

АО «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ГИДРОТЕХНИКИ имени Б.Е. ВЕДЕНЕЕВА»

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Методика расчета грунтовых анкеров типа JLD

СТО ВНИИГ П 96-2015

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ 2015

УТВЕРЖДАЮ

Д.о. генерального директора

АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»

В. Б. Глаговский

» _____ 2015 г.



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Методика расчета грунтовых анкеров типа JLD

СТО ВНИИГ П 96-2015

Введен впервые

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения Стандарта организации – ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники имени Б.Е. Веденеева»

2 ВНЕСЁН Отделом «Статика и динамика сооружений и оснований» АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»

3 ПРИНЯТ И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ Приказом АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева» от 10.07.2015 № 157.

4 ВВЕДЁН ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева».

СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения	5
2 Нормативные ссылки	6
3 Определения и обозначения	7
4 Общие положения	9
5 Проектирование анкеров	11
5.1 Общие указания	11
5.2 Расчёт по прочности материала	12
5.3 Расчёт несущей способности анкера по грунту основания.....	13
6. Методы испытания анкеров	18
6.1 Общие указания	18
6.2 Методика проведения пробных испытаний на выдергивающую нагрузку.....	18
6.3 Методика проведения контрольных и приемочных испытаний.....	22
6.4 Упрощенный метод проведения приемочных испытаний	23
Приложение А (справочное) Номенклатура и конструкция головок анкеров JLD	24
Приложение Б (справочное) Методика испытания анкеров по европейскому стандарту EN 1537-2009	29
Приложение В (рекомендуемое) Методика учета взаимного влияния анкеров при их близком расположении	44
Библиография	45

ВВЕДЕНИЕ

Стандарт организации АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева» «Методика расчета грунтовых анкеров типа JLD» (далее – Стандарт) разработан в соответствии с требованиями Федерального закона от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Стандарт является нормативным техническим документом, устанавливающим требования по методике расчета несущей способности анкеров типа JLD, согласующиеся с требованиями российских и международных стандартов.

Стандарт дополняет требования в области его применения, изложенные в стандартах ВСН 506-88, СП 22.13330.2011, СП 24.13330.2011, СП 101.13330.2012.

При разработке Стандарта использованы положения следующих нормативных документов: ВСН 506-88, СП 24.13330.2011, EN 1537-2009.

Применение Стандарта совместно с другими стандартами позволяет обеспечить снижение рисков принятия необоснованных технических решений по использованию анкеров типа JLD при проектировании крепления сооружений.

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящий Стандарт организации распространяется на методику расчета несущей способности анкеров типа JLD, технологию установки, испытания, правила контроля качества и приемки анкеров типа JLD, применяемых при строительстве объектов гидротехнического, промышленного и гражданского строительства.

Грунтовые анкера типа JLD могут применяться для крепления:

- подпорных стен, оползневых склонов, набережных, причальных стенок и других гидротехнических сооружений;
- шпунтовых стен котлованов и траншей, грунтовых откосов;
- защит из ячеистых бетонов и габионов на крутых склонах для предотвращения эрозии берегов водоемов, рек и каналов;
- несущих стен тоннелей;
- георешеток, дорожного полотна;
- трубопроводов, днищ доков, опускных колодцев и других оснований подземных сооружений от всплытия;
- растяжек мачтовых сооружений.

Стандарт распространяется на методы расчета несущей способности анкера типа JLD в целом по грунту и материалу и не распространяется на методы расчета общей устойчивости сооружения и методы определения расчетной нагрузки на анкер.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем стандарте организации использованы нормативные ссылки на следующие нормативные документы:

СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. Минрегион России. – М.: ОАО ЦПП, 2011.

СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83. Минрегион России. – М.: ОАО ЦПП, 2011.

СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 11-23-81. М.: Минрегион России. 2011

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

СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96.

СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.7-85*. Минрегион России. – М.: ОАО "ЦПП", 2011.

СП 45.13330.2012 Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87. М.: Минрегион России, 2012.

СП 101.13330.2012 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.07-87. – М.: Минрегион России, 2012.

ГОСТ 19912-2012 Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием. М.: Стандартиформ, 2013.

ГОСТ 20522-2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. М.: Стандартиформ, 2013.

ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация. М.: Стандартиформ, 2013.

ГОСТ 27751-2014 "Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения".

Примечание - При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

В настоящем Стандарте организации использованы следующие термины с соответствующими определениями:



Рисунок 1 – Основные конструктивные элементы анкера JLD

3.1 **головка** – часть анкера, передающая нагрузку от тяги на грунт;

3.2 **тяга** – составной элемент анкера, передающий нагрузку от оголовка на головку анкера;

3.3 **оголовок** – составной элемент анкера, передающий нагрузку от закрепляемого элемента сооружения или грунта на анкерную тягу;

3.4 **грунтовый анкер JLD** – металлическое быстро устанавливаемое самораскрывающееся устройство для передачи растягивающих нагрузок от закрепляемой конструкции на несущие слои грунта.

Анкера JLD (рисунок 1) изготавливаются из вязкой стали с глубоким цинковым покрытием поверхности и состоят из трех основных элементов: головки анкера (1); соединительной муфты в виде проушины на оси, проходящей через головку анкера (2); ввинчиваемого в муфту стержня с накатной резьбой – анкерной тяги (3); опорной куполообразной пластины или плиты с гайкой, представляющей собой оголовок анкера (4).

3.5. **пробные (исследовательские) испытания** – испытания под нагрузкой для определения предельного сопротивления грунта в зоне закрепления и характеристик анкера в диапазоне рабочей нагрузки, проводимые с целью установления принципиальной пригодности способа анкерования и приемлемости выбранной конструкции анкера.

3.6. **контрольные испытания** – испытания, проводимые с целью установления соответствия фактической несущей способности анкера расчетной нагрузке.

3.7. **приемочные испытания** – испытания, проводимые с целью проверки соблюдения критериев приемки несущей способности каждого установленного анкера.

Буквенные обозначения

P_w – расчетная рабочая нагрузка на анкер – усилие, передаваемое на анкер при наиболее неблагоприятной комбинации внешних нагрузок на закрепляемую конструкцию, определенная с учетом предварительного натяжения анкера.

P_a – расчетная предельно допустимая нагрузка на анкер, определенная из расчета прочности элементов анкера (тяги, узлов крепления).

P_d – расчетная предельно допустимая нагрузка на анкер, определенная из условия обеспечения несущей способности по грунту.

P_u – расчетная разрушающая нагрузка на анкер, определенная из расчета прочности элементов анкера (тяги, узлов крепления).

$P_{u,n}$ – разрушающая нагрузка на анкер, определенная из испытаний прочности анкера.

F_d – несущая способность анкера по грунту основания.

F_u – частное значение несущей способности анкера по результатам полевых испытаний.

$F_{u,n}$ – нормативное значение несущей способности анкера, определяемое по результатам испытания анкеров статической нагрузкой.

R_s – предельное сопротивление грунта (удельное) над головкой анкера.

P_t – нагрузка, вызывающая напряжения в тяге, равные пределу текучести материала тяги.

P_p – предельная испытательная нагрузка.

P_o – начальная нагрузка на анкер во время испытаний.

P_k – предельная нагрузка, вызывающая потерю несущей способности по грунту.

$P_{кр}$ – предельная нагрузка, при которой не возникает больших остаточных деформаций анкера.

P_c – предельная нагрузка анкера, соответствующая коэффициенту ползучести 2 мм.

P_6 – блокировочная нагрузка, равная усилию закрепления анкера на конструкции после проведения испытаний.

K_s – коэффициент ползучести, характеризующий деформацию анкера в грунте при постоянной нагрузке.

Δl – перемещения оголовка анкера

Δl_y – упругие перемещения оголовка анкера.

Δl_s – остаточные перемещения оголовка анкера.

A – площадь несущей поверхности головки анкера.

d – приведенный диаметр головки анкера (диаметр круга, равного по площади несущей поверхности головки анкера).

γ_g – коэффициент надежности по грунту.

γ_c – коэффициент условий работы.

γ_n – коэффициент надежности по назначению сооружения.

γ_m – коэффициент надежности по материалу.

γ_k – коэффициент надежности анкера.

β_I – коэффициент перехода от q_s к R_s .

q_s – среднее значение сопротивления грунта под наконечником зонда.

c_{ul} – расчетное значение сопротивления недренированному сдвигу.

c_I – расчетное значение удельного сцепления грунта.

φ_I – расчетное значение угла внутреннего трения грунта.

γ_I – осредненное расчетное значение удельного веса грунтов.

4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1 При проектировании и устройстве грунтовых анкеров JLD необходимо пользоваться, кроме настоящего Стандарта, нормативными документами, перечисленными в разделе 2.

4.2 Типы выпускаемых анкеров JLD и их характеристики приведены в справочном приложении Б.

4.3 Установка анкеров JLD производится в несколько (6 - 7) этапов: погружение анкера в грунт, приведение его в рабочее положение, испытание анкера под нагрузкой, предварительное натяжение и закрепление оголовка анкера на сооружении.

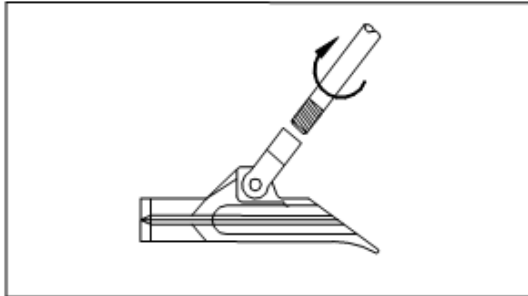
Этапы погружения и приведения анкера JLD в рабочее положение показаны на рисунке 2.

4.4 После погружения анкера на проектную глубину он остается в невзведенном положении. В таком положении анкер выдерживается в течение 8 - 24 часов для релаксации грунта, нарушенного при погружении, после чего анкер взводится возрастающей нагрузкой до величины $1,1P_w$. Далее нагрузку с анкера снимают. Повторное нагружение анкера (испытание) следует выполнять на ранее, чем через 10-15 мин после его взведения.

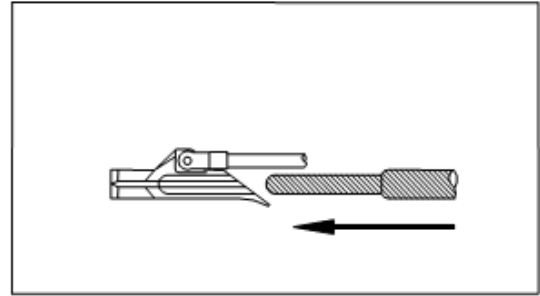
4.5 Несущая способность каждого анкера должна быть проверена до включения его в работу совместно с закрепляемой конструкцией путем проведения контрольных или приемочных испытаний на максимальную испытательную нагрузку. Оценка пригодности анкеров должна производиться путем сравнения результатов контрольных испытаний с показателями, полученными при пробных испытаниях и результатов приемочных испыта-

ний с контрольными. В случае отсутствия результатов пробных испытаний оценка пригодности производится путем сравнения результатов приемочных испытаний с показателями, принятыми в проекте.

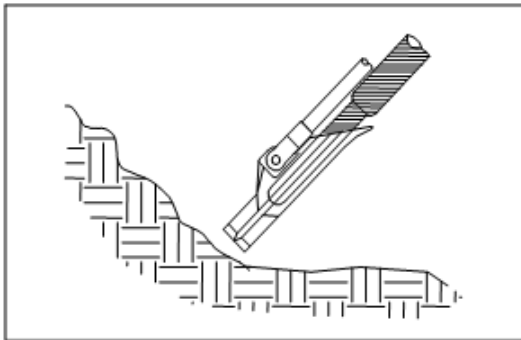
4.6 По окончании контрольных или приемочных испытаний анкер должен быть закреплен на конструкции под блокировочной нагрузкой.



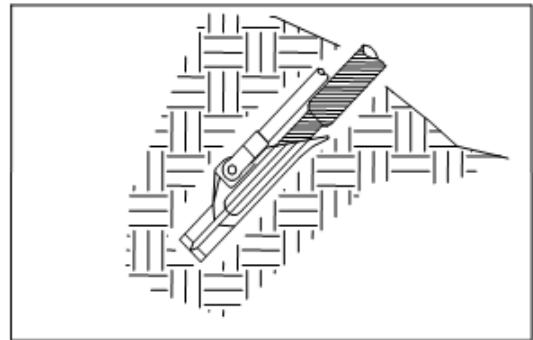
1. Завинчивание анкерной тяги в анкер



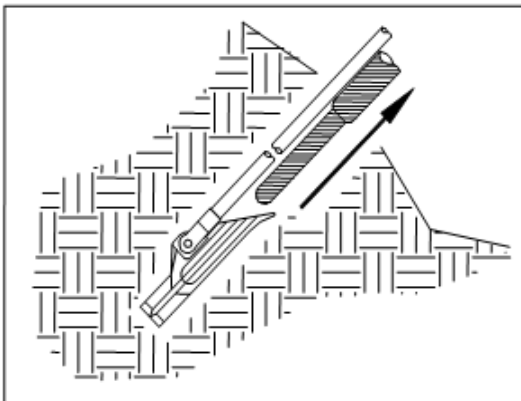
2. Установка толкателя в анкер



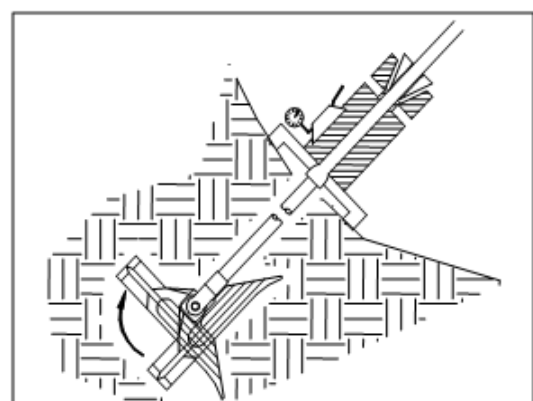
3. Позиционирование анкера и направление его под требуемым углом



4. Погружение анкера на нужную глубину с помощью вибрационного устройства



5. Извлечение анкерного толкателя



6. Использование специального домкрата для приведения анкера в рабочее положение и измерения нагрузки на анкере

Рисунок 2 – Этапы установки анкера JLD

5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ АНКЕРОВ

5.1 Общие указания

5.1.1 При проектировании грунтовых анкеров должен быть составлен список подлежащих рассмотрению предельных состояний. Указанный список может включать следующие предельные состояния:

- отказ анкера вследствие избыточной растягивающей нагрузки;
- отказ анкера вследствие воздействия поперечных сил, скручивания оголовка анкера или коррозии;
- потеря анкерного усилия вследствие чрезмерного смещения оголовка анкера или вследствие ползучести или релаксации;
- отказ или чрезмерная деформация частей строительной конструкции вследствие приложенного анкерного усилия.

5.1.2 Оптимальное положение и длину анкеров в грунте подбирают в процессе расчета устойчивости системы "закрепленное сооружение-грунт-анкер".

5.1.3 Выбор типа и размеров анкера должен осуществляться с учётом значений и направления действия нагрузок на закрепляемое сооружение, а также технологии строительства сооружения.

5.1.4 Число анкеров и их размеры следует назначать из условия максимального использования прочности материала анкера и грунтов основания при расчётной нагрузке, допускаемой на анкер.

5.1.5 Глубина заложения головки анкера от уровня планировки должна быть не менее $5d$ в глинистых грунтах и не менее $6d$ - в песках (где d - приведенный диаметр головки).

5.1.6 При установке анкеров следует иметь в виду, что необходимая глубина погружения анкера должна быть больше проектной длины анкера на величину запаса, требуемую для приведения анкера в рабочее положение (для раскрытия анкера и перемещения с уплотнением грунта перед ним).

Величину запаса, требуемую для приведения анкера в рабочее положение, рекомендуется принимать не менее двух длин головки анкера.

5.1.7 При проектировании крепления анкерами JLD необходимо соблюдать условие ограничения минимального расстояния между головками анкеров. Расстояние между анкерами в зоне их закрепления в грунте должно быть не менее 1,5 м. При меньших расстояниях между оголовками анкеров следует обеспечивать предельное расстояние между заделками, изменяя наклон анкеров или их длину.

5.1.8 При расстоянии между анкерами менее $8d$, следует учитывать взаимное влияние анкеров. Рекомендуемая методика учета взаимного влияния анкеров при их близком расположении приведена в Приложении В.

5.1.9 Расстояние от головки анкера до фундаментов примыкающих зданий или канализационных систем должно быть не менее 3 м.

5.1.10 Для обеспечения надежности крепления расчетная рабочая нагрузка на анкер P_w не должна превышать наименьшей из двух величин:

- 1) расчетной предельной нагрузки P_a , определяемой из расчета прочности элементов анкера (тяги, узлов крепления) и
- 2) расчетной предельной нагрузка P_d , определяемой исходя из условий обеспечения несущей способности грунтов основания,

$$P_w \leq \min\{P_a, P_d\} \quad (5.1)$$

5.1.11 Величина расчетной выдергивающей нагрузки P_w определяется на основе расчета системы "закрепленное сооружение-грунт-анкер" по двум группам предельных состояний (по устойчивости и деформациям) с учетом результатов инженерных изысканий на площадке. При определении усилия P_w , передающегося на анкер, должны использоваться расчетные величины нагрузок, действующих на сооружение.

5.2 Расчёт по прочности материала

5.2.1 Расчетная предельная нагрузка на анкер P_a по условию обеспечения прочности элементов анкера (тяги, узлов крепления) вычисляется исходя из условия:

$$P_a = \frac{\gamma_c P_u}{1,3\gamma_n} \quad (5.2)$$

где P_u - расчетная разрушающая нагрузка на анкер, кН, принимаемая в зависимости от типа анкера согласно ТУ 1690-003-94576516-2014 [5] (Приложении А);

γ_c - коэффициент условий работы анкера. Учитывая, что разрушающая нагрузка на анкер определялась на основе испытаний анкеров на разрыв, коэффициент условий работы анкеров, воспринимающих растягивающее усилие, допускается принимать равным $\gamma_c = 1,0$;

γ_n - коэффициент надежности по назначению сооружения, принимаемый в соответствии с нормами проектирования конкретных видов сооружений.

5.3 Расчёт несущей способности анкера по грунту основания

5.3.1 Расчетная предельная нагрузка на анкер P_d по условию обеспечения несущей способности грунтов основания определяется исходя из условия:

$$P_d = \frac{F_d}{\gamma_n \gamma_k} \quad (5.3)$$

где F_d – несущая способность анкера по грунту основания.

γ_n - то же, что в пункте 5.2.1;

γ_k - коэффициент надежности, принимаемый равным:

1,2 - если несущая способность анкера определена по результатам полевых испытаний статической нагрузкой;

1,25 - если несущая способность анкера определена расчетом по результатам статического зондирования грунта;

1,4 - если несущая способность анкера определена расчетными методами.

5.3.2 Несущую способность анкеров типа JLD следует определять преимущественно полевыми методами. Состав и объем полевых испытаний анкеров следует назначать в соответствии с требованиями настоящего раздела и раздела 6. При отсутствии результатов полевых испытаний на предварительных этапах проектирования допускается оценивать несущую способность расчетными методами, приведенными в данном разделе Стандарта.

Определение несущей способности анкеров по результатам полевых испытаний

5.3.3 Несущая способность анкеров в полевых условиях может быть определена следующими методами: пробными статическими испытаниями анкеров и испытаниями грунтов статическим зондированием.

5.3.4 Пробные испытания анкеров статической нагрузкой следует производить, соблюдая требования раздела 6 настоящего Стандарта, а испытания грунтов статическим зондированием - согласно ГОСТ 19912.

5.3.5 Несущую способность F_d анкеров по результатам их пробных испытаний выдергивающей статической нагрузкой следует определять по формуле

$$F_d = \gamma_c F_{u,n} / \gamma_g, \quad (5.4)$$

где γ_c - коэффициент условий работы анкера; в случае выдергивающих нагрузок γ_c принимают равным: $\gamma_c = 0,6$ - для анкеров, погружаемых на глубину менее 4 м; $\gamma_c = 0,8$ - для анкеров, погружаемых на 4 м и более;

$F_{u,n}$ - нормативное значение предельного сопротивления анкера, кН, определяемое в соответствии с 5.3.6 и разделом 6 настоящего Стандарта;

γ_g - коэффициент надежности по грунту, принимаемый по указаниям п.5.3.6.

5.3.6 В случае если число одинаковых анкеров, испытанных в одинаковых грунтовых условиях, составляет менее шести, нормативное значение предельного сопротивления анкера в формуле (5.5) следует принимать равным наименьшему предельному сопротивлению, полученному из результатов испытаний, т.е. $F_{u,n} = F_{u,min}$, а коэффициент надежности по грунту $\gamma_g = 1$.

В случае если число анкеров, испытанных в одинаковых условиях, составляет шесть и более, $F_{u,n}$ и γ_g следует определять на основании результатов статистической обработки частных значений предельных сопротивлений анкеров F_u , полученных по данным пробных испытаний, руководствуясь требованиями ГОСТ 20522 при значении доверительной вероятности $\alpha = 0,95$. При этом для определения частных значений предельных сопротивлений выдергиванию следует руководствоваться требованиями раздела 6.

Примечание - При специальном обосновании допускается проведение пробного испытания одного анкера в месте, имеющем наиболее неблагоприятные условия на участке строительства.

5.3.7 В качестве частного значения предельного сопротивления F_u выбирают величину предельной несущей способности анкера по грунту P_k , предельную нагрузку $P_{кр}$ или предельную нагрузку ползучести грунта P_c в зависимости от требований проекта закрепляемого сооружения.

5.3.8 Несущую способность F_d анкера, работающего на выдергивающую нагрузку, по результатам испытаний грунтов статическим зондированием следует определять по формуле

$$F_d = \frac{\gamma_c \sum_{i=1}^n F_u}{n \gamma_g}, \quad (5.5)$$

где γ_c - коэффициент условий работы анкера, $\gamma_c = 1$;

n - число точек зондирования;

F_u - частное значение предельного сопротивления анкера, кН, в точке зондирования, определяемое в соответствии с требованиями п. 5.3.10;

γ_g - коэффициент надежности по грунту, устанавливаемый в зависимости от изменчивости полученных частных значений предельного сопротивления анкера F_u и числа этих точек при значении доверительной вероятности $\alpha = 0,95$ в соответствии с требованиями ГОСТ 20522.

5.3.9 В случае, если число точек зондирования на участке, с одинаковыми грунто-

выми условиями, составляет менее шести, отношение $\frac{\sum_{i=1}^n F_u}{n}$ в формуле (5.5) следует принимать равным наименьшему предельному сопротивлению, полученному по формуле (5.6) $F_u = F_{u,min}$, а коэффициент надежности по грунту $\gamma_g = 1$.

5.3.10 Частное значение несущей способности анкера в точке зондирования следует определять по формуле:

$$F_u = R_s \cdot A \quad (5.6)$$

где R_s - предельное сопротивление грунта над несущей поверхностью головки анкера по данным зондирования в рассматриваемой точке, кПа;

A - площадь несущей поверхности головки анкера, м².

Сопротивлением грунта на боковой поверхности анкерной тяги при оценке несущей способности анкера JLD пренебрегают.

5.3.11 Предельное сопротивление грунта над головкой анкера по данным зондирования грунта в рассматриваемой точке следует определять по формуле

$$R_s = \beta_1 q_s \quad (5.7)$$

где β_1 - коэффициент перехода от q_s к R_s , принимаемый по таблице 5.1 в зависимости от среднего значения сопротивления грунта над наконечником зонда;

q_s - среднее значение сопротивления грунта, кПа, под наконечником зонда в рабочей зоне, принимаемой равной диаметру головки анкера d (где d - диаметр круга равного по площади несущему элементу (головке) анкера, м).

Таблица 5.1

Среднее значение сопротивления грунта q_s , кПа	Коэффициент перехода β_1 от q_s к R_s для анкеров при выдергивающей нагрузке
≤1000	0,40
2500	0,38
5000	0,27
7500	0,22
10 000	0,19
15 000	-
20 000	-
≥30 000	-

Примечание: Для анкеров в песчаных грунтах, насыщенных водой, значения коэффициента β_1 должны быть уменьшены в 2 раза

Определение несущей способности анкеров расчетными методами

5.3.12 Расчет несущей способности анкера по грунту может быть выполнен методом численного моделирования разрушения основания или с использованием приведенных ниже эмпирических зависимостей.

5.3.13 При численном моделировании разрушения основания напряженно-деформированное состояние (НДС) системы «анкер – основание» следует определять по нелинейным моделям грунта, дающим статически допустимые (удовлетворяющие условиям прочности и уравнениям равновесия) поля напряжений. Параметры нелинейных моделей грунта назначаются по нормативным значениям деформационных и расчетным значениям прочностных характеристик грунтов основания.

Для численного моделирования разрушения при расчете НДС системы постепенно увеличивают действующую на анкер нагрузку. О наступлении разрушения при таких расчетах следует судить по моменту резкого роста расчетных смещений или отсутствию сходимости итерационного процесса решения нелинейной задачи.

5.3.13 Для численных расчетов допускается использование двумерных расчетных схем в предположении осевой симметрии или плоской деформации.

Для осесимметричной модели головка анкера представляется диском с приведенным диаметром d .

При моделировании по схеме плоской деформации рассматривается сечение вдоль короткой стороны головки анкера, а трение по ее торцам не учитывается.

5.3.14 Для анкера JLD, погруженного в связный грунт, расчетное значение несущей способности по грунту допускается определять из следующего эмпирического соотношения [4]:

$$F_d = 10c_{ul}A \quad (5.8)$$

где: c_{ul} - расчетное значение сопротивления недренированному сдвигу, кПа, определяемое в соответствии с указаниями раздела 5 СП 22.13330.2011.

Коэффициент надежности по грунту при вычислении расчетного значения c_{ul} устанавливаются в зависимости от изменчивости характеристики и числа определений при значении доверительной вероятности $\alpha=0,95$ в соответствии с требованиями ГОСТ 20522.

5.3.15 Несущую способность по грунту F_d анкера с приведенным диаметром головки $d \leq 1,2 м$ и длиной $l \leq 10 м$ допускается определять по формуле:

$$F_d = \gamma_c(\alpha_1 c_l + \alpha_2 \gamma_l h_l)A \quad (5.9)$$

где γ_c - коэффициент условий работы, зависящий от вида нагрузки, действующей на анкер, и грунтовых условий и определяемый по таблице 5.2.

α_1, α_2 - безразмерные коэффициенты, принимаемые по таблице 5.3 в зависимости от расчетного значения угла внутреннего трения грунта в рабочей зоне φ_1 (под рабочей зоной понимается прилегающий к головке слой грунта толщиной, равной d);

c_1 - расчетное значение удельного сцепления грунта в рабочей зоне, кПа;

γ_1 - осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих выше головки анкера (при водонасыщенных грунтах с учетом взвешивающего действия воды), кН/м³;

h_1 - глубина залегания головки анкера от поверхности грунта, м;

A - площадь несущей поверхности головки анкера, м².

Таблица 5.2

Грунт	Коэффициент условий работы γ_c анкеров при нагрузках	
	выдергивающих	знакопеременных
<i>1 Глины и суглинки:</i>		
а) твердые, полутвердые и тугопластичные	0,7	0,7
б) мягкопластичные	0,7	0,6
в) текучепластичные	0,6	0,4
<i>2 Пески и супеси:</i>		
а) пески маловлажные и супеси твердые	0,7	0,5
б) пески влажные и супеси пластичные	0,6	0,4
в) пески водонасыщенные и супеси текучие	0,5	0,3

Таблица 5.3

Расчетное значение угла внутреннего трения грунта в рабочей зоне φ_1 , град.	Коэффициенты	
	α_1	α_2
13	7,8	2,8
15	8,4	3,3
16	9,4	3,8
18	10,1	4,5
20	12,1	5,5
22	15,0	7,0
24	18,0	9,2
26	23,1	12,3
28	29,5	16,5
30	38,0	22,5
32	48,4	31,0
34	64,9	44,4

6. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ АНКЕРОВ

6.1 Общие указания

6.1.1 Испытания анкеров типа JLD рекомендуется выполнять по методике, принятой для грунтовых анкеров в РФ [1]. Основные положения этой методики, адаптированные для грунтовых анкеров типа JLD, изложены в настоящем разделе. Допускаются испытания анкеров JLD по методике европейского стандарта EN 1537-2009 [3]. Положения этой методики, относящиеся к анкерам рассматриваемого типа, приведены в справочном приложении Б.

6.1.2 Грунтовые анкеры JLD могут подвергаться трем видам испытаний. К ним относятся: пробные испытания, контрольные и приемочные испытания. Для сооружений I уровня ответственности следует проводить все три вида испытаний.

6.1.3 Пробные испытания следует проводить с целью окончательного выбора типа и конструкции анкеров, отвечающих требованиям проекта в части несущей способности, надежности, долговечности, условиям строительства и стоимости.

6.1.4 До начала испытаний анкеров на выдергивающую нагрузку измерительная аппаратура и натяжные устройства должны быть аттестованы.

6.1.5 Контрольные испытания на выдергивающую нагрузку производятся для анкеров, установленных на сооружении, по укороченной программе пробных испытаний с целью установления несущей способности и надежности используемых анкеров в сравнении с опытными анкерами, испытанными при пробных испытаниях.

6.1.6 Приемочным испытаниям следует подвергать все анкера, кроме подвергнутых контрольным испытаниям, вне зависимости от уровня ответственности сооружения.

6.2 Методика проведения пробных испытаний на выдергивающую нагрузку

6.2.1 Пробные полевые испытания анкеров на выдергивание проводят, как правило, на месте строительства, располагая заделку в грунтовых слоях, намеченных проектом. Отклонение углов наклона анкеров от проектных, как правило, не должно быть более 5°.

6.2.2 Количество анкеров, подвергаемых пробным полевым испытаниям на выдергивание, следует принимать в зависимости от общего количества устанавливаемых анкеров по проекту в каждом слое грунта в следующей пропорции: 1,5% (но не менее 3 шт.) для временных анкеров, и 2% (но не менее 3 шт.) – для постоянных.

Не менее чем 2 анкера, подвергаемых пробным испытаниям на выдергивание, следует доводить до разрушения с целью установления предельной нагрузки, соответствующей

щей потере несущей способности по грунту. Для осуществления этих испытаний следует увеличить сечение тяги по сравнению с проектными значениями с тем, чтобы не допустить разрушение тяги до достижения предельной несущей способности по грунту.

6.2.3 При проведении пробных полевых испытаний на выдергивание следует зафиксировать гидрогеологические и грунтовые условия на месте испытания.

6.2.4 Пробные испытания следует проводить в две серии ступенчато возрастающей нагрузкой, начиная с $P_0 = 0,2 P_p$. Диапазон нагрузок между P_0 и P_p следует разбивать на шесть ступеней P_i . Выдержка во времени на каждой ступени нагрузки в первой серии испытаний принимается равной Δt , во второй серии – $10\Delta t$.

После выдержки нагрузки на каждой ступени производят разгрузку до величины P_0 , при которой измеряют упругие (Δl_y) и остаточные перемещения (Δl_s). При следующей ступени нагружения следует регистрировать перемещения оголовка анкера на каждой промежуточной ступени нагрузки.

6.2.5 Значения Δt следует принимать: для несвязных грунтов, а также связных с показателем текучести $I_L < 0 - 15$ мин, для связных грунтов при значениях $0 \leq I_L \leq 1 - 180$ мин.

6.2.6 Перемещения оголовка анкера Δl следует измерять через 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30..., Δt (или $10\Delta t$) мин после достижения заданной нагрузки для данной ступени.

6.2.7 После выдержки на последней ступени нагрузки ее снижают до P_0 , измеряют упругие и остаточные перемещения оголовка анкера и, не менее чем для 2 опытных анкеров, нагрузку доводят до разрушающей, увеличивая нагрузку после P_p ступенями по 0,1 P_p . Для остальных опытных анкеров доводят нагрузку до значения 1,1 P_0 и закрепляют анкер на опорной конструкции.

6.2.8 По результатам испытаний определяют: предельную несущую способность анкера по грунту P_k ; упругие Δl_y и остаточные Δl_s перемещения; предельную нагрузку $P_{кр}$; коэффициент ползучести K_s ; предельную нагрузку ползучести грунта P_c .

По графику зависимости между нагрузкой и перемещением (рисунок 3) определяют величины P_k , Δl_y и Δl_s .

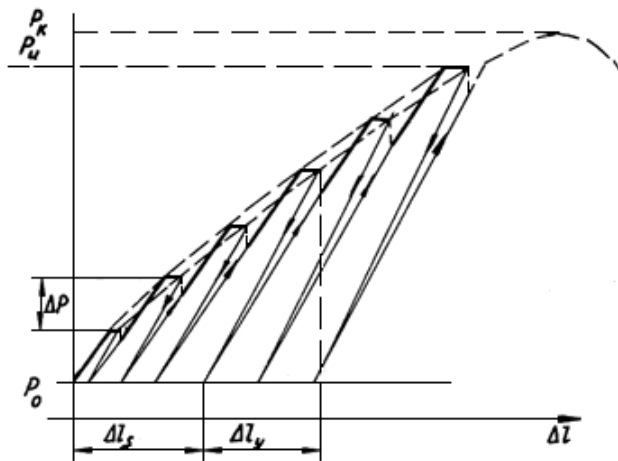


Рисунок 3 – График зависимости между нагрузкой и перемещением анкера при пробных испытаниях

6.2.9 Для определения $P_{кр}$ строят графики зависимостей между величиной Δl , достигнутой за время Δt и $10\Delta t$, и нагрузкой на анкер (рисунок 4). Предельную нагрузку $P_{кр}$ принимают наименьшей из двух величин $P_{кр}^I$ и $P_{кр}^2$, полученных соответственно при первой и второй сериях испытаний.

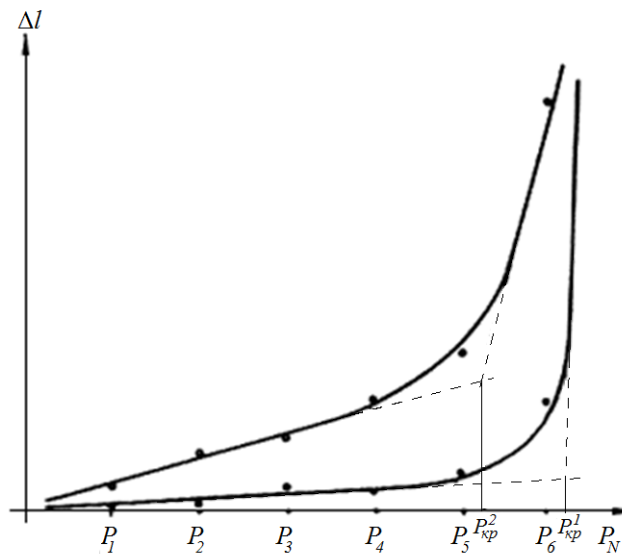


Рисунок 4 – График зависимости между относительным перемещением и нагрузкой на анкер

6.2.10 Коэффициент ползучести определяют по формуле

$$K_s = (\Delta l_{t1} - \Delta l_{t2}) / \lg(t_2/t_1) \quad (12)$$

где Δl_{t1} и Δl_{t2} – перемещения тяги анкера за периоды времени t_1 и t_2 соответственно (рисунок 5).

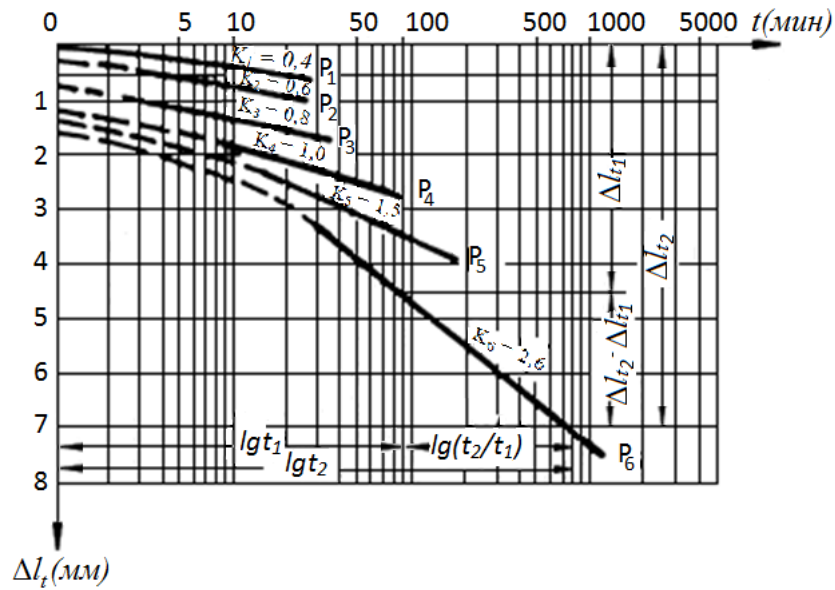


Рисунок 5 – График зависимости деформаций во времени для определения коэффициента ползучести

6.2.11 Предельную нагрузку P_c , при которой коэффициент ползучести K_s равен 2 мм, определяют по графику (рисунок 6), у которого по оси абсцисс откладываются ступени нагрузок, а по оси ординат – соответствующие им коэффициенты ползучести (в мм).

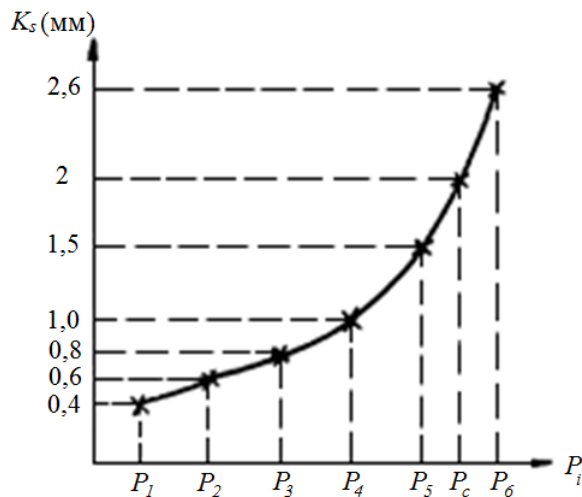


Рисунок 6 – График зависимости между коэффициентом ползучести и нагрузкой на анкер

6.2.12 В особо ответственных случаях, например, для сооружений, в которых не допускается значительное смещение ограждающих стен, закрепленных постоянными грунтовыми анкерами из-за ползучести грунта, или если вблизи строящегося объекта расположены здания, деформация которых недопустима, следует проводить более длительные пробные испытания анкеров.

При этих испытаниях после закрепления анкера на опорной конструкции фиксируются блокировочная нагрузка по динамометру и начальное положение опорной конструкции относительно неподвижной точки с помощью теодолита. Блокировочную нагрузку измеряют динамометром один раз в сутки в течение 7 дней и один раз в сутки в последующие дни до тех пор, пока потеря нагрузки не стабилизируется и не станет меньше 5% блокировочной нагрузки в течение 7 дней. Допускается снижение блокировочной нагрузки на 7% в течение 3 дней или на 8% в течение 10 дней.

6.3 Методика проведения контрольных и приемочных испытаний

6.3.1 При закреплении объектов I (повышенного) уровня ответственности контрольным испытаниям следует подвергать первые три анкера в каждом новом слое грунта и каждый 10-й анкер из последующих, установленных в данном слое грунта.

6.3.2 При закреплении объектов II уровня ответственности и ниже, если проектом не предусмотрены пробные и контрольные испытания анкеров, оценку пригодности анкеров допускается производить по результатам приемочных испытаний, выполненных с использованием упрощенного метода (см. п.6.4).

6.3.3 Контрольные испытания следует проводить ступенчато возрастающей нагрузкой по программе пробных испытаний с той лишь разницей, что испытательная нагрузка на анкер P_p принимается равной $1,5P_w$ для постоянных анкеров и $1,25P_w$ – для временных. По результатам испытаний определяют: предельную нагрузку $P_{кр}$; коэффициент ползучести K_s ; остаточные перемещения анкера Δl_s и, в случае проведения дополнительных испытаний по п.6.2.9, величину снижения блокировочной нагрузки с помощью динамометра после закрепления анкера на конструкции. Снижение блокировочной нагрузки должно удовлетворять требованиям п.6.2.9.

6.3.4 Значения величины P_w должно удовлетворять условиям, поставленным при проведении пробных испытаний. Остаточные перемещения Δl_s , вызванные нагрузками P_w и P_p , не должны быть больше значений, полученных при пробных испытаниях для соответствующих нагрузок.

6.3.5 Приемочные испытания начинают с нагрузки $P_0 = 0,2 P_p$, при которой фиксируют начальные отсчеты перемещения оголовка анкера, и доводят до величины P_p , выдерживая ее в течение 15 мин и замеряя перемещение оголовка анкера через 1, 3, 5, 7, 10 и 15 мин, далее уменьшают нагрузку до величины P_0 , замеряют упругое перемещение оголовка анкера, увеличивают нагрузку до блокировочной и закрепляют анкер на конструкции.

6.3.6 Анкер считается пригодным, если величины Δl_y и Δl_s , вычисленные для нагрузки P_p меньше или равны соответствующим величинам, полученным при контрольных испытаниях.

При несоблюдении этих условий время выдержки на ступени нагрузки P_p следует увеличить до $10\Delta t$. Далее производят сравнение величин K_s и Δl_s с контрольными. Если результаты не удовлетворяют, то решение о пригодности анкера принимает проектная организация.

6.4 Упрощенный метод проведения приемочных испытаний

6.4.1 Испытания по данному методу проводятся в процессе установки анкера после его взведения в рабочее положение. Как указано в п. 4.4 данного стандарта, при взведении анкера прикладывается усилие равное $1,1P_w$.

6.4.2 После взведения дается выдержка 10-15 минут и повторно прикладывается испытательная нагрузка, равная $1,4P_w$. Данная нагрузка выдерживается в течение 15 мин, при этом замеряется перемещение оголовка анкера через 1, 3, 5, 7, 10 и 15 мин.

После выдержки нагрузки ее снижают до нуля, замеряют упругие и остаточные перемещения оголовка анкера. Если остаточные перемещения не превышают величин, указанных в проекте, то анкер считается прошедшим приемочные испытания.

При этом, по крайней мере, для одного опытного анкера, нагрузку доводят до разрушающей, увеличивая проверочную нагрузку после P_p ступенями по $0,1 P_p$. Для остальных опытных анкеров доводят нагрузку до значения $1,1 P_6$ и закрепляют анкер на опорной конструкции.

ПРИЛОЖЕНИЕ А (СПРАВОЧНОЕ)

НОМЕНКЛАТУРА И КОНСТРУКЦИЯ ГОЛОВОК АНКЕРОВ JLD

Характеристики выпускаемых анкеров приведены в таблице А.1

Таблица А.1

Тип анкера	Разрушающая нагрузка, кН	Несущая способность, кН	Площадь несущей поверхности, A , см ²
JLD 1.0	22,0	17,0	30,97
JLD 1.2	45,0	34,6	65,00
JLD 1.4	120,0	92,3	219,32
JLD 2.2	220,0	165,0	485,80
JLD 2.4	220,0	165,0	938,20
JLD 2.8	220,0	165,0	2318,78
JLD 4.2	550,0	413,0	1899,30
JLD 4.4	550,0	413,0	2383,12

Форма и размеры головок приведены на рисунках А.1 – А.8.

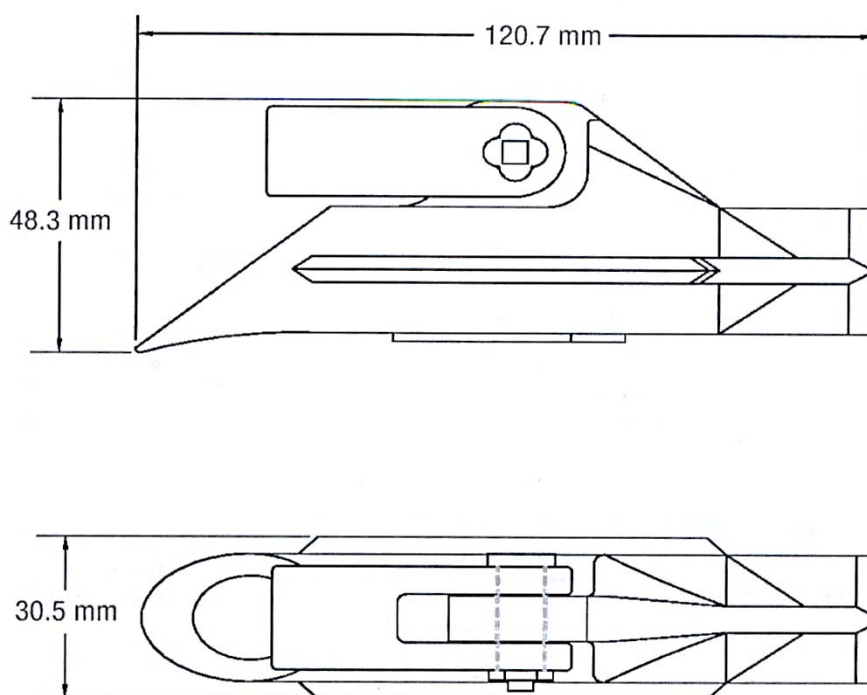


Рисунок А.1 – Анкер типа JLD 1.0

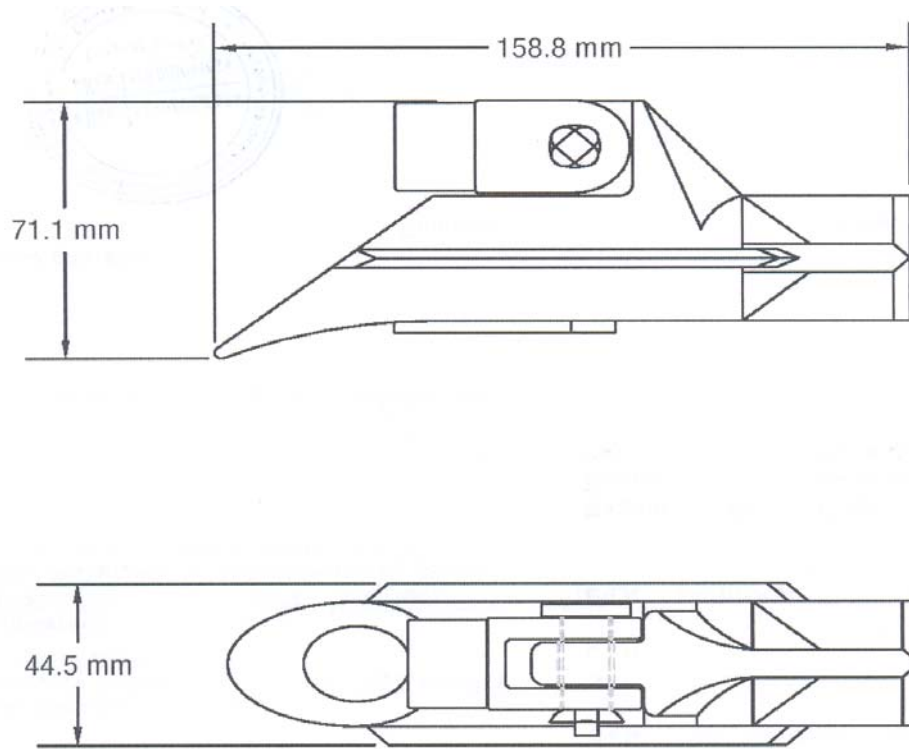


Рисунок А.2 – Анкер типа JLD 1.2

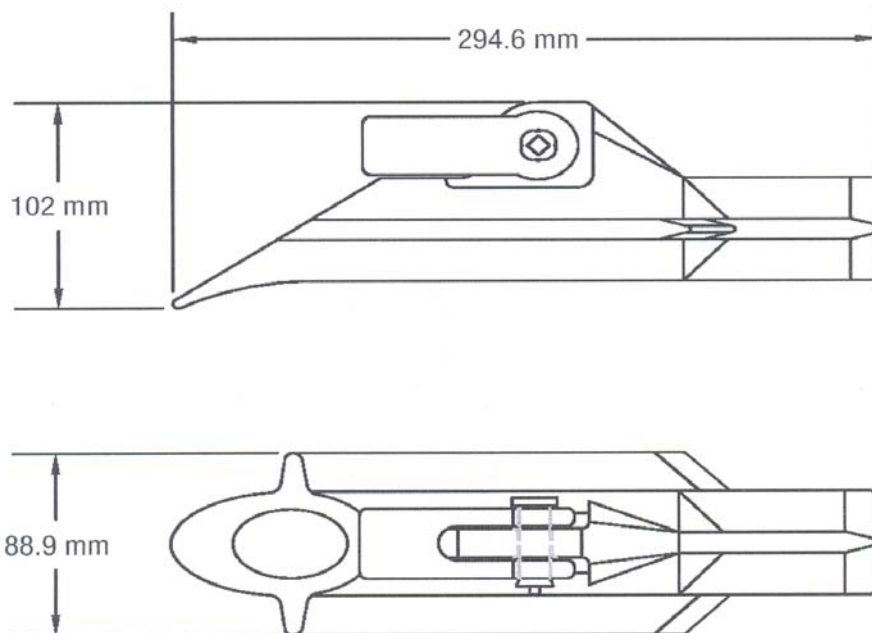


Рисунок А.3 – Анкер типа JLD 1.4

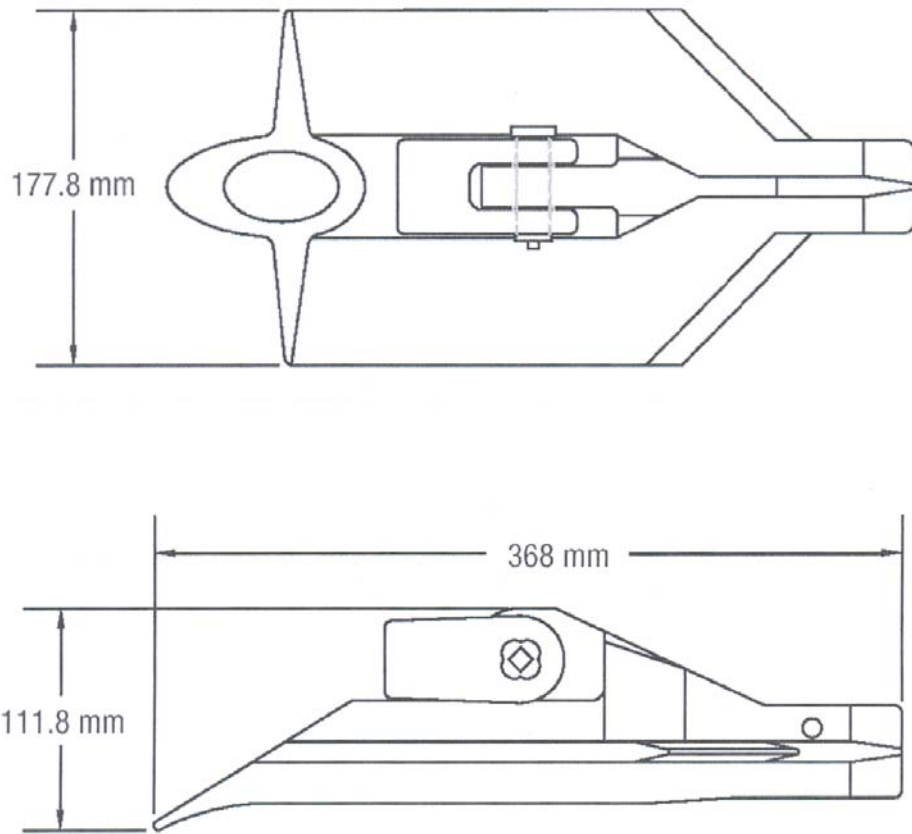


Рисунок А.4 – Анкер типа JLD 2.2

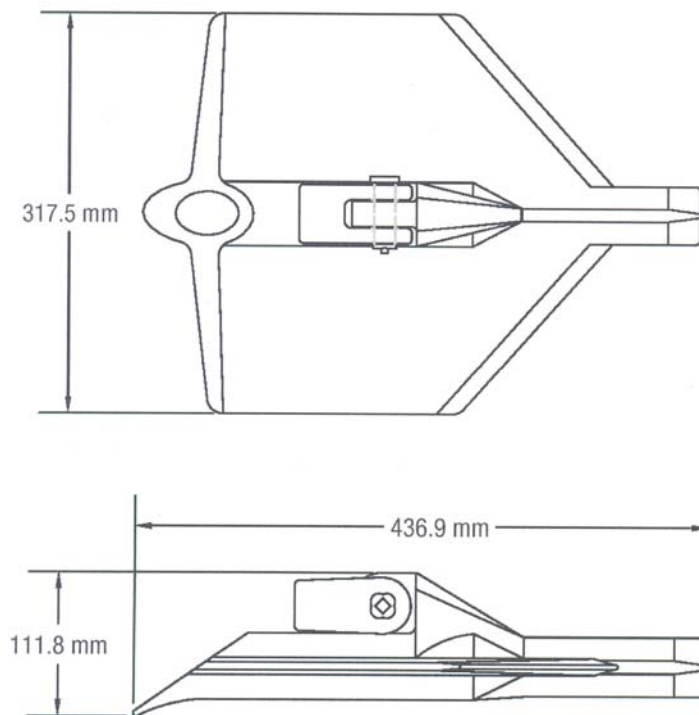


Рисунок А.5 – Анкер типа JLD 2.4

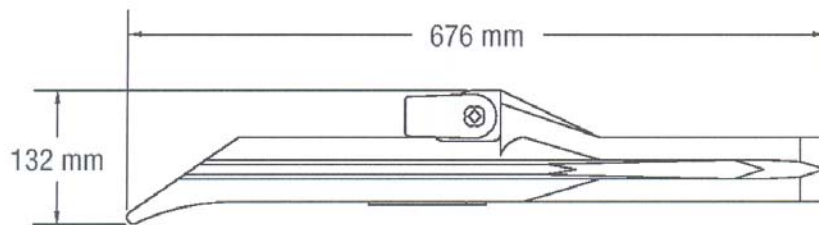
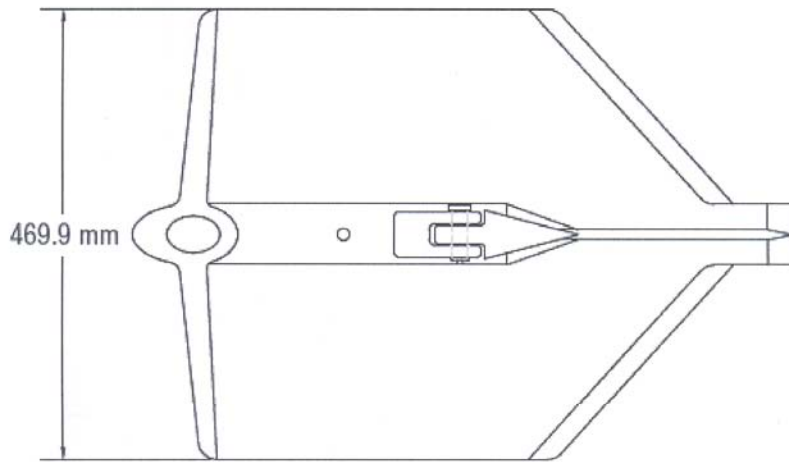


Рисунок А.6 – Анкер типа JLD 2.8

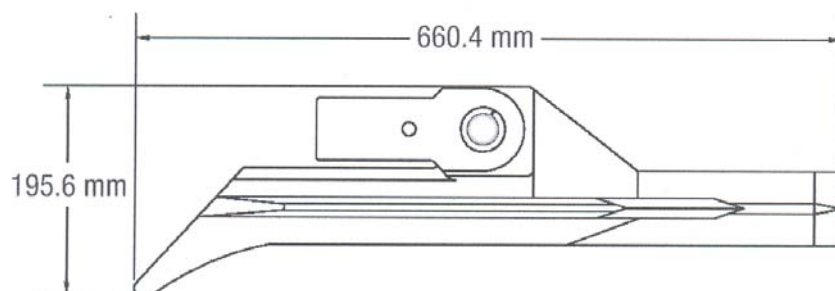
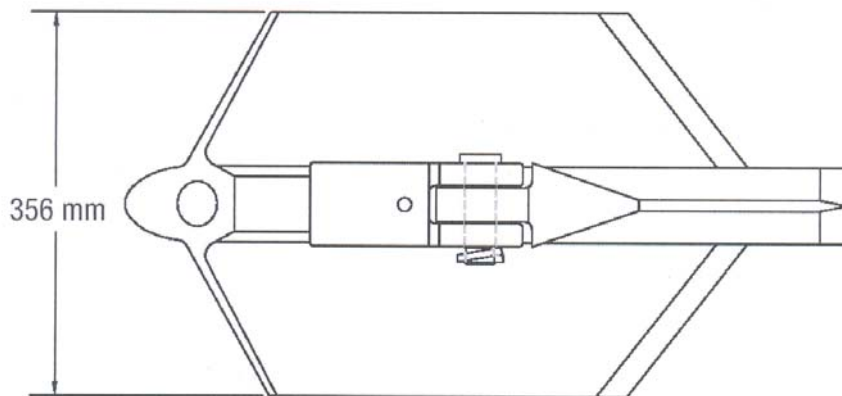


Рисунок А.7 – Анкер типа JLD 4.2

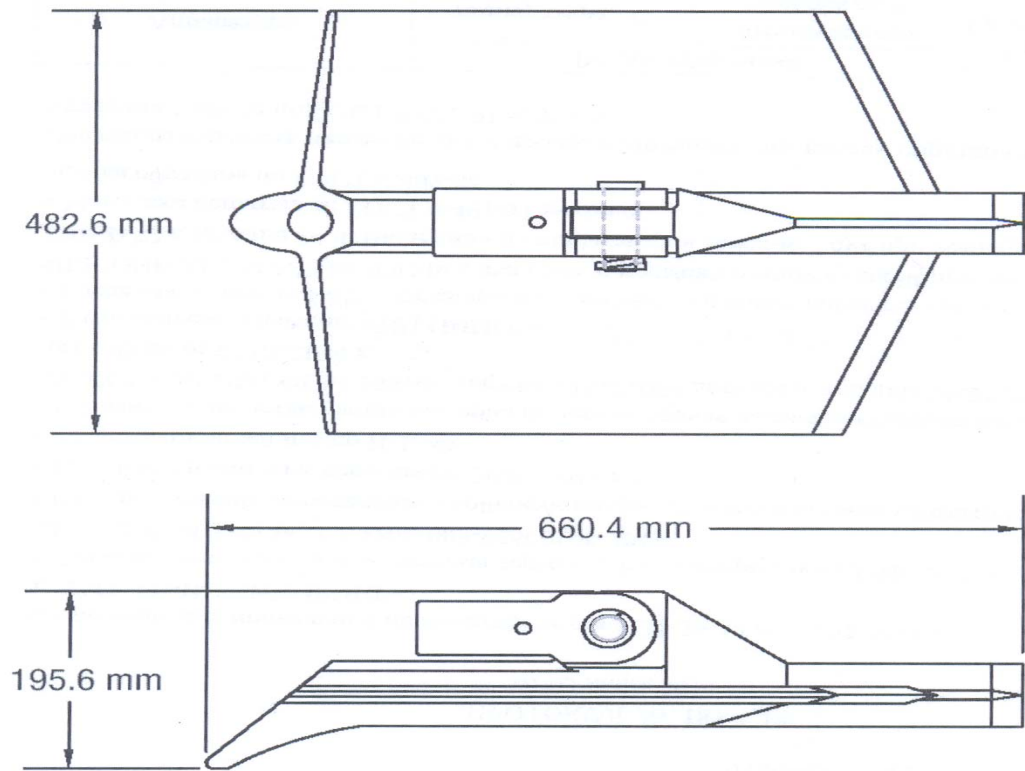


Рисунок А.8 – Анкер типа JLD 4.4

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (СПРАВОЧНОЕ)

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ АНКЕРОВ ПО ЕВРОПЕЙСКОМУ СТАНДАРТУ EN 1537-2009

Б.1 Общие положения

Согласно Еврокоду-7 [2] грунтовые анкера могут подвергаться трем видам испытаний, аналогичным приведенным в разделе 6:

исследовательскому (пробному) – испытанию под нагрузкой для определения критической нагрузки для анкера на стыке с грунтом (определение предельного сопротивления грунта в зоне закрепления) и определения характеристик анкера в диапазоне рабочей нагрузки;

испытанию на пригодность (контрольному испытанию) – проверке соответствия конструкции анкера грунтовым условиям;

приемочному – испытанию под нагрузкой на месте установки, с целью подтверждения, что каждый анкер удовлетворяет техническим условиям проектирования.

С помощью исследовательских испытаний, проводимых до установки всех анкеров, находят

- а) сопротивление выдергиванию P_k закрепления анкера в грунте;
- б) критическую нагрузку ползучести анкерной системы или
- в) характеристику ползучести анкерной системы до разрушения или
- г) падение силы натяжения анкерной системы для предельного состояния пригодности к использованию (для второй группы предельных состояний).

Для каждого отдельного анкера приемочные испытания подтверждают:

- а) доказательство несущей способности при испытательной нагрузке;
- б) характеристику ползучести или падение силы натяжения в предельном состоянии пригодности к использованию (для второй группы предельных состояний), если требуется.

Контроль и оценка всех испытаний анкеров должна осуществляться только специалистом, обладающим достаточными знаниями и опытом в обращении с закрепленными анкерами. Указанные ниже методы испытаний, установленные для каждого класса испытаний, действительны как для временных, так и для постоянных анкеров.

Б.2 Точность измерений

На протяжении всего времени испытания для определения величины ползучести погрешность при измерении сдвига не должна превышать 0,05 мм. Если величина ползучести не нужна, то погрешность при измерении сдвига должна быть меньше 0,5 мм. Приборы измерения сдвига для величины ползучести должны иметь разрешающую способность в 0,01 мм.

Измерение анкерной силы осуществляется с помощью гидравлических, электрических или механических измерительных приборов, в которых погрешность измерения составляет не более 2% от максимальной испытательной нагрузки. Приборы для измерения падения силы натяжения должны иметь разрешающую способность не менее 0,5% от испытательной нагрузки.

Б.3 Предварительная нагрузка

Предварительная нагрузка P_0 , как правило, выбирается равной 10% от испытательной нагрузки.

Для испытаний с циклическим натяжением допускаются большие предварительные нагрузки после циклов нагружения, при которых появляются необычно большие промежутки нагружения (см. рисунок Б.1).

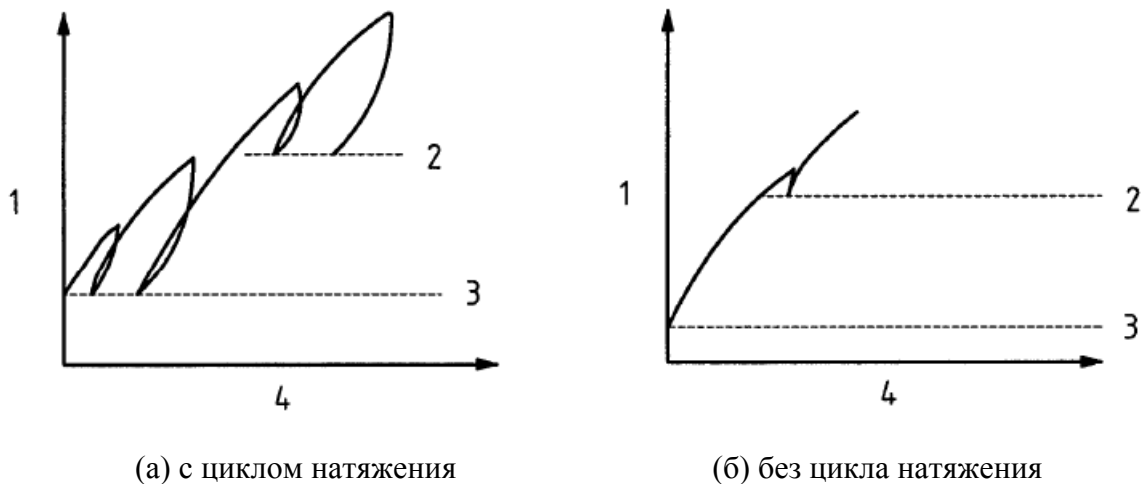


Рисунок – Б.1 Приложение анкерного усилия при повышенной предварительной нагрузке.

1 - анкерная сила; 2 - разрешена более высокая предварительная нагрузка;

3 - предварительная нагрузка P_0 ; 4 - смещение

Б.4 Методы испытаний

Технический представитель заказчика должен одобрить метод испытания, а также относящийся к нему метод оценки, которые должны применяться для каждого испыта-

тельного класса. Для каждого испытательного класса закрепленный анкер ступенчато нагружается согласно методу, необходимому для соответствующего класса испытаний.

В разделах Б.8 – Б.10 приводятся три примера методов испытания, которые применимы для каждого класса. Ими являются:

а) Метод испытания 1: Анкер ступенчато за один или несколько циклов нагружается от предварительной нагрузки до испытательной нагрузки. При каждом цикле замеряется сдвиг оголовка анкера при максимальной силе натяжения за установленный промежуток времени;

б) Метод испытания 2: Анкер ступенчато со следующими друг за другом циклами нагружается от предварительной нагрузки до испытательной нагрузки или до разрушения. При каждом цикле замеряется падение усилия на оголовке анкера при максимальной силе натяжения за установленный промежуток времени;

в) Метод испытания 3: Анкер ступенчато нагружается от предварительной нагрузки до максимальной силы натяжения. Сдвиг оголовка анкера замеряется для каждой ступени нагрузки при постоянной силе.

Во время всех испытаний всякое приложение или снятие нагрузки на анкер осуществляется с такой осторожностью, чтобы анкер не подвергался толчкообразной или динамической нагрузке.

Б.5 Исследовательское испытание

До установки анкеров строительной конструкции инженеру-проектировщику могут потребоваться исследовательские испытания для определения сопротивления выдергиванию проектируемого анкера в зависимости от грунтовых условий и от применяемых строительных материалов, чтобы установить производственную ответственность исполнителей и/или проверить новый тип анкера до его разрушения в месте закрепления в грунте.

Исследовательские испытания должны проводиться везде, где будет использован анкер, в грунтовых условиях, для которых прежде исследовательские испытания не проводились, или там, где будут приложены более высокие, чем раньше, эксплуатационные нагрузки.

Анкера для исследовательских испытаний нагружаются больше, чем анкера для приемочных испытаний, поэтому может понадобиться усиление стального растягивающего элемента для соответствия данной ситуации. Анкера, подвергнувшиеся исследовательскому испытанию, нельзя использовать как анкера строительной конструкции, если они подвергались нагрузке до разрушения.

Размеры других деталей анкера, за исключением стального растягивающего элемента, должны быть такими же, как и для анкеров строительной конструкции.

Анкер нагружается до разрушения (P_k) или до испытательного усилия (P_p); испытательное усилие P_p следует ограничить меньшей из двух величин $0,80P_u$ и $0,95P_t$.

P_t – нагрузка, вызывающая напряжения в тяге, равные пределу текучести материала тяги.

P_u – характерная сила разрушения тяги.

Б.6 Испытание на пригодность

До проведения испытания на пригодность должны быть использованы и подвергнуты точному анализу результаты имеющихся исследовательских испытаний.

Целью испытания на пригодность является следующее:

а) Если проведены исследовательские испытания, то испытания на пригодность подтверждают либо сохранение допустимой величины ползучести или падения силы натяжения при испытательной нагрузке и блокировочного усилия для последующих приемочных испытаний, либо критическую силу ползучести;

б) Если исследовательские испытания не проводились и отсутствуют результаты исследовательских испытаний аналогичной анкерной системы при сравнимых характеристиках грунта, то испытания на пригодность подтверждают указанные в пункте а) характеристики и дают приемочные критерии ползучести или падения силы натяжения при испытательной нагрузке для приемочных испытаний, либо они устанавливают критическую силу ползучести;

Б.7 Приемочное испытание

Каждый анкер строительной конструкции подвергается приемочному испытанию. Целью приемочного испытания является:

а) подтверждение, что испытательное усилие, которое зависит от метода испытания, может быть воспринято анкером;

б) доказательство, что блокировочное усилие имеет запланированную величину, за вычетом трения;

в) если необходимо, определение величины ползучести или падения усилия в предельном состоянии пригодности к использованию (для второй группы предельных состояний).

Б.8 Метод испытания 1

Б.8.1 Исследовательское испытание

Анкер должен быть нагружен либо до усилия разрушения (P_k), либо до испытательного усилия (P_p), которое не должно превосходить $0,80P_u$ или $0,95 P_t$, при этом определяющим является меньшее значение.

Анкер натягивается за не менее чем 6 циклов нагружения до максимального испытательного усилия, см. рисунок Б.2.

Циклы нагружения и минимальное время наблюдения указаны в таблице Б.1.

Для измерения смещения от ползучести постоянное максимальное усилие в анкере должно удерживаться в течение минимального времени наблюдения на каждом цикле нагружения:

- при максимальных силах $< P_p$ минимум 15 минут;
- при максимальной силе P_p 60 минут в несвязанном и 180 минут в связанном грунтах.

Это время должно увеличиваться, пока величины ползучести при испытательном усилии не останутся практически постоянными.

Б.8.2 Испытание на пригодность

Испытательное усилие для анкеров строительной конструкции должно составлять:

$$P_p \geq 1,25 P_b \text{ или } P_p \geq P_k,$$

где P_b – блокировочная нагрузка, равная усилию закрепления анкера на конструкции после проведения испытаний, при этом определяющим является соответственно большее испытательное усилие.

Стальная тяга не должна нагружаться выше $0,95 P_t$.

Циклы натяжения и минимальное время наблюдения указываются в таблице Б.1. При измерении смещения от ползучести следует учитывать последний абзац раздела Б.8.1.

Анкер может нагружаться за не менее чем 5 циклов до максимального испытательного усилия; при этом первый цикл нагружения выбирают согласно таблице Б.1.

При исследовательских испытаниях максимальная величина ползучести K_s при испытательном усилии не должна превышать 1 мм. Если разрушающее усилие (определяемое как $K_s = 2$ мм) не было определено исследовательскими испытаниями, то K_s при испытательном усилии не должно превышать значения 0,8 мм.

Б.8.3 Приемочное испытание

Испытательное усилие (P_p) должно быть достигнуто за не менее чем три ступени с одинаковыми приращениями силы. После этого анкер разгружается до предварительной нагрузки P_0 , а затем натягивается до блокировочного усилия (P_6) и закрепляется. Испытательное усилие должно составлять не менее $1,25 P_6$, но не более $0,9 P_t$.

При испытательной нагрузке время наблюдения должно составлять не менее 5 минут.

Величина ползучести K_s при испытательном усилии не должна превышать 0,8 мм.

Допускаются большие значения K_s (до 1 мм при испытательном усилии), если они во время предыдущих испытаний были признаны приемлемыми.

Б.8.4 Измерение характеристик ползучести

Через определенные интервалы времени замеряется рост смещения на оголовке анкера для указанных в таблице Б.1 ступеней силы. Величина ползучести K_s определяется по росту смещения от ползучести при постоянном анкерном усилии за не менее чем 2 интервала времени наблюдения.

K_s устанавливается из соотношения:

$$K_s = (\Delta l_2 - \Delta l_1) / \lg(t_2/t_1)$$

При этом:

Δl_1 смещение оголовка анкера за время t_1

Δl_2 смещение оголовка анкера за время t_2 .

Предельной величиной ползучести является максимально допустимая величина ползучести для определенной ступени нагрузки (см. Б.9.2 и Б.9.3).

Измерения смещения на оголовке анкера проводятся при постоянном анкерном усилии для каждого цикла натяжения в указанные моменты времени для снятия данных (в минутах) (см. также таблицу Б.1):

1→2→3→5→10→15→20→30→45→60.

Если время наблюдения составляет менее 60 минут, то временная последовательность согласно таблице Б.1 может быть уменьшена.

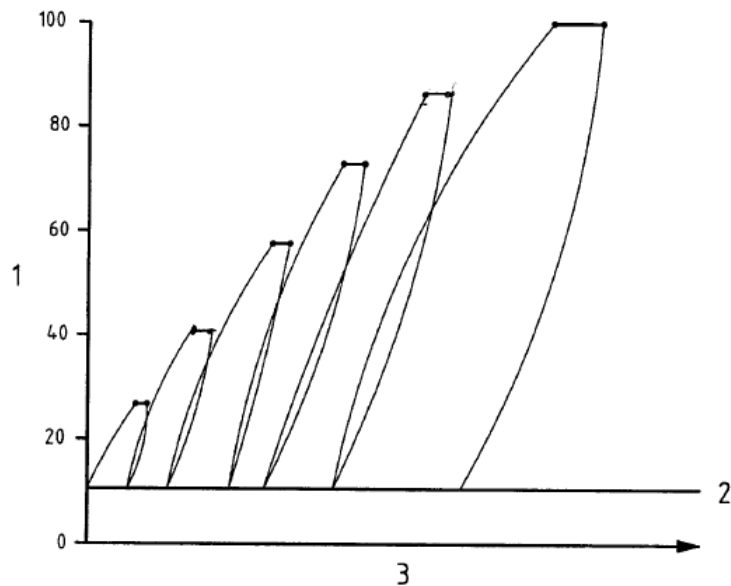


Рисунок Б.2 – Приложение анкерного усилия при испытательном методе 1.
1 - анкерное усилие в % P_p ; 2 - предварительное натяжение P_a ; 3 - смещение.

Б.9 Метод испытания 2

Б.9.1 Исследовательское испытание

Анкер нагружается либо до разрушающего усилия (P_k), либо до испытательного усилия (P_p), которое ограничивается до $0,80 P_u$ или $0,95 P_t$, при этом определяющим является меньшее значение.

Анкер натягивается за не менее чем 6 циклов нагружения до максимального испытательного усилия, см. рисунок Б.3.

Циклы нагружения и время наблюдения указываются в таблицах Б.1 и Б.2.

Если общее падение силы при предложенном блокировочном усилии после семи периодов наблюдения (три дня) не превышает допустимого значения, и отдельные падения усилия натяжения за каждый период наблюдения не увеличиваются, то испытание может быть закончено, а циклическая нагрузка может быть продолжена до испытательного усилия P_p или до разрушающего усилия. Если же падение усилия натяжения становится недопустимо большим и/или падения усилия натяжения в отдельные периоды наблюдения растут, то время наблюдения может быть расширено до восьми периодов (десять дней) или больше до наступления установившейся ползучести. Если установившаяся ползучесть не может быть достигнута, то сила натяжения для рабочего состояния слишком высока, однако испытание должно быть продолжено, чтобы можно было указать силу разрушения.

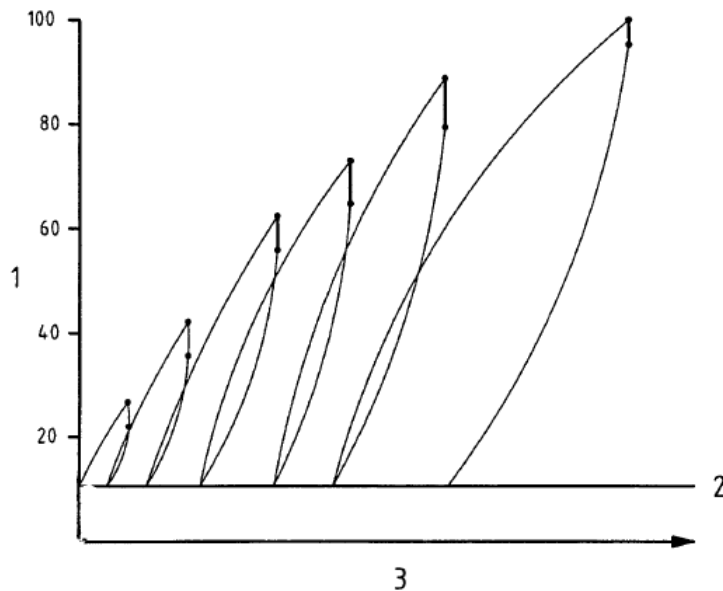


Рисунок Б.3 – Приложение анкерного усилия при методе испытания 2.

1 - анкерное усилие в % P_p ; 2 - предварительная нагрузка P_o ; 3 - смещение.

Б.9.2 Испытание на пригодность – приложение анкерного усилия

Испытательное усилие для анкеров строительной конструкции должно составлять:

$$P_p \geq 1,25 P_o \text{ или } P_p \geq P_k,$$

при этом определяющим является соответствующее большее испытательное усилие.

Стальная тяга не должна нагружаться выше $0,95 P_t$.

Анкер может нагружаться за два цикла натяжения от приблизительно 10-25-50-75-100-75-50-10% P_p до максимального испытательного усилия, а затем до блокировочного усилия P_6 .

Время наблюдения указано в таблице Б.2.

Падение силы (k_t) при блокировочном усилии P_6 за семь периодов наблюдения (три дня) не должно превышать указанных в таблице Б.2 предельных значений.

Б.9.3 Приемочное испытание

Испытательное усилие (P_p) должно быть достигнуто, как минимум, через три ступени с одинаковыми приращениями силы. После этого анкер разгружается до предварительной нагрузки P_o , а затем натягивается до блокировочного усилия (P_6) и закрепляется. Испытательное усилие должно составлять $1,25 P_o$, но не больше $0,9 P_t$.

Силы натяжения при блокировочном усилии должны наблюдаться в течение трех периодов времени (50 мин), а общее падение силы натяжения не должно превышать указанных в таблице Б.2 значений. Если падение силы натяжения больше предельных значе-

ний, то время наблюдения увеличивается, пока не затухнет ползучесть и не будет замерено допустимое падение силы натяжения.

Если точность измерения анкера не соответствует требованиям 6.4.2 при испытаниях падения силы, но соответствует им при подъеме нагрузки, то измерения могут быть признаны, если при подъеме в течение шести периодов наблюдения (один день) общее падение силы k_I остается меньше 6%.

Для блокировочного усилия действует следующее предельное значение:

- а) падение силы натяжения k_I в течение 50 минут не должно превышать 3% P_6 ; или
- б) падение силы натяжения k_I в течение 24 часов не должно превышать 6% P_6 .

Б.9.4 Измерение падения силы натяжения

При блокировочном усилии смещение на оголовке анкера относительно строительной конструкции должно сохраняться постоянным, а сила натяжения регистрироваться.

Оголовок анкера должен опираться на устройство измерения силы или на растягивающий домкрат. Падение силы замеряется в конце каждого периода наблюдения в течение срока до десяти дней, чтобы определить процент падения силы k_I .

Допустимым предельным падением силы является максимальное падение силы натяжения, которое в целом рекомендуется при приложенной силе натяжения после определенного числа периодов наблюдения.

Измерение падения силы натяжения осуществляется в указанное в таблице Б.2 время. Минимальная продолжительность наблюдения следующая:

- исследовательское испытание – семь периодов наблюдения (три дня);
- испытание на пригодность – семь периодов наблюдения (три дня);
- приемочное испытание – три периода наблюдения (50 мин).

Б.10 Метод испытания 3

Б.10.1 Исследовательское испытание

Анкер нагружается либо до разрушающего усилия (P_k), либо до испытательного усилия (P_p), которое ограничивается до 0,80 P_u или 0,95 P_t , при этом определяющим является меньшее значение.

Анкер натягивается за не менее чем шесть ступеней приложения силы до максимального испытательного усилия, см. рисунок Б.4а.

Ступени приложения сил и минимальное время наблюдения указаны в таблице Б.3.

Минимальное время наблюдения может быть уменьшено до 30 минут, если не проявляется заметная ползучесть.

Б.10.2 Испытание на пригодность – приложение анкерного усилия

Испытательное усилие для анкеров строительной конструкции должно составлять:

$$P_p \geq 1,25 P_o \text{ или } P_p \geq P_k,$$

при этом определяющим является соответствующее большее испытательное усилие.

Стальная тяга не должна нагружаться выше $0,95 P_t$.

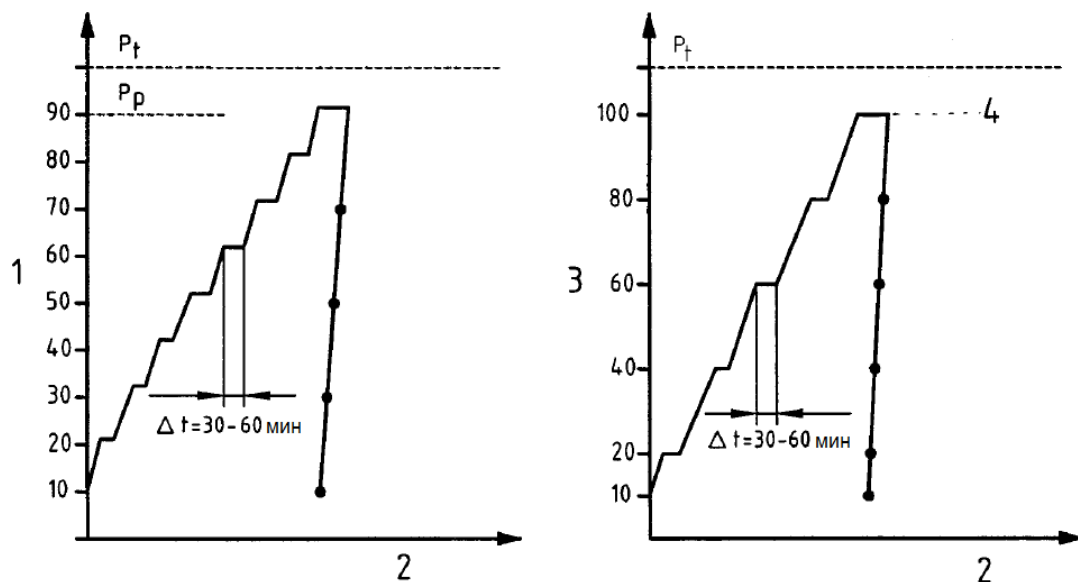
Анкер за не менее чем пять ступеней приложения силы нагружается до максимального испытательного усилия; при этом выпадет первая ступень приложения силы согласно рисунку Б.4б.

Ступени приложения сил и минимальное время наблюдения указаны в таблице Б.4.

При испытательном усилии во время испытаний на пригодность максимальная величина ползучести K_s не должна превышать значения в 0,8 мм, если не проводились исследовательские испытания (см. рисунок Б.5). Если исследовательские испытания проводились, то при испытании на пригодность максимальная величина ползучести K_s при испытательном усилии не должна превышать следующие значения:

- 1,2 мм для временных анкеров;
- 1,0 мм для постоянных анкеров.

Ни в коем случае испытательное усилие при испытании на пригодность анкера строительной конструкции не должно быть выше P_c .



а) Исследовательское испытание

б) Испытание на пригодность

Рисунок Б.4 – Приложение анкерного усилия при методе испытания 3.

1 - анкерное усилие в % от P_t ; 2 - смещение; 3 - анкерное усилие в % от P_p ; 4 - испытательное усилие.

Б.10.3 Приемочное испытание – приложение анкерного усилия

Анкер натягивается, как минимум, за четыре ступени приложения сил от предварительной нагрузки P_0 до испытательного усилия P_p в $1,25 P_0$ или P_k .

После того, как испытательное усилие удерживалось в течение желаемого периода времени, производитель анкеров может заложить в программу испытаний неполную или полную петлю нагружения, см. рисунок Б.5.

Смещение ползучести при испытательной нагрузке замеряется между третьей и пятнадцатой минутами. Установленная при этом величина ползучести K_s должна быть меньше:

- 1,2 мм для временных и постоянных анкеров без проведения исследовательских испытаний;
- 1,5 мм для постоянных анкеров при наличии исследовательских испытаний;
- 1,8 мм для временных анкеров при наличии исследовательских испытаний.

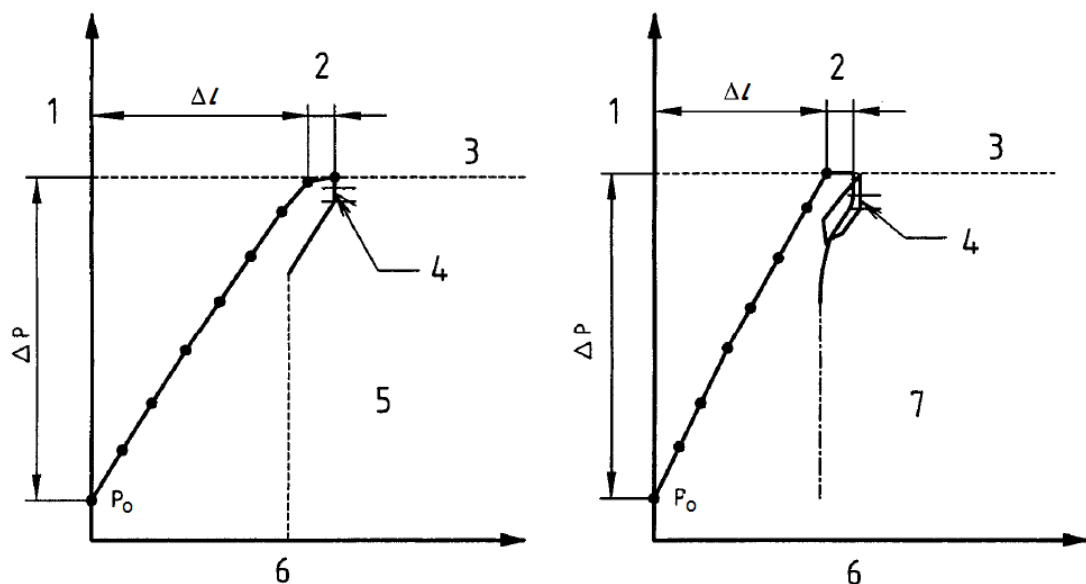


Рисунок Б.5 Приложение анкерного усилия при методе испытания 3 в приемочных испытаниях:

- 1 - анкерное усилие; 2 - ползучесть; 3 - испытательное усилие; 4 - трение как часть P_p в %;
5 - без петли нагружения; 6 – смещение; 7 - с укороченной петлей нагружения.

Б.10.5 Измерение ползучести и характерного усилия

Ползучесть и характерные усилия определяются и оцениваются следующим образом:

- Рост смещения на оголовке анкера относительно неподвижной точки замеряется для каждой ступени приложения усилия в разное время;

- Величина ползучести K_s для каждой ступени приложения усилия определяется согласно рисунку Б.6. Величина ползучести K_s выводится из скорости роста смещений на конце кривой «логарифм времени – смещение» для каждой ступени приложения усилия;

- Сопротивление вытягиванию анкера P_k равно силе, которая соответствует вертикальной асимптоте графика величины ползучести анкерного усилия. Если асимптоту определить невозможно, то P_k приравнивается к той силе, которая устанавливается при величине ползучести в 5 мм, см. рисунок Б.7;

- Критическая нагрузка ползучести P_c определяется согласно рисунку Б.7. Она представляет собой силу, возникающую на конце первой прямолинейной ветви графика зависимости величины ползучести K_s от анкерного усилия. Если определить P_c с достаточной точностью сложно, то определяется критическая нагрузка ползучести P'_c , устанавливаемая из рисунка Б.7. Затем используется равенство:

$$P_c = 0,9 P'_c$$

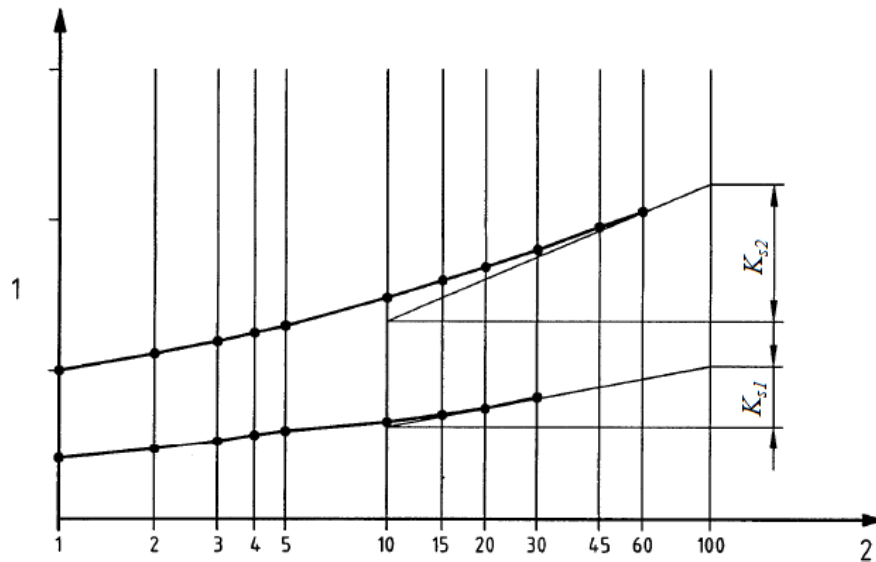


Рисунок Б.6 – Диаграмма время – смещение от ползучести с величинами ползучести K_{sn} для метода испытания 3: 1 - смещение ползучести в миллиметрах; 2 - время в минутах.

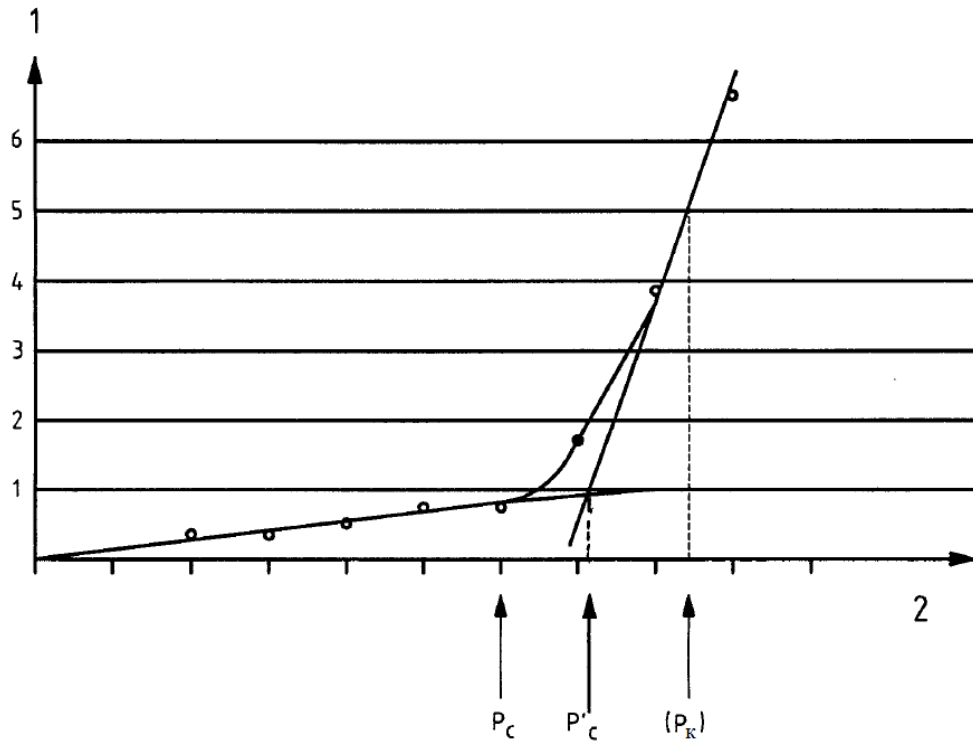


Рисунок Б.7 – Величина ползучести. Диаграмма анкерного усилия для метода испытания 3:

1 - величина ползучести K_s в мм; 2 - приложенная сила.

Измерение смещения ползучести осуществляется после каждого изменения испытательного усилия в указанные ниже периоды времени. Временем наблюдения для каждой ступени приложения силы является:

- исследовательское испытание – 30 или 60 минут;
- испытание на пригодность – 30 или 60 минут;
- приемочное испытание – не менее 15 минут при испытательном усилии.

Последовательные времена наблюдения (в минутах) для каждой ступени приложения силы:

1→2→3→4→5→7→10→15→20→30→45→60.

Б.11 Общие таблицы для приложения анкерного усилия. Методы испытания 1, 2 и 3

Таблица Б.1– Циклы нагружения и минимальное время наблюдения для исследовательских испытаний и испытаний на пригодность анкеров, методы испытания 1 и 2

Ступени приложения сил % P_p						Минимальное время наблюдения в минутах
Цикл 1	Цикл 2	Цикл 3	Цикл 4	Цикл 5	Цикл 6	
10	10	10	10	10	10	1
	25	40	55	70	85	1
25	40	55	70	85	100	15(60 или 180 ^a)
	25	40	55	70	85	1
10	10	10	10	10	10	1

^a Для метода испытаний 2 время наблюдения следует увеличить, если максимальная сила соответствует блокировочному усилию P_6 (см. таблицу Б.2)

Таблица Б.2 – Время и периоды наблюдения, а также критерии приемки для падения силы натяжения при блокировочном усилии P_6 , метод испытания 2

Время наблюдения в минутах	Периоды наблюдения: номер	Общее допустимое падение силы натяжения k_I (% приложенной силы)
5	1	1
15	2	2
50	3	3
150	4	4
500	5	5
1500 (около 1 дня)	6	6
5000 (около 3 дней)	7	7
15000 (около 10 дней)	8	8

Таблица Б.3 – Ступени приложения силы и минимальное время наблюдения для исследовательских испытаний анкеров, метод испытания 3

Ступени приложения силы % P_t ^{a,b,c}									
Номер ступени	Предварительная нагрузка	1	2	3	4	5	6	7	8
% P_t	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Время наблюдения в минутах	0	60 (30)	60 (30)	60 (30)	60 (30)	60 (30)	60 (30)	60 (30)	60 (30)
^a Предварительная нагрузка $P_o = 0,1 P_t$ ^b $P_{max} \leq 0,9 P_t$ ^c Пример для 8 ступеней									

Таблица Б.4 – Ступени приложения силы и минимальное время наблюдения для испытаний на пригодность анкеров, метод испытания 3

Ступени приложения силы % P_p для анкеров строительной конструкции ^{a,b}							
Номер ступени	Предварительная нагрузка	1	2	3	4	5	6
% P_p	10	25	40	55	70	85	100
Время наблюдения в минутах	0	60 (30)	60 (30)	60 (30)	60 (30)	60 (30)	60 (30)
^a Предварительная нагрузка $P_o = 0,1 P_p$ ^b Пример для 6 ступеней							

ПРИЛОЖЕНИЕ В (РЕКОМЕНДУЕМОЕ)**МЕТОДИКА УЧЕТА ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ АНКЕРОВ ПРИ ИХ
БЛИЗКОМ РАСПОЛОЖЕНИИ**

Если расстояние a между осями анкеров составляет менее $8d$ (d – приведенный диаметр головки анкера), необходимо учитывать снижение несущей способности отдельного анкера. При расчете несущей способности анкеров по грунту F_d влияние близкого расположения анкеров допускается учитывать введением понижающего коэффициента взаимовлияния η . Коэффициент взаимовлияния η при максимально близком расположении анкеров ($a = d$) принимается равным 0,5, а при $a = 8d$ – коэффициент $\eta = 1$. При промежуточных значениях a коэффициент взаимовлияния определяется линейной интерполяцией (рис.В.1) [4].

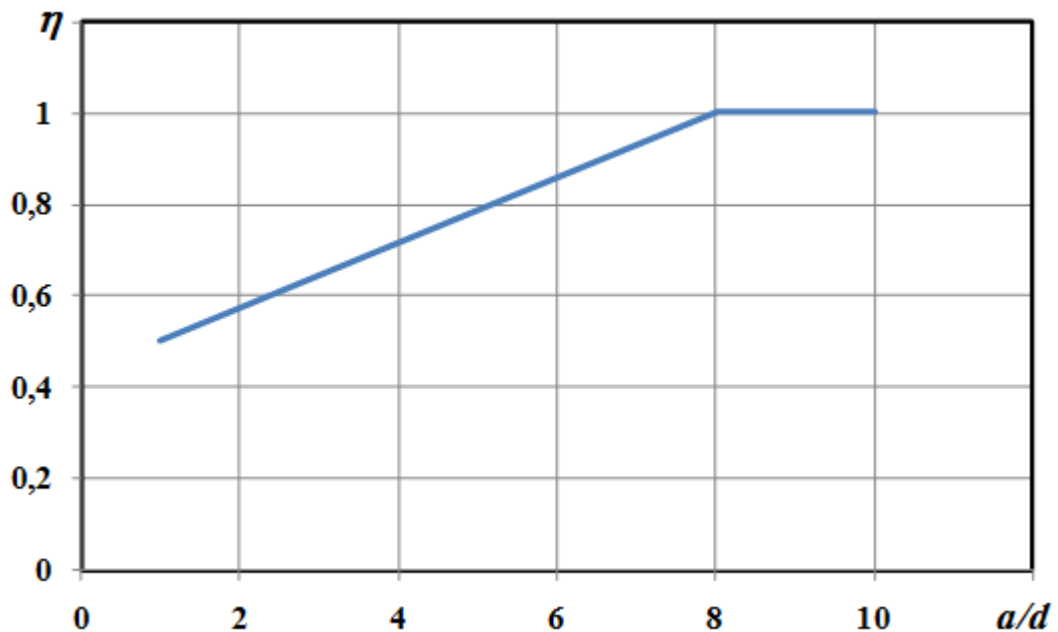


Рис. В.1 Коэффициент взаимовлияния анкеров η
(здесь: a - расстояние между осями анкеров)

БИБЛИОГРАФИЯ

1. ВСН 506-88 (Минмонтажспецстрой СССР) Проектирование и устройство грунтовых анкеров. М.: ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1989
2. EN 1997-1:2004, Eurocode 7 Geotechnical design - Part 1: General rules.
3. EN 1537:2013. Execution of special geotechnical works. Ground anchors.
4. CUR (Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving) Dutch Design Guidelines; Publikatie 166 Damwanconstructies 4^e druk, 2005.
5. ТУ 1690-003-94576516-2014 Анкера грунтовые металлические быстроустанавливаемые самораскрывающиеся. С.-Петербург: ООО «ТПК», 2014 г.
6. Трофименков Ю.Г. Статическое зондирование грунтов в строительстве (зарубежный опыт). Москва, ВНИИГТПИ, 1995.
7. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ.