конструкция бурозавинчиваемой винтовой сваи «KRINNER»

### 3. Возможности применения винтовых свай «KRINNER»

3.1. Благодаря уникальности технологии «KRINNER» практические возможности ее применения – безграничны, а именно:

- при необходимости установленный фундамент можно быстро демонтировать и перенести в новое место;
- не требуют трудоёмких работ по подготовке строительной площадки, связанной с выемкой и обратной засыпкой грунта, рекультивации почвы;
- для устройства фундамента по технологии «KRINNER» требуется в десять раз меньше рабочих при этом скорость его возведения увеличивается в те же десять раз;
- установка винтовых свай «KRINNER» возможна круглый год при любых погодных условиях;
- обеспечивается возможность строительства объектов в труднодоступных местах, на сложных грунтах, в ограниченном пространстве;
- отсутствие строительного мусора на объекте – установка винтовых свай «KRINNER» производится без земляных и бетонных работ, не требует применения дополнительных и расходных строительных материалов, дополнительной техники и необходимости в их подвозе;
- возможность сохранности ландшафта или облагороженной территории – в большинстве случаев установка производится ручным электрическим инструментом, либо средствами малой механизации;
- возможность монтажа винтовых свай «KRINNER» в закрытых помещениях;
- после устройства фундамента с использованием передовой технологии «KRINNER», его сразу же можно подвергнуть несущей нагрузке в отличие от фундамента, устроенного с использованием традиционной технологии заливки бетона. Опытным путём, с проведением хронометража, было установлено, что такая, казалось бы, тривиальная задача, как установка указателей, дорожных знаков, рекламных щитов, информационных стендов и билбордов обычно требует много времени из-за технологического требования к набору прочности бетона. Самый качественный раствор набирает прочность 75 процентов за 10-14 дней (минимум для основания несущих конструкций), однако строительная практика рекомендует начинать нагружать основания бетонных фундаментов, когда все внутренние процессы в фундаменте закончатся, а это 20-25 дней при наличии положительных температур не ниже +5°C. В более холодных условиях не обойтись без дополнительных присадок и станций прогрева, а срок все равно

превысит указанный период. С технологией Krinner - рекламный щит или указатель устанавливается в течение 120 минут;

3.3. Создание фундамента с применением технологии Krinner для любых целей будь то: дом, баня, павильон, офис, кафе, футбольная трибуна, детская площадка, логистический склад, торговый центр, гараж, навес, ограждение, фонари освещения, опоры под ЛЭП, пешеходные мосты и переходы, парники и теплицы, элементы ландшафта, причалы, пирсы и буи, нефте и газопроводы, ветрогенераторы и солнечные панели, укрепление и стабилизация грунтов (сыпучие склоны, ползущий грунт) и т.д. - простое, безопасное, надёжное и экономически оправданное решение.

3.4. Независимо от качества почвы, глубины промерзания и ее влажности, уровня сейсмичности, фундамент прослужит столько, сколько простоит сама конструкция.

3.5. Винтовые сваи «KRINNER» возможно применять на самых непростых видах грунта. Поэтому при грамотном выборе винтовой сваи «KRINNER» не будет никаких сомнений в надежности и долговечности фундамента, устроенного с применением технологии «KRINNER».

#### **4. Преимущества винтовых фундаментов**

4.1. Возведение свайно-винтового фундамента «KRINNER» не требует земляных работ.

4.2. Возможность установки винтовой сваи «KRINNER» на подвижных, обводненных, сложных грунтах, на склонах и вблизи больших деревьев, в «неудобных» местах участка, в труднодоступных местах, на неровном, не раскорчеванном от пней участке или, наоборот, на ухоженном газоне.

4.3. К объекту, на винтовых сваях «KRINNER», легко можно пристроить новые сооружения.

4.4. Небольшие сроки строительства – от одного дня, а одна винтовая свая KRINNER может быть установлена за несколько минут.

4.5. Готовность свайно-винтового фундамента «KRINNER» к эксплуатации сразу же после его устройства (не требует усадки).

4.6. Экономия при использовании винтовых фундаментов «KRINNER» составляет до 20%, в сравнении с традиционным бетонированием.

4.7. Отсутствует строительный мусор на месте установки свайно-винтового фундамента «KRINNER».

4.8. Технология позволяет планировать инженерные коммуникации параллельно со строительством дома.

4.9. Установить винтовые сваи «KRINNER» можно без изменения рельефа выбранного для строительства участка.

4.10. Установить винтовые сваи «KRINNER» можно в любое время года и при любой погоде.

4.11. Срок эксплуатации, заявляемый немецкой компанией производителем KRINNER Schraubfundamente GmbH составляет не менее 100-120 лет.

## **5. Описание технологии изготовления свай «KRINNER»**

5.1. Винтовая многovitковая свая «KRINNER» представляет собой кованый корпус в форме конуса, на который приварена стальная спираль особой конфигурации. Конструкции винтового фундамента предполагают различные варианты крепления строительных материалов при малоэтажном строительстве.

5.2. Винтовые сваи «KRINNER» могут быть установлены не только на земле, на песчаных или торфяных грунтах, на участках с высоким уровнем грунтовых вод, а также на участках с неравномерным ландшафтом. Представляя собой достойную альтернативу бетону, винтовые сваи «KRINNER» соответствуют требованиям малоэтажного строительства по прочности и надежности, не требуя дополнительного бетонирования. Установка производится средствами малой механизации, либо электроинструментом в труднодоступных для техники местах. Кроме того, существует возможность самостоятельной установки винтовых свай заказчиком с помощью рычажного ключа.

5.3. В настоящее время заводом изготовителем Krinner Schraubfundamente GmbH (Германия) производится восемь типов винтовых свай которые маркируются сериями: E, F, G, K, M, U, V и X максимальным диаметром в 140мм. И длиной 3500мм. В отдельных случаях заводом производителем, по индивидуальному заказу, могут быть изготовлены винтовые сваи длиной до 6500мм.

## **6. Оборудование и монтаж**

6.1. Технология установки винтовых свай «KRINNER» имеет несколько этапов:

6.2. Выбор типа и разработка плана поля винтового фундамента на объекте

6.3. На данном этапе рассчитывается общая масса строения как сумма всех нагрузок, действующих на фундамент, с учетом общего веса конструктива сооружения, снеговой и полезной нагрузки в зависимости от назначения и области расположения. Затем в зависимости от общей массы сооружения, характеристик грунта и других факторов подбирается типоразмер винтовых свай и рассчитывается их оптимальное количество с учетом всех показателей. Результатом первого этапа является чертеж плана поля винтового фундамента.

### **Разметка и установка винтового фундамента на строительном участке**

6.4. В соответствии с общим проектом застройки и плана поля фундамента на строительной площадке делается разметка мест установки винтовых свай. С соблюдением требований технологии «KRINNER» и конструктивных особенностей сооружения винтовые сваи вкручиваются в грунт. Это происходит за счет самонарезающей спирали



свай, которая при вкручивании уплотняет грунт, обеспечивая высокую надежность установки.

### **Монтаж строения**

6.5. На фланцы винтового фундамента устанавливается обвязочная балка (ростверка), на которую монтируются стены и кровля строения, либо стойки конструкции вставляются в полость фундамента, выравниваются вертикально и фиксируются. При необходимости, в зависимости от назначения сооружения и геодезических характеристик участка возможно устройство и отделка цоколя.

6.6. Бурозавинчиваемые винтовые сваи «KRINNER» устанавливаются при помощи специальных механизмов. Время инсталляции занимает несколько минут.

В настоящее время винтовые сваи «KRINNER» активно используются строительными компаниями по всему миру, где часто возникают проблемы со слабыми, песчаными, просадочными, болотистыми, промерзающими грунтами или наоборот твердыми, крупновалунными, скальными грунтами. Применение винтовых свай «KRINNER» на сложных грунтах является одним из наиболее надежных и, главное, экономически выгодных решений!

## **7. Контрафактные винтовые сваи и риски их применения**

По имени изобретателя Клауса Криннера винтовые сваи стали называть сваи «KRINNER», а само название компании Krinner стало нарицательным. Справедливости ради нужно заметить, что в настоящее время появился целый ряд компаний, производящих многовитковые винтовые сваи внешне и конструктивно очень похожие на оригинальные сваи «KRINNER».

Сваи этой конструкции выпускают в Южной Корее (компания ACG), Китае и Российской Федерации.

В Казахстан оригинальные бурозавинчиваемые винтовые сваи «KRINNER» поставляются только ТОО «KRINNER Казахстан».

1.3. Остановимся более подробно на том, чем же отличаются оригинальные винтовые сваи «KRINNER» от контрафактных изделий аналогичного внешнего вида, конструктива и назначения:

- Во первых, согласно политике группы компаний Krinner Schraubfundamente GmbH, являющейся единоличным обладателем прав на изготовление винтовых свай, в целях соблюдения технологического процесса производства, контроля за применением в производстве только высококачественных материалов и поддержания исключительного качества выпускаемой продукции, за 20 лет производства винтовых свай, технология их производства, товарный знак и авторские права никому не продавались и тем более не передавались;

- Во вторых, винтовые сваи Krinner изготовлены из высокотехнологичной Крупновской стали S-355 (сталь конструкционная низколегированная, для сварных конструкций), в то время как контрафакт изготовлен из стали типа Ст3пс (сталь

конструкционная углеродистая обыкновенного качества) цена которой на мировом рынке в разы ниже стоимости стали S-355;

- В третьих, низколегированные стали, из которых изготовлены оригинальные винтовые сваи «KRINNER», в сравнении с углеродистыми сталями, из которых изготавливаются контрафактные винтовые сваи, даже высокого качества, обладают рядом неоспоримых преимуществ. Главными из которых являются повышенная прочность (основной показатель – предел текучести: S-355 – 532Мпа, Ст3пс – 245Мпа) и малая склонность к хрупким разрушениям (низкий порог хладноломкости);

- В четвёртых, стандарт горячего оцинкования изделий DIN EN ISO 1461, на который ссылаются изготовители и их торговые представители, применим только для производителей Евросоюза, но никак не для производителей Южной Кореи, Китая и Российской Федерации.

### **Как отличить оригинальную винтовую сваю от контрафакта?**

1. Контрафакт опытный бригадир может определить даже по весу. Немецкая свая тяжелее за счет веса прочной трехмиллиметровой конструкционной низколегированной стали. Китайские и российские копии производят из конструкционной углеродистой стали обыкновенного качества.
2. У немецких свай сварной шов ровный, толщиной почти в пять миллиметров. Такого можно добиться только при автоматической сварке. У контрафактных свай толщина сварного шва редко превышает полутора миллиметров и визуально видно, что варена в ручную, в лучшем случае на полуавтомате.
3. Разница в отборе материалов и технологии изготовления видна и в цене, а позже скажется и на эксплуатации дома. Подделки изготавливают исключительно для быстрой продажи, поэтому лабораторные технические испытания для них никто, конечно, не проводит.

Между тем, идея применения винтовых фундаментов состоит в грамотных расчетах статистической и динамической нагрузок, качестве материала сваи, профессионально разработанного конструктива, а также сопротивления металла агрессивным воздействиям грунта.

При установке винтовой сваи она может наткнуться на такие препятствие как: камень, корень дерева и другие, спираль в грунте испытывает колоссальные нагрузки. Контрафактная винтовая свая быстро деформируются, а в большинстве случаев происходит отрыв спирали, а без нее винтовая свая опорой для конструкции не является. Потребуется замена, и скорее всего, не одна. А если отрыв обнаружен поздно, то конструкция в этом месте почти наверняка проседает и будет деформирована.

Как правило, контрафактные винтовые сваи стоят очень недорого. Проще говоря, за сколько делают, за столько и продают. Но как только начнутся настоящие испытания для фундамента, такая экономия перестанет быть экономной.

Учитывая тот факт, что винтовая свая станет опорой дома, строения, конструкции и т.д. необходимо учитывать, что её стоимость не может быть низкой в силу целого ряда причин таких как: стоимость металла из которого она изготовлена, стоимость технологической линии на которой она изготавливается, стоимость квалифицированной

рабочей силы и труда целого коллектива конструкторов и инженеров, разрабатывающих конструктив винтовой сваи и испытывающих её в лабораторных и полевых условиях.

**Натурные испытания винтовых свай «KRINNER» не только подтвердили значения несущих нагрузок, представленных заводом производителем, но показали значения превосходящие заводские на 100%, а в некоторых случаях и на все 150%!!!**

Таким образом, АО "КазНИИСА", основываясь на результатах научных исследований, натурных испытаний и математических расчётах статических и динамических нагрузок бурозавинчиваемых свай «KRINNER», рекомендует их повсеместное применение в промышленном и гражданском строительстве, благоустройстве населённых пунктов и территорий, энергетике, строительстве дорог и путепроводов, строительстве малоэтажных и временных жилых и не жилых строений, строительстве: домов, бань, павильонов, офисов, кафе, футбольных трибун, концертных и детских площадок, логистических складов и центров, торговых центров и супермаркетов, гаражей, навесов, ограждений, фонарей освещения, опор под ЛЭП, пешеходных мостов и переходов, парников и теплиц, элементов ландшафта, причалов, пирсов и буев, нефте и газопроводов, ветрогенераторов и солнечных панелей, укрепления и стабилизации грунтов (сыпучие склоны, ползущий грунт), но не ограничиваясь вышеперечисленным, на всей территории Республики Казахстан, включая сейсмические районы.

## 2. Определение несущей способности бурозавинчиваемой сваи «KRINNER»

При определении несущей способности бурозавинчиваемой сваи «KRINNER» были использованы винтовые сваи, имеющие нижеперечисленные физико-химические свойства и параметры:

- винтовая свая изготовлена из высокотехнологичной Крупновской стали S-355 (сталь конструкционная низколегированная, для сварных конструкций);
- предел текучести стали S-355 – механическая характеристика материала, характеризующая напряжение при котором деформации продолжают расти без увеличения нагрузки:  $\sigma_T$  – **532 МПа**;
- внешние параметры винтовой сваи: длина и диаметр тела – 2100x76мм. соответственно;
- толщина стенки тела винтовой сваи и фланца: 3 и 8мм. соответственно;
- вес винтовой сваи – 16кг.;
- ширина и толщина спирали – 12 и 2,5мм. соответственно;
- межвитковое расстояние – 50мм.;
- длина спирали относительно длины всей винтовой сваи (в пропорции) – не менее 2/3;
- винтовая свая оцинкована по стандарту горячего оцинкования изделий DIN EN ISO 1461. После двадцати циклов монтажа и демонтажа винтовой сваи в различные типы грунтов и её испытания на статические и динамические нагрузки – цинковое покрытие осталось не повреждённым.

2.1 При проектировании свайных фундаментов в сейсмических районах кроме требований СНиП РК 5.01-03-2002 «Свайные фундаменты», следует соблюдать также требования СНиП РК 2.03-30-2006 «Строительство в сейсмических районах».

При этом в дополнение к материалам инженерных изысканий для проектирования свайных фундаментов должны быть использованы данные сейсмического микрорайонирования площадки строительства.

2.2 Свайные фундаменты зданий и сооружений рассчитываются по двум предельным состояниям. При проектировании свайных фундаментов в сейсмических районах основным является проектирование по первой группе. При проектировании свайных фундаментов они должны рассчитываться на особое сочетание нагрузок. При этом необходимо предусматривать:

а) определение несущей способности сваи «KRINNER» на сжимающую и выдергивающую нагрузки в соответствии с требованиями подраздела 7.2 МСП 5.01-101-2002;

б) проверку устойчивости грунта по условию ограничения давления, передаваемого на грунт боковыми поверхностями свай "KRINNER", в соответствии с требованиями приложения "Д" МСП 5.01-101-2002;

в) расчет свай по прочности материала на совместное действие расчетных усилий (продольной силы, изгибающего момента и поперечной силы), значения которых определяют в соответствии с приложением "Д" МСП 5.01-101-2002 в зависимости от расчетных значений сейсмических нагрузок.

При указанных в подпунктах "а"- "в" расчетах должны выполняться также

требования, приведенные в 12.3-12.8 МСП 5.01-101-2002.

2.3 Учитывая конструктивную особенность бурозавинчиваемой сваи «KRINNER» (свая имеет ярко выраженную коническую форму с литым кованым наконечником), при которой коэффициент опирания конца сваи на грунты практически равен нулю, при проектировании свайных фундаментов в сейсмических районах, условие, при котором опирание конца свай следует предусматривать на скальные, крупнообломочные грунты, пески плотные и средней плотности и глинистые грунты с показателем текучести  $I_L \leq 0,5$ , следует не принимать во внимание при производстве расчётов.

2.4 Глубина погружения свай в грунт, воспринимающих выдергивающие или горизонтальные нагрузки, должна быть не менее 3,0 м.

2.5 При проектировании свайных фундаментов в сейсмических районах, сопротивление грунта  $f_i$  на боковой поверхности сваи "KRINNER" до расчетной глубины  $h_d$  (12.4) следует принимать равным нулю.

2.6 Расчетную глубину  $h_d$ , до которой не учитывают сопротивление грунта на боковой поверхности сваи "KRINNER", рекомендуется определять по [формуле \(12.1\) МСП 5.01-101-2002](#), но принимают не более  $3/\alpha_\varepsilon$ :

$$h_d = \frac{a_1(H + \alpha_\ell \cdot a_3 \cdot M)}{b_p \left( \frac{a_2}{\alpha_\ell} \cdot \gamma_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + C_1 \right)}, \quad (2.1)$$

где  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  - безразмерные коэффициенты, равные соответственно 1,5; 0,8 и 0,6 при высоком ростверке и для отдельно стоящей сваи, 1,2; 1,2 и 0 - при жесткой заделке сваи в низкий ростверк;

$H$ ,  $M$  - расчетные значения соответственно горизонтальной силы, кН, и изгибающего момента, кН х м, приложенных к свае в уровне поверхности грунта при особом сочетании нагрузок с учетом сейсмических воздействий;

$\alpha_\varepsilon$  - коэффициент деформации, 1/м, определяемый по [приложению Д МСП 5.01-101-2002](#);

$b_p$  - условная ширина сваи, м, определяемая по [приложению Д МСП 5.01-101-2002](#);

$\gamma_1$  - расчетное значение удельного веса грунта, кН/м<sup>3</sup>, определяемое в водонасыщенных грунтах с учетом взвешивающего действия воды;

$\varphi_1$  и  $c_1$  - расчетные значения соответственно угла внутреннего трения грунта, град., и удельного сцепления грунта, кПа.

Расчетные значения соответственно угла внутреннего трения грунта  $\varphi_1$  и удельного сцепления грунта  $c_1$ , следует принимать уменьшенными для расчетной сейсмичности 7 баллов - на 2°, 8 баллов - на 4°, 9 баллов - на 7°.

2.7 Несущую способность бурозавинчиваемой сваи "KRINNER" на вдавливание  $F_d$ , кН, в сейсмических районах следует определять по формуле

$$F_d = \gamma_c \cdot (\gamma_{cR} \cdot \gamma_{eq1} \cdot \gamma_{eq3} \cdot R \cdot A + u \sum \gamma_{cf} \cdot \gamma_{eq2} \cdot f_i \cdot h_i), \quad (2.2)$$

где  $\gamma_c$  - коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый равным 1;

$R$  - расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа, определяемое по формуле (2.1), умножив на коэффициент условий работы  $\gamma_{eq3} = 0,9$  (т.к. приведенная длина сваи  $l < 3$ );

$A$  - площадь поперечного сечения ствола сваи, брутто, м<sup>2</sup>;

$u$  - периметр поперечного сечения ствола сваи, м;

$f_i$  - расчетное сопротивление  $i$ -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, кПа, принимаемое по таблице 2;

$h_i$  - толщина  $i$ -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м;

$\gamma_{cR}$  - коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи, принимаемый равным 0,8;

$\gamma_{cf}$  - коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности сваи, принимаемый равным 1,1 при завинчивании сваи с поверхности грунта в ненарушенный грунтовый массив; равным 0,8 - при завинчивании сваи в разрыхленный предварительным бурением грунтовый массив и равным 0,6 - при завинчивании сваи в лидерную скважину;

$\gamma_{rq1}$  - коэффициент условий работы грунта основания под острием сваи, принимаемый по табл. (по табл.12.1 МСП 5.01-101-2002);

$\gamma_{eq2}$  - коэффициент условий работы грунта основания по боковой поверхности сваи, принимаемый по табл.2.1 (по табл.12.1 МСП 5.01-101-2002).

Таблица 2.1

Рас- чет- ная сейс- мич- ность пло- щадки, баллы	Коэффициент условий работы $\gamma_{eq1}$ для корректировки значений $R$ при грунтах						Коэффициент условий работы $\gamma_{eq2}$ для корректировки значений $f_i$ при грунтах				
	пески плотные		пески средней плотности		глинистые грунты при показателе текучести		пески плотные и средней плотности		глинистые грунты при показателе текучести		
	маловлаж- ные и влажные	насыщен- ные водой	мало-вла- жные и влажные	насыщен- ные водой	$I_L < 0$	$0 \leq I_L \leq 0,5$	маловлаж- ные и влажные	насыщен- ные водой	$I_L < 0$	$0 \leq I_L \leq 0,5$	$0,75 \leq I_L \leq 1,0$
7	1	0,9	0,95	0,8	1		0,95	0,9	0,95	0,85	0,75
8	0,9	0,8	0,85	0,7	0,95	0,9	0,85	0,8	0,9	0,8	0,7
9	0,8	0,7	0,75	-	0,9	0,85	0,75	0,7	0,85	0,7	0,6

#### Примечания

1. Значения  $\gamma_{eq1}$  и  $\gamma_{eq2}$ , указанные над чертой, относятся к забивным сваям, под чертой - к набивным.

2. Значения коэффициентов  $\gamma_{eq1}$  и  $\gamma_{eq2}$  следует умножать на 0,85, 1,0 или 1,15 для зданий и сооружений, возводимых в районах с повторяемостью 1, 2, 3 соответственно (кроме транспортных и гидротехнических).

3. Несущую способность свай-стоек, опирающихся на скальные и крупнообломочные грунты, определяют без введения дополнительных коэффициентов условий работы  $\gamma_{eq1}$  и  $\gamma_{eq2}$ .

2.8 Расчетное сопротивление грунта под нижним концом бурозавинчиваемой сваи следует определять по формуле

$$R = \alpha_1 \cdot c_1 + \alpha_2 \cdot \gamma_1 \cdot h, \quad (2.3)$$

где  $\alpha_1, \alpha_2$  - безразмерные коэффициенты, принимаемые по таблице 9 в зависимости от расчетного угла внутреннего трения грунта  $\varphi_1$ , основания сваи;

$c_1$  - расчетное значение удельного сцепления грунта основания сваи, кПа;

$\gamma_1$  - осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, кН/м<sup>3</sup>, залегающих выше нижнего конца сваи (при водонасыщенных грунтах с учетом взвешивающего действия воды);

$h$  - глубина погружения сваи, м.

2.9 Несущую способность бурозавинчиваемой сваи "KRINNER"  $F_{du}$ , кН, на выдергивающие нагрузки в сейсмических районах следует определять по формуле

$$F_{du} = \gamma_c \cdot \left( u \sum \gamma_{cf} \cdot \gamma_{eq2} \cdot f_i \cdot h_i \right), \quad (2.4)$$

где  $\gamma_c$  - коэффициент условий работы сваи в грунте (для свай, погружаемых в грунт на глубину менее 4 м,  $\gamma_c = 0,6$ , на глубину 4 м и более  $\gamma_c = 0,8$  - для всех зданий и сооружений, кроме опор воздушных линий электропередачи, для которых коэффициент условий работ принимают в соответствии с разделом 13 МСП 5.01-101-2002;

$u$  - периметр поперечного сечения ствола сваи, м;

$f_i$  - расчетное сопротивление  $i$ -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, кПа, принимаемое по таблице 2;

$h_i$  - толщина  $i$ -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м;

$\gamma_{cf}$  - коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности сваи, принимаемый равным 0,8 при завинчивании сваи с поверхности грунта в ненарушенный грунтовый массив; равным 0,6 - при завинчивании сваи в разрыхленный предварительным бурением грунтовый массив и равным 0,6 - при завинчивании сваи в лидерную скважину;

$\gamma_{eq2}$  - коэффициент условий работы грунта основания по боковой поверхности сваи, принимаемый по табл.2.1 (по табл.12.1 МСП 5.01-101-2002).

2.10 Несущая способность бурозавинчиваемой сваи "KRINNER"  $F_{eq}$ , кН, работающей на вертикальную сжимающую и выдергивающую нагрузки, по результатам полевых испытаний должна определяться с учетом сейсмических воздействий по формуле

$$F_{eq} = k_{eq1} \cdot k_{eq2} \cdot F_d, \quad (2.5)$$

где  $k_{eq1}$  - коэффициент, учитывающий снижение несущей способности сваи при сейсмических воздействиях, связанный с изменением напряженного состояния грунта окружающего сваю при прохождении сейсмической волны;

$k_{eq2}$  - коэффициент, учитывающий снижение несущей способности сваи за счет знакопеременных горизонтальных нагрузок от сейсмического воздействия (раскачивания сооружения);

$F_d$  - несущая способность сваи, кН, определенная по результатам статических или по данным статического зондирования грунта в соответствии с [подразделом 7.3 МСП 5.01-101-2002](#) (без учета сейсмических воздействий).

Для бурозавинчиваемых свай "KRINNER" рекомендуется принимать нижеследующие значения коэффициента  $k_{eq1}$  в зависимости от интенсивности сейсмического воздействия по таблице 2.2.

Таблица 2.2

Расчетная сейсмичность площадки, баллы	Значение коэффициента $k_{eq1}$
7	0,95
8	0,875
9	0,85
10	0,75

Примечание: Значения коэффциента  $k_{eq1}$  могут быть откорректированы  $k_{eq1}$  по мере накопления экспериментальных данных.

Значение коэффициента  $k_{eq2}$  зависит от скорости колебания фундамента. Значение коэффициента  $k_{eq2}$  рекомендуется принимать уменьшающимся от единицы пропорционально скорости колебания фундамента

$$k_{eq2} = 1 - \frac{2 \cdot \pi \cdot \alpha \cdot A}{T}, \quad (2.6)$$

где  $\alpha$  - показатель, зависящий от состояния грунта;

для глинистых грунтов рекомендуется принимать значение показателя  $\alpha$  в зависимости от показателя текучести  $I_L$   $\alpha=0,01+0,02I_L$ ;

для песчаных грунтов в зависимости от плотности: для песков средней плотности 0,02, для плотных 0,05.

$A$  - амплитуда горизонтальных колебаний верха свай, см, определяемая как его статическое перемещение от расчетных сейсмических нагрузок;

$T$  - период собственных горизонтальных колебаний здания в рассматриваемом направлении, с.

Примечание 1 - Расчет свай в просадочных и набухающих грунтах на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмических воздействий должен производиться при природной влажности, если замачивание грунта невозможно, и при полностью водонасыщенном грунте, имеющем показатель текучести, определяемый по формуле (9.1) МСП 5.01-101-2002, если замачивание грунта возможно.

**Примечание 2** - Расчет свай на сейсмические воздействия не исключает необходимости выполнения их расчета в соответствии с разделами 9-11 МСП 5.01-101-2002.

### 3. Расчет горизонтального перемещения бурозавинчиваемой сваи "KRINNER"

3.1 Расчет бурозавинчиваемой сваи по деформациям на совместное действие вертикальной и горизонтальной сил и момента следует выполнять в соответствии с приложением "Д" МСП 5.01-101-2002.

Расчет производят отдельно для связных и несвязных грунтов по несущей способности и по деформациям.

3.2 Расчет должен быть обеспечено выполнение условий (3.1) и (3.2) [или (4.50) и (4.51) МСП 5.01-101-2002]:



$$F_h \leq H_k \quad (3.1)$$

$$\Delta_r \leq S_{np} \quad (3.2)$$

где  $F_h$  - расчетная горизонтальная нагрузка на куст свай, кН;  
 $H_k$  - расчетное сопротивление куста свай, определяемое по формуле (3.6), кН;  
 $\Delta_r$  - расчетное горизонтальное перемещение сваи в уровне подошвы ростверка, м;  
 $S_{np}$  - предельно допустимое значение горизонтального перемещения сваи, устанавливаемое в техническом задании, м.

4.8.3 При расчете свай в связных грунтах определяют:

1) Несущую способность свай на горизонтальную нагрузку  $H$ , кН, в зависимости от прочности ствола сваи на изгиб по формуле

$$H = c_u d^2 \beta_c \quad (3.3)$$

где  $c_u$  - расчетное среднее значение не дренированного сопротивления грунта сдвигу, для участка от поверхности грунта до глубины  $10d$ , кПа;

$d$  - диаметр ствола сваи, м;

$\beta_c$  - безразмерный коэффициент прочности ствола сваи, определяемый по таблице 4.22 **МСП 5.01-101-2002** в зависимости от безразмерного показателя  $m_c$  и вида заделки головы сваи

$$m_c = M_p / c_u d^3 \quad (3.4)$$

где  $M_p$  - расчетный изгибающий момент ствола сваи, кН·м, определяемый в зависимости от размера и армирования сваи; для стандартных железобетонных забивных свай, с учетом вертикальной нагрузки на сваю при ее наличии;

$c_u$  и  $d$  - то же, что и в формуле (3.3).

2) Перемещение головы сваи  $u_k$ , м, определяется по формуле

$$u_k = \frac{I_{uf}}{E_s d} H \quad (3.5)$$

где  $H$  - то же, что и в формуле (3.3);

$I_{uf}$  - коэффициент перемещения головы сваи, зависящий от отношения  $E_p/E_s$  и определяемый по таблице 4.23 **МСП 5.01-101-2002**.

3) Расчетное сопротивление куста свай при жесткой заделке сваи в ростверк рекомендуется определять по формуле

$$H_k = H_n K_{BB} \quad (3.6)$$

где  $H$  - то же, что и в формуле (3.3);

$n$  - число свай;

$K_{BB}$  - безразмерный коэффициент взаимодействия свай, приведенный в таблице 4.24 **МСП 5.01-101-2002**.

4.8.4 При расчете свай в несвязных грунтах определяют:

1) Несущую способность сваи на горизонтальную нагрузку в зависимости от прочности ствола сваи на изгиб по формуле

$$H = k^2_p \gamma_1 d^3 \beta_n \quad (3.7)$$

где  $k_p$  - коэффициент пассивного бокового давления грунта, равный  $k = (1 + \sin\varphi)/(1 - \sin\varphi)$ ;

$\gamma_1$  - расчетное значение удельного веса грунта (при водонасыщенных грунтах с учетом взвешивающего действия воды), кН/м<sup>3</sup>;

$\beta_n$  - безразмерный коэффициент, определяемый по таблице 4.25 МСП 5.01-101-2002 в зависимости от безразмерного показателя  $m_n$ , вычисляемого по формуле

$$m_n = M_p/k_p^2 \gamma_1 d^4. \quad (3.8)$$

$M_p$  - то же, что и в формуле (3.4).

2) Перемещение головы заделанной сваи рекомендуется определять по формуле (3.5).

3) Расчетное сопротивление куста свай  $H_k$ , кН, рекомендуется определять по формуле (3.6) с использованием таблицы 24 МСП 5.01-101-2002.

4.8.5 Горизонтальное перемещение  $\Delta_r$ , м, группы заделанных свай в уровне подошвы ростверка в связных и несвязных грунтах определяют по формуле

$$\Delta_r = R_F H_{av} \rho_{h1}, \quad (3.9)$$

где  $R_F$  - коэффициент перемещения свай с заделанными головами, определяемый по формуле (3.10);

$H_{av}$  - средняя нагрузка на сваю в группе, кН;

$\rho_{h1}$  - горизонтальное перемещение одиночной сваи со свободной головой, м/кН, при единичной нагрузке ( $H=1$ ), определяемое по формуле (3.11);

$$R_F = 1/K_{BB}, \quad (3.10)$$

где  $K_{BB}$  - то же, что и в формуле (3.3);

$$\rho_{h1} = I_{up}/E_s d, \quad (3.11)$$

где  $I_{up}$  - коэффициент перемещения головы свободной сваи, зависящий от  $E_p/E_s$  и определяемый по таблице 23 МСП 5.01-101-2002.

Пользуясь формулой (3.11), следует определять такое среднее расчетное сопротивление сваи в кусте  $H_{av}$ , при котором обеспечивается выполнение требований по перемещениям (3.1) и (3.5), а также обеспечивается необходимый запас по несущей способности сваи  $H_{av} < H$ : в связных грунтах - по формуле (3.2), в несвязных грунтах - по формуле (3.7).

4.8.6 Не дренированное сопротивление глинистого грунта сдвигу  $c_u$ , кПа, следует определять по лабораторным испытаниям (ГОСТ 12248) или в зависимости от расчетных значений характеристик дренированного сдвига  $\varphi_1$  и  $c_1$  (ГОСТ 12248) по формуле

$$c_u = \frac{c_1 \operatorname{ctg} \varphi_1}{\operatorname{ctg} \varphi_1 + \varphi_1 - \frac{\pi}{2}} k_c, \quad (3.12)$$

где  $k_c$  - поправочный коэффициент, определяемый в зависимости от  $c_{10}$  по таблице 3.5.

При наличии данных статического зондирования возможно также определение не дренированного сопротивления сдвигу  $c_u$  в зависимости от сопротивления конусу  $q_c$  по формуле

$$c_u = q_c / 20. \quad (3.13)$$

При этом значение  $q_c$ , кПа, принимают средним для рассматриваемого расчетного участка сваи: при расчете на горизонтальную нагрузку - от поверхности до глубины  $10d$ , при определении сопротивления под нижним концом сваи - на участке  $1d$  выше и  $4d$  ниже подошвы сваи.

В практических расчетах рекомендуется принимать меньшее значение  $c_u$  из определенных по формулам (3.12) и (3.13).

**Таблица 3.1 - Коэффициент  $\beta_c$**

Свая	Коэффициент $\beta_c$ при $m_c$ , равном						
	2	4	10	20	40	100	200
С заделанной головой	5,1	7,9	12,7	20,7	32,4	51,3	77,1
Со свободной головой	4,1	5,9	8,9	13,9	21,2	34,7	55,6

**Таблица 3.2 - Коэффициент перемещения головы сваи**

$E_p/E_s$	100	1000	10000
$I_{uf}$	0,35	0,23	0,14
$I_{up}$	0,50	0,35	0,24

Здесь  $E_p$  и  $E_s$  - соответственно модули упругости сваи и деформации грунта, кПа;  $E_s$  принимают равным среднему значению от поверхности до глубины  $10d$ .

**Таблица 3.3 - Значение коэффициента  $K_{BV}$**

Число свай $n$	Значение коэффициента $K_{BV}$ при расстоянии между сваями $a$ , равном			
	$3d$	$4d$	$5d$	$6d$
4	0,68	0,71	0,80	0,86
9	0,59	0,62	0,71	0,78
16	0,47	0,57	0,65	0,74
20	0,45	0,55	0,64	0,73

**Таблица 3.4 - Коэффициент  $\beta_n$**

Свая	Коэффициент $\beta_n$ при $m_n$ , равном							
	2	4	10	20	40	100	200	400
С заделанной головой	3,3	4,2	6,5	9,1	13,5	23,6	36,5	56,9
Со свободной головой	1,6	2,5	4,8	7,4	11,8	21,9	34,8	55,2

**Таблица 3.5 -  $k_c$  - поправочный коэффициент**

$c_1$ , кПа	20	25	30	35	40
$k_c$	1,2	1,4	1,9	2,2	2,5

#### **4. Конструирование фундаментов из бурозавинчиваемых свай "KRINNER"**

3.1 Учитывая конструктивную особенность бурозавинчиваемой сваи «KRINNER» (свая имеет ярко выраженную коническую форму с литым кованым наконечником), при которой коэффициент опирания конца сваи на грунты практически равен нулю, при проектировании свайных фундаментов в сейсмических районах, условие, при котором опирание конца свай следует предусматривать на скальные, крупнообломочные грунты, пески плотные и средней плотности и глинистые грунты с показателем текучести  $I_L \leq 0,5$ , следует не принимать во внимание при производстве расчётов.

3.2 Заглубление в грунт свай в сейсмических районах должно быть не менее 2/3 длины бурозавинчиваемой сваи, а при наличии в основании нижних концов свай водонасыщенных песков средней плотности на всю длину сваи.

Допускается уменьшение заглубления свай при соответствующем обосновании, полученном в результате полевых испытаний свай имитированными сейсмическими воздействиями.

3.3 Бурозавинчиваемые сваи "KRINNER" в органо-минеральных, органических и просадочных грунтах следует применять с полной прорезкой вышеуказанных грунтах.

3.4 Бурозавинчиваемой сваи "KRINNER" не следует применять на подрабатываемых территориях, геологически неустойчивых площадках (на которых имеются или могут возникать оползни, сели, карсты и т.п.) и на площадках, сложенных нестабилизированными грунтами.

3.5 Толщина стенки бурозавинчиваемых свай должна проверяться расчетом на прочность при передаче на трубу максимального крутящего момента, развиваемого механизмом, используемым для погружения свай.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. СНиП РК 5.01-03-2002 «Свайные фундаменты»
2. СНиП РК 2.03-30-2006 «Строительство в сейсмических районах».
3. МСП 5.01-101-2002 "Проектирование и устройство свайных фундаментов. Астана 2002 г.