

# Динамический расчет анкерного крепежа

Содержание:

1. Вводная часть	2
2. Воздействия на анкерный крепеж	4
3. Работа анкерного крепежа	10
4. Расчет анкерного крепежа	13
5. Информация о продукте. Усталостная нагрузка.	17
HDA	17
HVZ	23
6. Информация о продукте. Сейсмическая нагрузка. (HDA, HSL, KB-II, HVU)	29
7. Информация о продукте. Ударная нагрузка.(HST, HSC, HSL, HDA, HUC, HVZ)	30
8. Пример расчета на усталостную нагрузку	32
9. Пример расчета на сейсмическую нагрузку	40
10. Пример расчета на ударную нагрузку	42
Приложение 1: Динамический набор	46

**Вводная часть****1. Вводная часть**

Общий инженерный расчет обычно проводится на действие статической нагрузки. Но на самом деле, действие только статической нагрузки в практике эксплуатации строительных конструкций встречается крайне редко.

В случае, когда динамические нагрузки являются незначительными, то применяют, так называемое, статическое упрощение, и в этом случае используются коэффициенты безопасности для статической нагрузки.

Эта брошюра адресована проектировщикам, чтобы обратить их внимание на те случаи, где подобное статическое упрощение может привести к тому, что тот или иной узел, или конструкция будут рассчитаны неправильно, что, в свою очередь, может привести к серьезным авариям.

Последующие главы этой брошюры служат для объяснения задач, возникающих при динамическом расчете, показывают, как их классифицировать, моделировать и решать. После правильной постановки задачи предлагается соответствующее решение Хилти.

**Типичные динамические нагрузки**

Динамические нагрузки делятся на три основные группы:

- Усталостные нагрузки
- Сейсмические нагрузки
- Ударные нагрузки

Хотя точное определение этим нагрузкам будет приведено ниже, на данном этапе было бы полезным дать им упрощенное объяснение.

- Усталостные нагрузки – это нагрузки, которые часто возникают во время эксплуатации конструкции, и это, как правило, ожидаемые нагрузки.
- Сейсмические нагрузки – это нагрузки, которые возникают вследствие деформаций конструкций в результате сейсмической активности. Эти нагрузки могут учитываться при расчете конструкции, как ее предельное состояние, а могут и не учитываться.
- Ударные нагрузки – это нагрузки, которые могут случайно возникнуть во время эксплуатации конструкции.

Далее будут описаны типичные случаи, где могут возникнуть динамические нагрузки, и где статическое упрощение может привести к серьезным авариям.

**Примеры усталостных нагрузок**

Усталостные нагрузки делятся на две основные группы:

- **Вибрационные нагрузки** на соединения, которые характеризуются большим количеством циклов приложения и имеют низкую амплитуду.
- **Повторяющаяся загрузка и разгрузка** конструкций с большой величиной нагрузки и частым повторением.

Вибрационные нагрузки можно встретить в следующих случаях:

- **Вентиляторы**
- **Различные станки**
- **Камнедробилки**
- **Оборудование, подверженное неустойчивым гидравлическим эффектам** (оборудование электростанций, крепежи труб с частым действием гидравлического удара и т.д.)
- **Крепления, подверженные влиянию вибрации рядом расположенного оборудования**

Как правило, эти случаи правильно классифицируются как «динамические» и соответствующим образом рассчитываются. Ситуации с повторяющимися циклами загрузки и разгрузки конструкции (например, вибрация) не так очевидны для понимания того, что эти нагрузки также относятся к динамическим. Таким

образом, изложенный в данной брошюре материал призван привлечь внимание проектировщиков на подобные случаи. Анкерные крепления, из-за существенных нагрузок которым они подвергаются, часто работают на пределе своих возможностей, что в свою очередь может привести к аварии.

Типичными примерами являются:

- Краны (башенные краны, кран-балки, подкрановые рельсы и т.д.)
- Лифты (направляющие рельсы, грузоподъемное оборудование и т.д.)
- Подъемные устройства (автоподъемники, крепление домкратов и т.д.)
- Роботы и другое вращающееся с грузом оборудование.
- Мостовые компоненты
- Нагруженные элементы (лотки для сыпучих материалов, передаточные узлы и т.д.)

### Примеры сейсмической нагрузки

В принципе, все крепления конструкций, расположенных в сейсмически активных зонах, могут быть предметом для динамического расчета. Однако, по экономическим соображениям, обычно только самые ответственные соединения, чье разрушение может повлечь за собой человеческие жертвы или значительное ослабление всей структуры в целом, рассчитывается на сейсмическую нагрузку.

Типичные примеры:

- Все соединения первичных конструктивных элементов в зданиях, расположенных в сейсмически активных зонах
- Крепление машин и оборудования над головой или на стенах (вентиляционное оборудование, трубы и т.д.)
- Все крепления в больницах, школах и других зданиях, которые обычно используются в качестве убежищ после катастроф
- Крепление ответственного оборудования (газопровод, оборудование в химической и нефтехимической промышленности, оборудование АЭС и т.д.)

### Примеры ударной нагрузки

Ударные нагрузки относятся к неординарным ситуациям, даже притом, что, иногда, они являются единственной нагрузкой, на которую рассчитывается конструкция (например, ограждающие барьеры, защитные сетки и т.д.) В основном, ударные нагрузки являются результатом

- Взрыва (на заводах, электростанциях, в результате военных действий и т.д.)
- Падения конструкций (во время землетрясения, их разрушения и т.д.)
- Экстремальной дорожной ситуации (ограждающие барьеры и т.д.)
- Действия воды (гидравлический удар, экстремальные условия работы систем, использующих воду и т.д.)

Следует отметить, что ударные нагрузки встречаются гораздо чаще, чем может показаться на первый взгляд. Более того, увеличение нагрузки может достигнуть критических значений и с легкостью превысить статическую нагрузку в сотни раз.

Например, груз, положенный непосредственно на балку, а затем немедленно снятый с нее, вызовет удвоенную реакцию в балке по сравнению с обычным медленным статическим нагружением (которое редко имеет место в реальной жизни).

## Воздействия на анкерный крепеж

### 2. Воздействия на анкерный крепеж

#### Обзор нагрузок

Часто, невозможно точно определить каким нагрузкам подвергается анкерный крепеж. В этом случае в расчет вводятся соответствующие коэффициенты запаса.



### Статическая нагрузка

Статические нагрузки делятся на:

- Собственный вес
- Постоянная нагрузка (например, от покрытия пола и т.д.)
- Временная нагрузка

Рабочие нагрузки (оборудование, машины, эксплуатационные нагрузки)

Снег



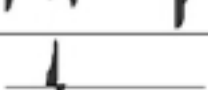
Ветер

Температура

### Динамическая нагрузка

Основное отличие динамических нагрузок от статических заключается во влиянии сил инерции. Эти силы являются результатом вынужденного ускорения и должны быть приняты во внимание при определении сил, действующих на анкерное соединение.

Классификация	Усталость материала	Усталость материала после небольшого количества циклов приложения нагрузки	Удар, импульсная нагрузка
Частота приложения	$10^4 < N < 10^5$	$10^1 < N < 10^4$	$1 < N < 20$
Скорость деформации	$10^{-5} < \dot{\epsilon} < 10^{-3}$	$10^{-5} < \dot{\epsilon} < 10^{-2}$	$10^{-3} < \dot{\epsilon} < 10^{-1}$
Примеры	нагрузки от транспорта, машин, ветра, волн	землетрясение, искусственное землетрясение	удар, взрыв, резкое разрушение конструкции
	<b>усталость материала</b>	<b>сейсмика</b>	<b>удар</b>

Воздействие	Форма	Возможная причина
гармоническое (изменяющаяся по направлению нагрузка)	 синусоидальная форма	Машины с вращающимися деталями
гармоническое (увеличивающаяся нагрузка)	 синусоидальная форма	
периодическое	 периодические, любой формы	Текстильные машины, перфорационные машины
случайное	 неперiodические, любой формы	Землетрясение, железнодорожный и автомобильный транспорт
ударного типа	 короткое время воздействия	Удар, взрыв, быстрое закрывание клапанов

### Усталостная нагрузка

Нагрузки, вызывающие усталость материала, характеризуются большим количеством циклов приложения, которые вызывают изменения в напряженном состоянии крепежа. И чем больше амплитуда нагрузки и количество циклов ее приложения, тем меньше прочность крепежа. При оценке усталостных нагрузок, важным является не только тип нагрузки, но и срок службы анкерного крепежа.

### Прямая и косвенная нагрузка

Прямая нагрузка на крепеж появляется тогда, когда крепеж непосредственно подвергается нагрузке, например, от действия оборудования. Работающее оборудование передает вибрацию на близлежащие кон-

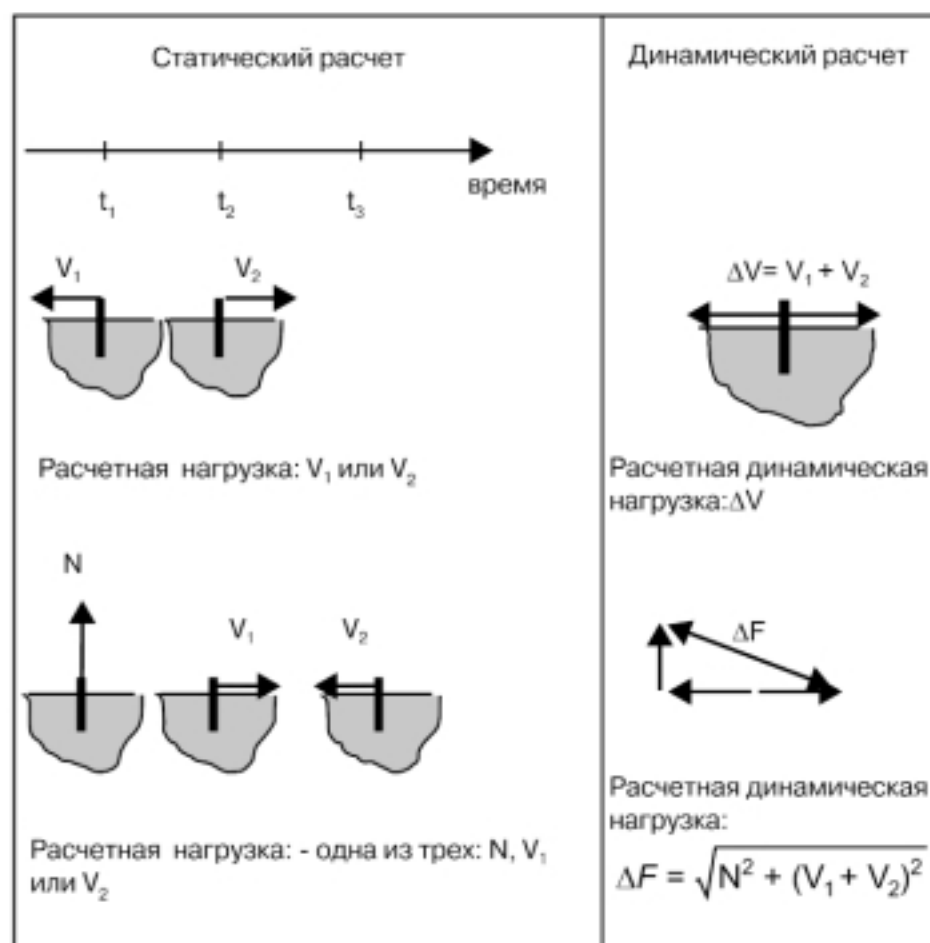
### Воздействия на анкерный крепеж

конструкции через свои крепления, которые затем косвенно передают вибрацию на конструкцию в целом. Это может привести к появлению усталости в крепеже.

#### Определение нагрузок, вызывающих усталость материала

В большинстве случаев, невозможно точно определить величину нагрузки, вызывающей усталость материала. Хронологическая последовательность нагрузки и влияние друг на друга конструкции, закрепляемой детали и анкерного крепежа являются критическими факторами, которые должны быть приняты во внимание инженером-проектировщиком. При определении величины нагрузки, на которую будет рассчитываться анкерный крепеж, следует помнить, что суммировать надо не только нагрузки, которые действуют одновременно.

С точки зрения статического расчета нагрузки, действующие в разное время, рассматриваются отдельно. В случае расчета на усталостную нагрузку, все возможные нагрузки, в течение ожидаемого срока службы анкерного крепежа, должны быть учтены. Приведенная ниже диаграмма служит для иллюстрации этого:



#### Землетрясения / сейсмическая нагрузка

Подвижки грунта во время землетрясения / сейсмических воздействий приводят к относительному смещению фундамента здания. Из-за своей массы здание не может следовать за этими смещениями без деформаций. Из-за жесткой структуры здания появляются внутренние усилия, и возникает вибрация. Это отражается на напряженном состоянии конструкции, закрепляемых деталей и анкерного крепежа. Собственная частота землетрясений часто приводит к резонансу, который вызывает большую амплитуду вибрации на верхних этажах. Таким образом, закрепленные детали и анкерные крепежи подвергаются большим нагрузкам.

Ввиду низкой податливости анкеров / анкерных крепежей, сейсмическая нагрузка, в основном, должна восприниматься с помощью большой несущей способности и малой деформативности. Крепеж должен выдерживать нагрузки при расчетном ускорении землетрясения без разрушения. Достаточно сложно определить нагрузки, действующие на анкерный крепеж, поэтому этим занимаются специалисты.

### Ударная нагрузка

Ударная нагрузка, возникающая, например, при крушении транспортного средства, обрушении скалы, сходе лавины или взрыве, имеет незначительную продолжительность и очень большую амплитуду. Так как вероятность появления ударной нагрузки мала, то обычно, чтобы избежать дополнительных расчетов, допускается наличие пластических деформаций при появлении ударной нагрузки. Это означает, что анкерный крепеж должен быть как можно более податливым, и он должен быть заменен после применения ударной нагрузки.

При нагружении очень малой продолжительности анкерные крепежи имеют лучшие показатели в упругом диапазоне, что позволяет им выдерживать более значительные ударные нагрузки. Это было доказано в ходе соответствующих испытаний, например, согласно протоколу испытаний ACLS9818.

Инженер, производящий расчет должен постоянно учитывать величину нагрузки и допустимые деформации (упругие, упругопластические).

### Экстраординарные нагрузки

Экстраординарные нагрузки включают, среди прочих, огонь и коррозию. Эти нагрузки описаны в других брошюрах.

## Работа материалов

### Работа материала при статической нагрузке

Работа материала при статической нагрузке, в основном, обуславливается его прочностью (на растяжение и на сжатие) и упругопластическими свойствами материала, например, модулем упругости, сопротивляемостью на срез при действии боковых нагрузок и т.д. Эти свойства в большинстве случаев определяются проведением простых испытаний.

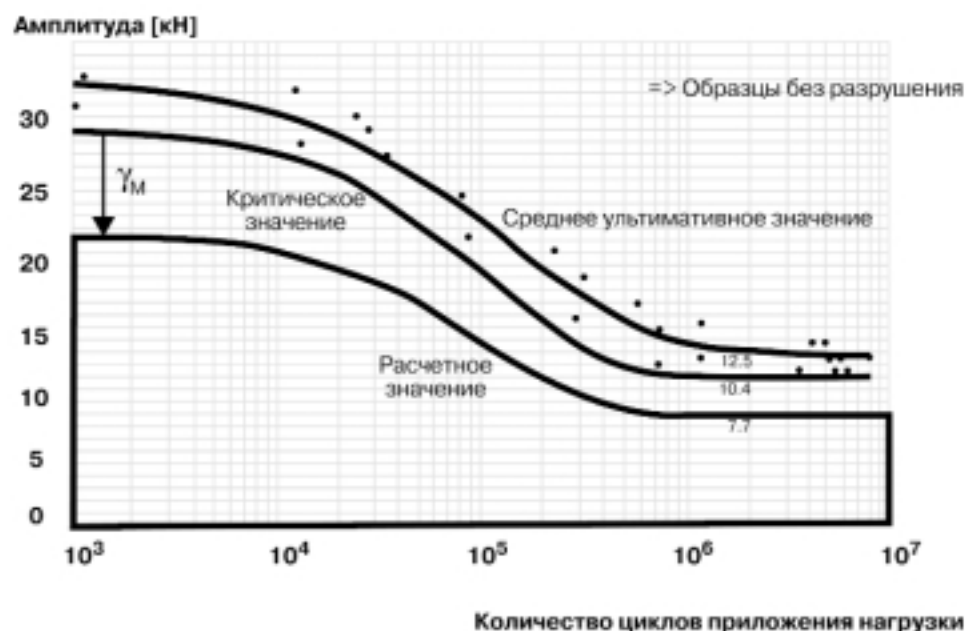
### Работа материала при усталостной нагрузке

Если материал подвержен усталостной нагрузке, то с течением времени, после приложения определенного количества циклов нагрузки, он может разрушиться. Хотя нагрузка в момент разрушения существенно ниже критической нагрузки при статическом нагружении. Эта потеря прочности объясняется усталостью материала.

Часто, работу материала при усталостной нагрузке изображают в виде так называемых S-N кривых (также их называют кривыми Вёлера). Они показывают максимальную амплитуду нагрузки, которую может выдержать материал, при заданном количестве циклов ее приложения (для нагрузки с синусоидальной формой). Если можно определить величину напряжения, при которой разрушение больше не появляется после любого количества циклов приложения нагрузки, то даются рекомендации по усталостной прочности материала или краткосрочной усталостной прочности. Более высокие нагрузки, которые зачастую могут восприниматься в течение только ограниченного времени, появляются в диапазоне пластической усталости.

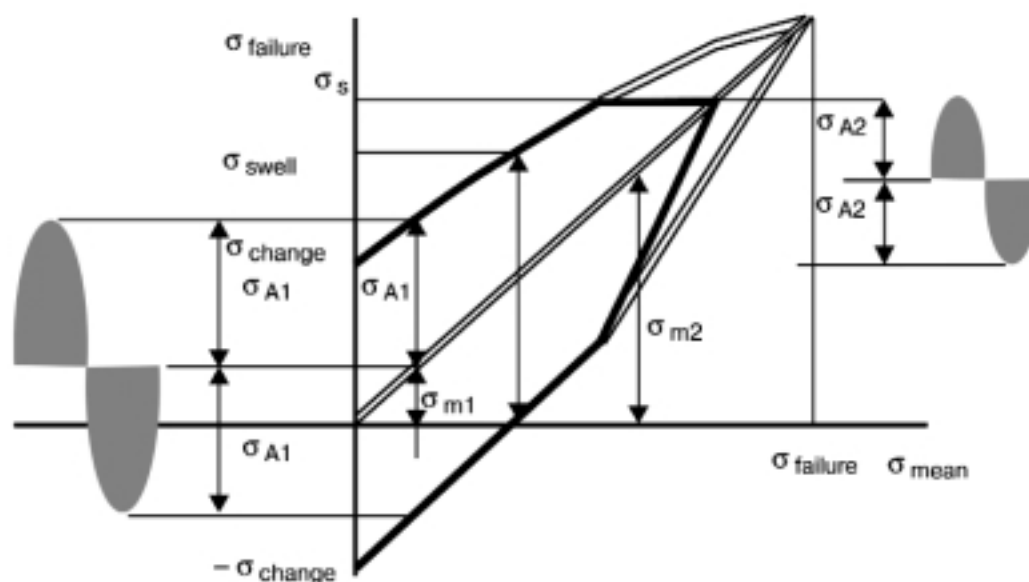


## Воздействия на анкерный крепеж



## Работа стали при усталостной нагрузке

Работа различных марок стали при усталостной нагрузке определена в ходе испытаний на усталость (испытания Вёлера). Если серия испытаний проводится на различные средние напряжения, то получается ряд кривых усталости, из которых можно выявить уменьшение в амплитуде усталостной прочности,  $\sigma_A$ . Графическое изображение зависимости между средним напряжением,  $\sigma_m$ , и амплитудой усталостной прочности,  $\sigma_A$ , в каждом случае называется диаграммой напряжения-количества. На сегодняшний день в основном используется представление Смита.



Марка стали имеет значительное влияние на динамическую прочность. Для структурной и горячеобработанной стали это составляет около 30% статической прочности, и, конечно, значительно меньше, если присутствуют концентрации напряжений. Усталостная прочность реальных элементов зданий подвержена влиянию следующих факторов:

- концентрация напряжений
- тип нагрузки (вырыв, срез, изгиб)
- размеры элемента
- среднее напряжение

Нержавеющая сталь так же, как и пластик не обладает явной усталостной прочностью, и, таким образом, усталостное разрушение может наступить даже после приложения циклов количеством  $>10^7$ .

### Работа бетона при усталостной нагрузке

Разрушение бетона от действия усталостной нагрузки происходит так же, как и при действии статической нагрузки. В ненагруженном состоянии в бетоне уже есть микротрещины в зоне контакта заполнителей и цементной пасты. Усталостная прочность бетона напрямую зависит от его класса. Бетон с большей прочностью на сжатие имеет и большую усталостную прочность. Прочность бетона снижается примерно до 60-65% от начальной после 2000000 циклов приложения нагрузки.

## Работа анкерного крепежа

### 3. Работа анкерного крепежа

В виду того, что динамическая нагрузка имеет различный характер, в данной главе приводится только базовая информация, необходимая для понимания поведения анкерного соединения.



Усталостная нагрузка

#### Работа единичного анкера при усталостной нагрузке

Работа стали и бетона при усталостной нагрузке описана в предыдущей главе. Когда количество циклов приложения превышает  $10^4$ , критичным является крепеж, состоящий из одного анкера (из-за разрушения по стали). Бетон разрушится только в том случае, если анкер установлен на уменьшенную посадку и подвергается нагрузке на вырыв, или же, если анкер установлен на уменьшенном расстоянии от кромки бетона, и подвергается нагрузке на срез.

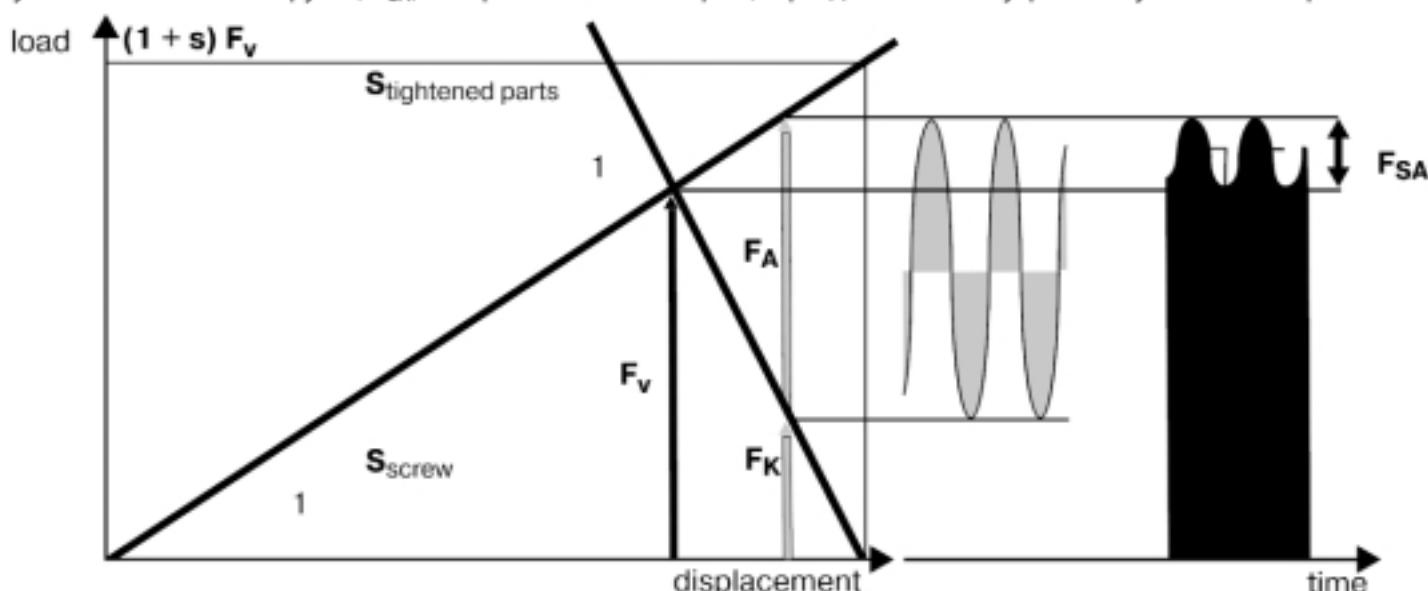
При количестве циклов приложения нагрузки не превышающем  $10^4$ , бетон также может разрушиться. Это в большой степени зависит от отношения площади поперечного сечения стали к глубине анкеровки, т.е. при большом диаметре анкера на малой глубине посадки разрушение будет по бетону, а при малом диаметре анкера на большой глубине посадки разрушение будет по стали.

#### Работа многоанкерного крепежа при усталостной нагрузке

Отдельные анкера в многоанкерном крепеже могут иметь различные упругие характеристики и сопротивляться нагрузке по-разному, например, если какой-то из анкеров установлен в трещину. Это приводит к перераспределению усилий в анкерах в ходе приложения циклов нагрузки. Более жесткие анкера подвергаются более высоким нагрузкам, в то время как нагрузка на более слабые анкера уменьшается. Эти эффекты, влияющие на снижение несущей способности анкеров, учитываются введением понижающих коэффициентов для многоанкерного крепежа. Эти коэффициенты были получены опытным путем.

#### Влияние предварительного напряжения анкеров

Работа анкеров при динамической нагрузке может значительно улучшиться, если их подвергнуть предварительному напряжению. Если внешнее усилие,  $F_A$ , действует на предварительно напряженный анкер, то усталостная часть нагрузки,  $F_{SA}$ , воспринимаемая анкером, гораздо меньше внутреннего усилия в анкере.



$F_A$ : внешняя рабочая нагрузка  
 $F_K$ : сжимающая сила  
 $F_{SA}$ : усталостная часть нагрузки

$F_V$ : сила предварительного напряжения  
 $S_{screw}$ : неподвижность анкера  
 $S_{clamped parts}$ : неподвижность закрепленных деталей

Следовательно, наличие предварительного напряжения является важнейшим фактором в работе анкера при усталостной нагрузке. Тем не менее, с течением времени, все анкера теряют часть предварительного напряжения. Эта потеря обусловлена податливостью бетона, в первую очередь в зоне передачи нагрузки от анкера в бетон, из-за относительных деформаций витков резьбы анкера и релаксации в стержне анкера.

Испытания показали, что сравнительная потеря силы предварительного напряжения может быть определена в анкерах с различным рабочим принципом (анкерная заделка, анкер с подрезкой и расклинивающийся анкер). Таким образом, если не принимать никаких контрмер, то по прошествии значительного времени остаточная сила предварительного напряжения составит 30-50% от начальной.

### Предварительное напряжение анкера, установленного в трещине

Если анкер установлен в трещине, то сила предварительного напряжения значительно понижается и, следовательно, не может учитываться при расчете анкерного крепежа, предназначенного на восприятие усталостной нагрузки.

### Влияние предварительного напряжения анкера, работающего на срез

Сжимающая сила между закрепляемой деталью и базовым материалом, как было показано выше, напрямую зависит от силы предварительного напряжения в анкере. Как правило, сопротивление стали усталостной нагрузке под действием срезающей силы меньше, чем под действием только вырывающей силы. Ввиду этого, необходимо передать, по крайней мере, часть динамической срезающей силы на бетон с помощью трения. Соответственно, чем больше сила предварительного напряжения, тем меньше часть нагрузки, которую должен воспринять анкер. Это имеет огромное влияние на определение количества и размера требуемых анкеров.

Для восприятия динамических срезающих сил рекомендуется использовать анкерные платформы с наличием слот-отверстий. В результате, часть анкеров, при условии, что отверстие имеет соответствующий размер, могут быть рассчитаны на чистый вырыв.

### Предварительное напряжение в дистанционном закреплении

При дистанционном крепеже часть анкера, выступающая из бетона, не подлежит предварительному напряжению. Таким образом, только резьбовая часть шпильки определяет усталостную прочность соединения. Тем не менее, предварительное напряжение анкера сильно влияет на неподвижность анкерного крепежа.

### Влияние типа резьбы

Технология производства резьбы имеет решающее влияние на усталостную прочность. Резьба, накатанная после термической обработки анкера, имеет более высокую прочность, чем накатанная резьба с последующей термической обработкой. Резьбы всех анкеров Хилти накатаны после термической обработки. Также и диаметр резьбы имеет решающее влияние на предельную прочность. Это влияние уменьшается с увеличением диаметра.



Сейсмическая нагрузка

### Пики нагрузок, вызванные землетрясением

Во время землетрясения, анкера могут подвергаться нагрузкам во много раз превышающим их статическую возможность.

Ввиду этого, испытания проводятся на нагрузку, значительно превышающую расчетную. Поведение анкера под сейсмической нагрузкой зависит от величины нагрузки, направления действия нагрузки, базового материала и типа анкера. После землетрясения прочностные характеристики анкера значительно снижаются (до 30-80% от начальной прочности).

**Работа анкерного крепежа****Расчет анкера, как часть общего расчета здания**

При расчете анкерного соединения следует помнить о том, что оно не является каким-то изолированным элементом, предназначенным для восприятия сейсмических нагрузок, а должно быть частью общего комплекса мероприятий, направленных на это. Так как анкера относительно короткие элементы и, таким образом, более неподвижные, возможность восприятия энергии землетрясения анкером ограничена. Другие элементы здания, как правило, лучше соответствуют этой цели.

**Ударная нагрузка**

Увеличение нагрузки в несколько раз за миллисекунды можно воспроизвести в ходе испытаний на специальном оборудовании. Во время этих испытаний можно наблюдать следующие эффекты:

- деформации максимальны при достижении разрушающей нагрузки
- нагрузка, приходящаяся на один анкер, также значительно больше
- разрушающая нагрузка имеет приблизительно одинаковое значение, как при статических, так и ударных испытаниях

В этом отношении, последние исследования показывают, что базовый материал (бетон сжатой или растянутой зоны) не имеет прямого влияния на несущую способность.

**Пригодность анкеров для динамической нагрузки****Пригодность анкеров для усталостной нагрузки**

Как механические, так и химические анкера пригодны для использования в соединениях, подвергающихся усталостной нагрузке. В виду того, что марка стали играет ведущую роль в надежности крепежа, Хилти производит анкера HDA и HVZ из специальной стали, способной выдерживать усталостные нагрузки, а также подвергает эти анкера специальным испытаниям. При использовании других анкеров следует учитывать их общие прочностные характеристики.

**Пригодность анкеров для сейсмической нагрузки**

При прогнозируемой сейсмической нагрузке предпочтение отдается химическим анкерам. Однако, существуют дополнительные требования, которые надо учесть. Например, поведение в огне или при высоких температурах, т.е. поведение при изменении нагрузки, которое ограничивает возможность использования химических анкеров и делает использование механических анкеров предпочтительным.

**Пригодность анкеров для ударной нагрузки**

До настоящего времени механические анкера применялись, прежде всего, в сооружениях гражданской обороны. Эти механические анкера успешно зарекомендовали себя при использовании в растянутой зоне бетона. Недавно, начался выпуск и химических анкеров, пригодных для использования в растянутой зоне бетона. Например, анкер HVZ, который также предназначен для восприятия ударных нагрузок. При действии других ударных нагрузок, например, действующих на крепления рельсов, можно использовать как механические анкера, например, анкер HUC, так и химические анкера, например, шпилька HAS в сочетании с капсулой HVU.

### 4. Расчет анкерного крепежа

Способность анкера сопротивляться разным динамическим нагрузкам может значительно различаться. В этой главе кратко описывается современный технический уровень расчета. В дополнение к этому должны учитываться национальные и международные требования к расчету.



Усталостная нагрузка

#### Внешняя нагрузка

Усталостная нагрузка часто описывается как многократно повторяющаяся нагрузка с определенной амплитудой. Наименьшая, постоянно действующая нагрузка – это статическая нагрузка  $F$ . Разница между постоянно действующей нагрузкой  $F$  и максимальной нагрузкой – это усталостная часть нагрузки  $\Delta F$ . Для нагрузки на срез усталостная часть  $\Delta V$  действует непосредственно на крепеж, если трение между опорной плитой и базовым материалом велико. Для нагрузки на вырыв усталостная часть внешней нагрузки  $\Delta N$  в анкере должна быть определена.



При упрощенном расчете все нагрузки считаются усталостными ( $\Delta F = F + \Delta F$ ), трение и сила предварительного напряжения в анкере не учитывается ( $=0$ ).

#### Сила предварительного напряжения в анкере

В анкере, установленном в сжатой зоне бетона, сила предварительного напряжения, с учетом влияния долгосрочных эффектов, определяется по формуле:

$$F_{b,d} = \frac{k_1 \cdot M_d \cdot k_{sc}}{k_{tr} \cdot d}, \text{ где}$$

$F_{b,d}$  – сила предварительного напряжения в анкере

$k_1$  – коэффициент, полученный опытным путем

$M_d$  – момент затяжки [Нм]

$k_{sc}$  – коэффициент, учитывающий срок службы

(без последующего нагружения – 0,3 для HDA и 0,2 для HVZ;

с регулярным последующим нагружением – 0,4 для HDA и 0,3 для HVZ)

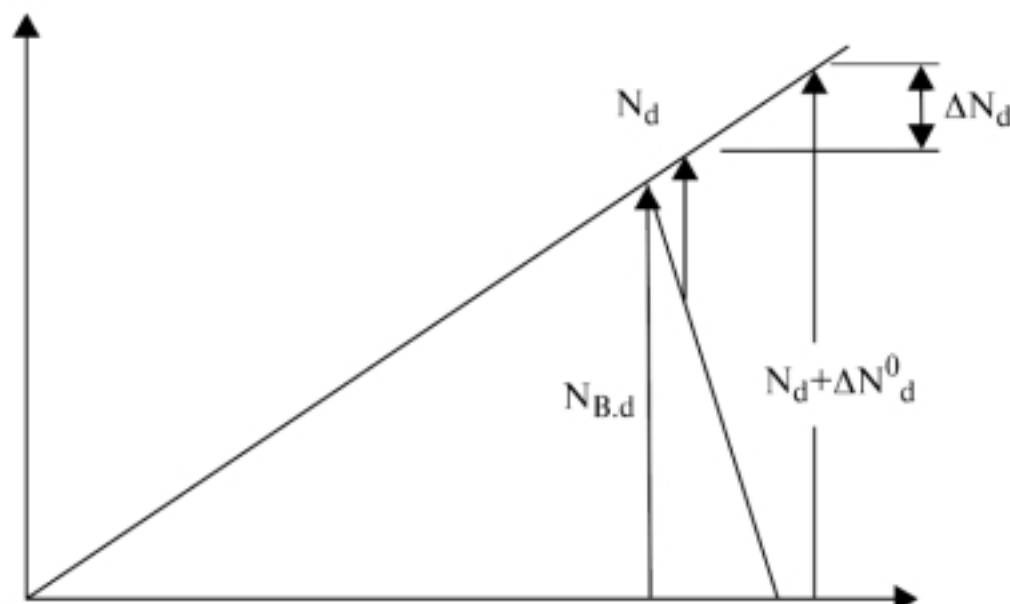
$k_{tr}$  – переводной коэффициент = 0,3

$d$  – номинальный диаметр анкера [мм]

Если анкер установлен в трещине, то сила предварительного напряжения исчезает и поэтому равна 0.

## Расчет анкерного крепежа

### Усталостная часть нагрузки на вырыв



Усилие в анкере:

если  $N_d \leq F_{B,d} \cdot (1+s)$ :  $N_{u,d} = N_d$

при статической нагрузке  $N_d$ :  $N_d > F_{B,d} \cdot (1+s)$ :  $N_{u,d} = N_d \cdot s / (1+s)$

при максимальной нагрузке  $N_d + \Delta N_d^0$ :

если  $N_d + \Delta N_d^0 \leq F_{B,d} \cdot (1+s)$ :  $N_{o,d} = (N_d + \Delta N_d^0) \cdot s / (1+s)$

если  $N_d + \Delta N_d^0 > F_{B,d} \cdot (1+s)$ :  $N_{o,d} = (N_d + \Delta N_d^0)$

$s = 0,67$

усталостная часть нагрузки в анкере:  $\Delta N_d = N_{o,d} - N_{u,d}$

минимальная сжимающая сила:  $N_{k,min} = (N_d + \Delta N_d^0) - N_{o,d}$

### Усталостная часть нагрузки на срез

Сила трения:  $V_{R,d} = N_{k,min} \cdot \mu$ , где  $N_{k,min}$  - минимальная сжимающая сила

$\mu$  - коэффициент трения  $= 0,2$

Если максимальная срезающая сила  $V_d + \Delta V_d^0 \leq V_{R,d}$ , то действующая сила на анкер  $\Delta V_d = 0$ , иначе общая внешняя нагрузка, действующая на анкер  $\Delta V_d = \Delta V_d^0$ .

### Расчет на статическую нагрузку

Расчет на статическую нагрузку должен осуществляться согласно обычному расчету анкера с учетом национальных и международных требований к расчету (ETA, ICBO и т.д.).

### Расчет на усталостную нагрузку

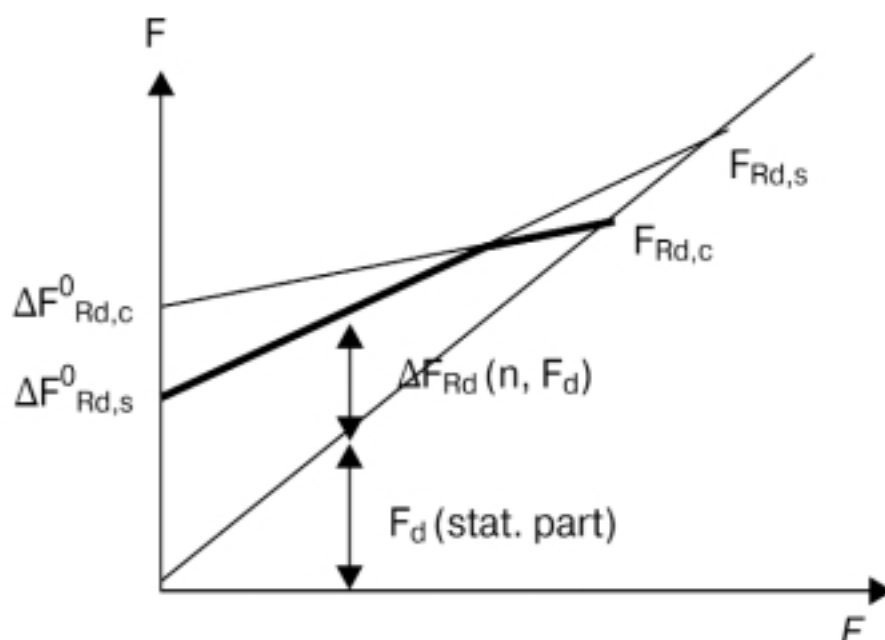
В общем случае, расчет на усталостную нагрузку должен осуществляться на усталостную часть внешней силы  $\Delta F$  и соответствующее количество циклов приложения нагрузки  $n$ .

$$\Delta F_{R,d}(n) > \Delta F_d$$

Для упрощенного расчета количество циклов приложения нагрузки принимается равным  $n \geq 2000000$  и общая нагрузка считается усталостной.

### Идентификация усталостной прочности

Для вырывающей и срезающей сил усталостная прочность стали и бетона должна быть определена. Эти значения ( $\Delta N_{Rd,s}$ ,  $\Delta N_{Rd,c}$ ,  $\Delta V_{Rd,s}$ ,  $\Delta V_{Rd,c}$ ) определяются опытным путем при различных количествах циклов приложения нагрузки (кривые Вёлера).



$$\Delta N_{Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} \Delta N^0_{Rd,s} + (N_{Rd,s} - \Delta N^0_{Rd,s}) \cdot \frac{N_d}{N_{Rd,s}} - N_d \\ \Delta N^0_{Rd,c} + (N_{Rd,c} - \Delta N^0_{Rd,c}) \cdot \frac{N_d}{N_{Rd,c}} - N_d \end{array} \right\}$$

При расчете многоанкерного крепежа должен учитываться коэффициент группы, понижающий общую несущую способность крепежа из-за перераспределения нагрузки от плохо установленных анкеров на остальные анкера.



**Сейсмическая нагрузка**

### Внешняя нагрузка

Очень сложно определить точную величину внешней нагрузки, действующей на анкер во время землетрясения. В связи с этим, согласно большинству национальных и международных требований к расчету, при определении внешней нагрузки во время землетрясения используется статическая нагрузка, умноженная на соответствующий коэффициент сейсмической нагрузки. Во время землетрясения, как правило, наиболее критичными являются сдвигающие силы, вызванные подвижками грунтового массива.

### Расчет анкерного крепежа

Работа анкерного крепежа при действии сейсмической нагрузки зависит от величины нагрузки, от ее направленности, от базового материала и типа анкера.

Таким образом, очень важно сопоставить методику испытаний анкеров и возможную реальную внешнюю нагрузку. Не существует общей для всех процедуры расчета. Каждый случай – индивидуален.

Было испытано огромное количество анкеров в соответствии с различными методиками (ICBO, CAN/CSA, KEPKO, ENEL, Bechtel, Sweep1, Sweep2). Поэтому результаты этих тестов соответствуют только определенным методикам испытаний.

Для получения согласия UBC (Uniform Building Code) анкеры Хилти прошли испытания в соответствии с ICBO ES AC01 (HDA, HSL, KB-II) и AC58 (HVA). В UBC 1997 года есть рекомендации по расчету прочности и по допустимому расчету напряжений. В каждом из этих двух разных методов расчета предусмотрены различные комбинации нагрузок с разными коэффициентами запаса.



**Расчет анкерного крепежа****Ударная нагрузка**

При расчете на ударную нагрузку, важным является определение допустимых деформаций и нагрузок, которые будут действовать после приложения ударной нагрузки. Если допускается наличие только упругих деформаций после приложения ударной нагрузки, то статической прочности анкера также хватит и для восприятия удара. Это зачастую приводит к экономически неэффективному выбору анкера. Чтобы этого избежать, различные руководства по расчету допускают наличие пластических деформаций, при условии, что анкера заменяются новыми после восприятия ударной нагрузки. В этом случае сопротивление анкера удару значительно возрастает.

Согласно немецким инструкциям по расчету, сопротивление расклинивающихся анкеров увеличивается в 1,7 раза по сравнению со статическим сопротивлением; у анкеров с подрезкой сопротивление может увеличиться в 2,7 раза.

### 5. Информация о продукте. Усталостная нагрузка.

Ниже приведенные значения сопротивлений на вырыв, срез и комбинированную нагрузку подтверждены DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik). Эти информация о продукте является действительной только в сочетании с общей информацией, приведенной в Руководстве по анкерному крепежу. **Использование динамического набора (Приложение А) является обязательным.**

Расчет осуществляется при следующих условиях:

- все прилагаемые нагрузки относятся к усталостным
- коэффициент запаса по нагрузке  $\gamma_F=1$
- при расчете многоанкерного крепежа должен учитываться коэффициент группы (перераспределение усилий между анкерами)
- количество циклов приложения нагрузки  $n \geq 2000000$
- расчет при уменьшенном межосевом расстоянии, расстоянии до кромки и изменении других характеристик бетона осуществляется согласно расчетному Методу Хилти СС
- сопротивление бетона вырыву анкера ( $N_{Rk,2}$ ,  $N_{Rk,3}$ ) должно быть уменьшено

#### 5.1. Информация о продукте. HDA

##### Базовые значения нагрузок (для единичного анкера): HDA-P ( $n \geq 2'000'000$ )

Разрушение по стали в бетоне с трещиной и без трещины:

Критическое сопротивление,  $\Delta R_k$  [кН]: бетон C20/25

Размер	M10	M12	M16
Вырыв $\Delta N_{Rk,s}$	10.1	17.7	34.4
Срез $\Delta V_{Rk,s}$	2.74	5.94	8.18

$\gamma_{MsN}=1.5$ ;  $\gamma_{MsV}=1.35$  – коэффициенты запаса по материалу согласно DIBt

Расчетное сопротивление,  $\Delta R_d$  [кН]:  $f_{ck,cube}=25\text{кН/мм}^2$

Размер	M10	M12	M16
Вырыв $\Delta N_{Rd,s}$	6.7	11.8	22.9
Срез $\Delta V_{Rd,s}$	2.0	4.4	6.1

Коэффициенты группы: вырыв:  $\gamma_{F,M}$  / срез:  $\gamma_{F,V}$   $\gamma_{F,M}=\gamma_{F,V}=1$  для единичного анкера  
 $\gamma_{F,M}=1.3$   $\gamma_{F,V}=1.2$  для группы анкеров

##### Базовые значения нагрузок (для единичного анкера): HDA-T ( $n \geq 2'000'000$ )

Разрушение по стали в бетоне с трещиной и без трещины:

Критическое сопротивление,  $\Delta R_k$  [кН]: бетон C20/25

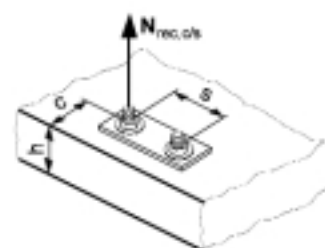
Размер	M10	M12	M16
Вырыв $\Delta N_{Rk,s}$	10.1	17.7	34.4
Срез $\Delta V_{Rk,s}$	8.52	15.3	23.3

$\gamma_{MsN}=1.5$ ;  $\gamma_{MsV}=1.35$  – коэффициенты запаса по материалу согласно DIBt

Расчетное сопротивление,  $\Delta R_d$  [кН]:  $f_{ck,cube}=25\text{кН/мм}^2$

Размер	M10	M12	M16
Вырыв $\Delta N_{Rd,s}$	6.7	11.8	22.9
Срез $\Delta V_{Rd,s}$	6.3	11.3	17.3

## Детали расчетного Метода Хилти – СС ВЫРЫВ



### $\Delta N_{Rd}$ : определение расчетного сопротивления вырыву

$\Delta N_{Rd}$  = наименьшее из  $\Delta N_{Rd,p}$ ,  $\Delta N_{Rd,c}$  и  $\Delta N_{Rd,s}$

**Комбинированная нагрузка:** При одновременном действии нагрузок вырыва и среза необходимо провести проверку на комбинированную нагрузку (методику расчета смотри ниже).

### $\Delta N_{Rd,p}$ : сопротивление вырыву из бетона (только для растянутой зоны бетона)

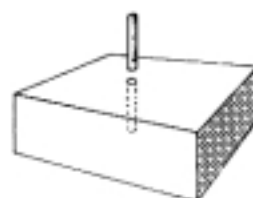
$$\Delta N_{Rd,p} = \Delta N_{Rd,p}^0 \cdot f_B$$

#### $\Delta N_{Rd,p}^0$ <sup>1)</sup> : базовое расчетное сопротивление

- прочность бетона на сжатие:  $f_{ck,cube} = 25 \text{ Н/мм}^2$

Размер	HDA-T/HDA-P	M10	M12	M16
$\Delta N_{Rd,p}^0$ [кН]	для бетона с трещиной	9.9	13.8	29.6

<sup>1)</sup> Расчетное значение вычисляется из  $\Delta N_{Rd,p}^0 = \Delta N_{Rd,p}^0 / \gamma_{Mc}$ , где частный коэффициент запаса для бетона равен  $\gamma_{Mc} = 1.62$ , а  $\Delta N_{Rd,p}^0 = 64\% N_{Rd,p}$ . Величина нагрузки принимается как постоянная. Смещение меньше чем  $d_{90\%} \leq 3 \text{ мм}$  после 1000 циклов открытия и закрытия трещины ( $w = 0.3 \text{ мм}$ ).



### $\Delta N_{Rd,c}$ : сопротивление разрушению бетона по конусу

$$\Delta N_{Rd,c} = \Delta N_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_{A,N} \cdot f_{R,N}$$

#### $\Delta N_{Rd,c}^0$ : базовое расчетное сопротивление

- прочность бетона на сжатие:  $f_{ck,cube} = 25 \text{ Н/мм}^2$

Размер	HDA-T/HDA-P	M10	M12	M16
$\Delta N_{Rd,c}^0$ [кН]	для бетона с трещиной $w = 0.3 \text{ мм}$	16.4	22.9	42.9

<sup>1)</sup> Расчетное значение вычисляется из  $\Delta N_{Rd,c}^0 = \Delta N_{Rd,c}^0 / \gamma_{Mc}$ , где частный коэффициент запаса для бетона равен  $\gamma_{Mc} = 1.62$ , а  $\Delta N_{Rd,c}^0 = 64\% N_{Rd,c}$ .

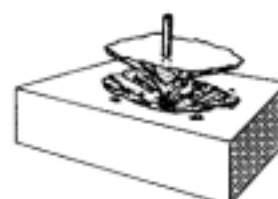
#### $f_B$ : коэффициент прочности бетона

- Геометрия испытательных образцов: куб со стороной 15 см; цилиндр диаметром 15 см, высотой 30 см

Наименование прочности (ENV 206)	Прочность на сжатие по цилиндру $f_{ck,cyl}$ [Н/мм <sup>2</sup> ]	Прочность на сжатие по кубу $f_{ck,cube}$ [Н/мм <sup>2</sup> ]	$f_B$
C20/25	20	25	1.0
C25/30	25	30	1.1
C30/37	30	37	1.22
C35/45	35	45	1.34
C40/50	40	50	1.41
C45/55	45	55	1.48
C50/60	50	60	1.55

$$f_B = \sqrt{\frac{f_{ck,cube}}{25}}$$

Пределы:  
 $25 \text{ Н/мм}^2 \leq f_{ck,cube(150)} \leq 60 \text{ Н/мм}^2$



$f_{A,N}$  : коэффициент межосевого расстояния

Расстояние, s [мм]	HDA-T/HDA-P Размер		
	M10	M12	M16
100	0.67		
125	0.71	0.67	
150	0.75	0.70	
190	0.82	0.75	0.67
200	0.83	0.77	0.68
250	0.92	0.83	0.72
300	1.00	0.90	0.76
350		0.97	0.81
375		1.00	0.83
400			0.85
450			0.89
500			0.94
550			0.98
570			1.00

$$f_{A,N} = 0.5 + \frac{s}{6 \cdot h_{ef}}$$

Пределы:

$$s_{min} \leq s \leq s_{cr,N}$$

$$s_{min} = h_{ef}$$

$$s_{cr,N} = 3 \cdot h_{ef}$$

$f_{R,N}$  : коэффициент расстояния до кромки

Расстояние, c [мм]	HDA-T/HDA-P Размер		
	M10	M12	M16
80	0.66		
100	0.76	0.66	
120	0.86	0.74	
140	0.96	0.82	
150	1.00	0.87	0.66
160		0.90	0.68
180		0.98	0.73
187		1.00	0.75
200			0.79
220			0.84
240			0.89
260			0.94
280			0.99
285			1.00

$$f_{R,N} = 0.27 + 0.49 \cdot \frac{c}{h_{ef}}$$

Пределы:

$$c_{min} \leq c \leq c_{cr,N}$$

$$c_{min} = 0.8 \cdot h_{ef}$$

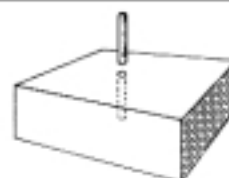
$$c_{cr,N} = 1.5 \cdot h_{ef}$$

**Замечание:**

Если более чем 3 кромки меньше чем  $c_{cr,N}$  проконсультируйтесь с инженером компании Хилти

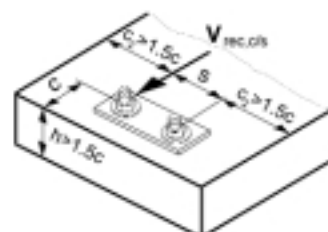
$\Delta N_{Rd,s}$  : сопротивление разрушению по стали

Размер	HDA-T/HDA-P	M10	M12	M16
$\Delta N_{Rd,s}$ [кН]		6.7	11.8	22.9



## Детали расчетного Метода Хилти - СС СРЕЗ

**Замечание:** Если минимальные размеры  $h$  и  $c_2$  не выдерживаются, проконсультируйтесь с инженером компании Хилти.



### $\Delta V_{Rd}$ : определение расчетного сопротивления срезу

$$\Delta V_{Rd} = \text{наименьшее из } \Delta V_{Rd,c} \text{ и } \Delta V_{Rd,s}$$

**Комбинированная нагрузка:** При одновременном действии нагрузок вырыва и среза необходимо провести проверку на комбинированную нагрузку (методику расчета смотри ниже).

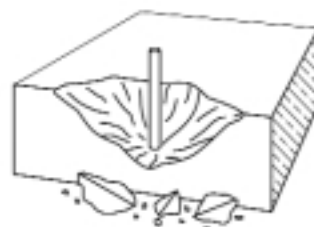
### $\Delta V_{Rd,c}$ : сопротивление разрушению бетона по кромке

Наименьшее сопротивление кромки бетона должно быть определено по всем прилегающим свободным граням (не только в направлении действующей нагрузки на срез). Направление действующей нагрузки на срез учитывается коэффициентом  $f_{\beta,V}$ .

$$\Delta V_{Rd,c} = \Delta V_{Rd,c}^0 \cdot f_{\beta,V} \cdot f_{AR,V}$$

### $\Delta V_{Rd,c}^0$ : базовое расчетное сопротивление

- прочность бетона на сжатие:  $f_{ck,cube} = 25 \text{ Н/мм}^2$
- при минимальном расстоянии до кромки  $c_{min}$



Размер	HDA-T/HDA-P	M10	M12	M16
$\Delta V_{Rd,c}^0$ <sup>1)</sup> [кН] для бетона с трещиной $w = 0.3 \text{ мм}$		3.1	4.6	9.5
$\Delta V_{Rd,c}^0$ <sup>1)</sup> [кН] для бетона без трещины		4.3	6.5	13.3
$c_{min}$ [мм] для бетона с трещиной и без трещины		80	100	150

<sup>1)</sup> Расчетное значение сопротивления вычисляется по  $\Delta V_{Rd,c}^0 = \Delta V_{Rk,c}^0 / \gamma_{Mc,V}$ , где частный коэффициент запаса  $\gamma_{Mc,V}$ , равен 1.62, а  $\Delta V_{Rk,c} = 55\% V_{Rk,c}$ .

### $f_{\beta}$ : коэффициент прочности бетона

- Геометрия испытательных образцов: куб со стороной 15 см; цилиндр диаметром 15 см, высотой 30 см

Наименование прочности (ENV 206)	Прочность на сжатие по цилиндру $f_{cyl}$ [Н/мм <sup>2</sup> ]	Прочность на сжатие по кубу $f_{cube}$ [Н/мм <sup>2</sup> ]	$f_{\beta}$
C20/25	20	25	1.0
C25/30	25	30	1.1
C30/37	30	37	1.22
C35/45	35	45	1.34
C40/50	40	50	1.41
C45/55	45	55	1.48
C50/60	50	60	1.55

$$f_{\beta} = \sqrt{\frac{f_{ck,cube}}{25}}$$

Пределы:  
 $25 \text{ Н/мм}^2 \leq f_{ck,cube(150)} \leq 60 \text{ Н/мм}^2$

$f_{\beta,V}$  : коэффициент направленности нагрузки

Угол $\beta$ [°]	$f_{\beta,V}$
0 to 55	1
60	1.1
70	1.2
80	1.5
90 to 180	2

$$f_{\beta,V} = 1 \quad \text{для } 0^\circ \leq \beta \leq 55^\circ$$

$$f_{\beta,V} = \frac{1}{\cos \beta + 0.5 \sin \beta} \quad \text{для } 55^\circ < \beta \leq 90^\circ$$

$$f_{\beta,V} = 2 \quad \text{для } 90^\circ < \beta \leq 180^\circ$$



$f_{AR,V}$  : коэффициент межосевого расстояния и расстояния до кромки

Для единичного анкерного крепежа только влияние кромки бетона

$$f_{AR,V} = \frac{c}{c_{min}} \sqrt{\frac{c}{c_{min}}}$$

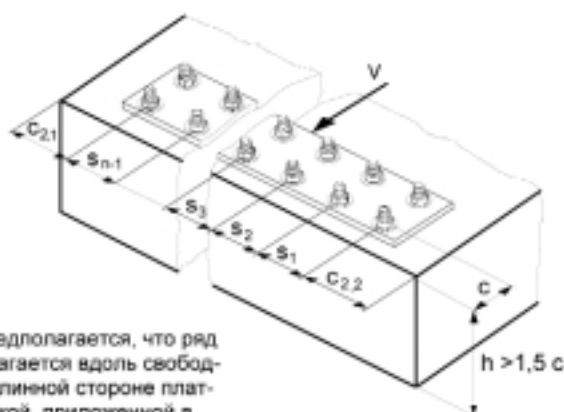
Для пары анкеров при  $s < 3c$

$$f_{AR,V} = \frac{3c + s}{6c_{min}} \sqrt{\frac{c}{c_{min}}}$$

Общая формула для  $n$  анкеров при  $s_1$  по  $s_{n-1} < 3c$

$$f_{AR,V} = \frac{3c + s_1 + s_2 + \dots + s_{n-1}}{3nc_{min}} \sqrt{\frac{c}{c_{min}}}$$

Результаты занесены в таблицу



Замечание: Предполагается, что ряд анкеров располагается вдоль свободной кромки по длинной стороне платформы с нагрузкой, приложенной в середине платформы

$f_{AR,V}$		$c/c_{min}$																
		1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	
Единичный анкер		1.00	1.31	1.66	2.02	2.41	2.83	3.26	3.72	4.19	4.69	5.20	5.72	6.27	6.83	7.41	8.00	
$s/c_{min}$	1.0	0.67	0.84	1.03	1.22	1.43	1.65	1.88	2.12	2.36	2.62	2.89	3.16	3.44	3.73	4.03	4.33	
	1.5	0.75	0.93	1.12	1.33	1.54	1.77	2.00	2.25	2.50	2.76	3.03	3.31	3.60	3.89	4.19	4.50	
	2.0	0.83	1.02	1.22	1.43	1.65	1.89	2.13	2.38	2.63	2.90	3.18	3.46	3.75	4.05	4.35	4.67	
	2.5	0.92	1.11	1.32	1.54	1.77	2.00	2.25	2.50	2.77	3.04	3.32	3.61	3.90	4.21	4.52	4.83	
	3.0	1.00	1.20	1.42	1.64	1.88	2.12	2.37	2.63	2.90	3.18	3.46	3.76	4.06	4.36	4.68	5.00	
	3.5		1.30	1.52	1.75	1.99	2.24	2.50	2.76	3.04	3.32	3.61	3.91	4.21	4.52	4.84	5.17	
	4.0			1.62	1.86	2.10	2.36	2.62	2.89	3.17	3.46	3.75	4.05	4.36	4.68	5.00	5.33	
	4.5				1.96	2.21	2.47	2.74	3.02	3.31	3.60	3.90	4.20	4.52	4.84	5.17	5.50	
	5.0					2.33	2.59	2.87	3.15	3.44	3.74	4.04	4.35	4.67	5.00	5.33	5.67	
	5.5						2.71	2.99	3.28	3.57	3.88	4.19	4.50	4.82	5.15	5.49	5.83	
	6.0						2.83	3.11	3.41	3.71	4.02	4.33	4.65	4.98	5.31	5.65	6.00	
	6.5							3.24	3.54	3.84	4.16	4.47	4.80	5.13	5.47	5.82	6.17	
	7.0								3.67	3.98	4.29	4.62	4.95	5.29	5.63	5.98	6.33	
	7.5									4.11	4.43	4.76	5.10	5.44	5.79	6.14	6.50	
	8.0										4.57	4.91	5.25	5.59	5.95	6.30	6.67	
	8.5											5.05	5.40	5.75	6.10	6.47	6.83	
	9.0												5.55	5.90	6.26	6.63	7.00	
	9.5													5.89	6.05	6.42	6.79	7.17
	10.0														6.21	6.58	6.95	7.33
	10.5															6.74	7.12	7.50
	11.0																7.28	7.67
	11.5																	7.83
	12.0																	8.00

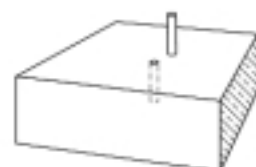
Эти данные для пары анкеров.

Для большего числа анкеров используйте для расчета формулу  $n$  анкеров в начале раздела.

$\Delta V_{Rd,s}$  : сопротивление разрушению по стали

Размер		M10	M12	M16
$\Delta V_{Rd,s}$ [кН]	HDA-T	6.3	11.3	17.3
	HDA-P	2.0	4.4	6.1

<sup>1)</sup> Расчетное значение сопротивления вычисляется из  $\Delta V_{Rd,s} = \Delta V_{Rk,s} / \gamma_{Ms,V}$ . Частный коэффициент запаса  $\gamma_{Ms,V}$  равен 1.35.



## Комбинированная нагрузка

Сталь: 
$$\frac{\gamma_{F,N} \cdot \Delta N_{Sd}^h}{\frac{\Delta N_{Rk,s}}{\gamma_{MbN}}} + \frac{\gamma_{F,V} \cdot \Delta V_{Sd}^h}{\frac{\Delta V_{Rk,s}}{\gamma_{MbV}}} \leq 1.0$$
 **максимально нагруженный анкер**

Бетон: 
$$\left( \frac{\Delta N_{Sd}^g}{\frac{\Delta N_{Rk,c}^g}{\gamma_{Mc}}} \right) + \left( \frac{\Delta V_{Sd}^g}{\frac{\Delta V_{Rk,c}^g}{\gamma_{Mc}}} \right) \leq 1.0$$
 **группа анкеров**

### 5.2. Информация о продукте. HVZ

#### Базовые значения нагрузок (для единичного анкера): HAS-TZ

Разрушение по стали в бетоне с трещиной и без трещины:

Критическое сопротивление,  $\Delta R_k$  [кН]: бетон C20/25

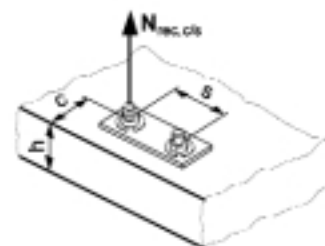
Размер	M10x75	M12x95	M16x105	M16x125	M20x170
Вырыв $\Delta N_{Rk,s}$	10.5	19.8	21.1	27.6	27.6
Срез $\Delta V_{Rk,s}$	3.9	6.9	12.4	12.4	12.4

Расчетное сопротивление,  $\Delta R_d$  [кН]:  $f_{ck, cube} = 25 \text{ кН/мм}^2$

Размер	M10x75	M12x95	M16x105	M16x125	M20x170
Вырыв $\Delta N_{Rd,s}$	7.8	14.7	15.6	20.4	20.4
Срез $\Delta V_{Rd,s}$	3.6	6.3	11.3	11.3	11.3

Коэффициенты группы: вырыв:  $\gamma_{F,N}$  / срез:  $\gamma_{F,V}$   $\gamma_{F,N} = \gamma_{F,V} = 1$  для единичного анкера  
 $\gamma_{F,N} = 1.45$   $\gamma_{F,V} = 1.3$  для группы анкеров

### Детали расчетного Метода Хилти – СС ВЫРЫВ



#### $\Delta N_{Rd}$ : определение расчетного сопротивления вырыву

$\Delta N_{Rd}$  = наименьшее из  $\Delta N_{Rd,p}$ ,  $\Delta N_{Rd,c}$  и  $\Delta N_{Rd,s}$

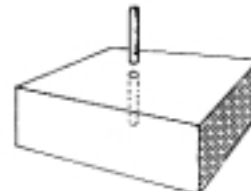
**Комбинированная нагрузка:** При одновременном действии нагрузок вырыва и среза необходимо провести проверку на комбинированную нагрузку (методику расчета смотри ниже).

#### $\Delta N_{Rd,p}$ : сопротивление вырыву из бетона (только для растянутой зоны бетона)

$$\Delta N_{Rd,p} = \Delta N_{Rd,p}^0 \cdot f_B$$

#### $N_{Rd,p}^0$ <sup>1)</sup> : базовое расчетное сопротивление

- прочность бетона на сжатие:  $f_{ck, cube} = 25 \text{ кН/мм}^2$



Размер	HVZ	M10x75	M12x95	M16x105	M16x125	M20x170
$\Delta N_{Rd,p}^0$ [кН]	для бетона с трещиной	5.3	10.8	12.5	15.5	29.4
$\Delta N_{Rd,p}^0$ [кН]	для бетона без трещиной	6.6	12.5	15.5	18.6	35.6

<sup>1)</sup> Расчетное значение вычисляется из  $\Delta N_{Rd,p}^0 = \Delta N_{Rk,p}^0 / \gamma_{M0}$ , где частный коэффициент запаса для бетона равен  $\gamma_{M0} = 2.27$  (для M10),  $\gamma_{M0} = 1.94$  (для M12, M16, M20), а  $\Delta N_{Rk,p}^0 = 60\% N_{Rk,p}$ . Величина нагрузки принимается как постоянная. Смещение меньше чем  $d_{0.05\%} \leq 3$  мм после 1000 циклов открытия и закрытия трещины ( $w = 0.3$  mm).



Информация о продукте. Усталостная нагрузка. HVZ

$\Delta N_{Rd,c}$  : сопротивление разрушению бетона по конусу

$$\Delta N_{Rd,c} = \Delta N_{Rd,c}^0 \cdot f_{B,N} \cdot f_{A,N} \cdot f_{R,N}$$



$\Delta N_{Rd,c}^0$  : базовое расчетное сопротивление

- прочность бетона на сжатие:  $f_{ck,cube} = 25 \text{ Н/мм}^2$

Размер	HVZ	M10x75	M12x95	M16x105	M16x125	M20x170
$\Delta N_{Rd,c}^0$ [кН]	для бетона с трещиной	12.1	17.3	20.1	28.1	41.4
$\Delta N_{Rd,c}^0$ [кН]	для бетона без трещиной	8.7	12.3	14.3	18.6	29.6
$h_{ef}$ [мм]	фактическая глубина анкеровки	75	95	105	125	170

<sup>1)</sup> Расчетное значение вычисляется из  $\Delta N_{Rd,c}^0 = \Delta N_{Rd,c}^0 / \gamma_{M,c}$ , где частный коэффициент запаса для бетона равен  $\gamma_{M,c} = 1.62$ , а  $\Delta N_{Rd,c}^0 = 60\% N_{Rd,c}$ .

$f_{B,N}$  : коэффициент прочности бетона

- Геометрия испытательных образцов: куб со стороной 15 см; цилиндр диаметром 15 см, высотой 30 см

Наименование прочности (ENV 206)	Прочность на сжатие по цилиндру $f_{ck,cyl}$ [Н/мм <sup>2</sup> ]	Прочность на сжатие по кубу $f_{ck,cube}$ [Н/мм <sup>2</sup> ]	$f_{B,N}$			
			M10	M12	M16	M20
C20/25	20	25	1.0		1.0	
C25/30	25	30	1.03		1.07	
C30/37	30	37	1.06		1.17	
C35/45	35	45	1.10		1.29	
C40/50	40	50	1.13		1.36	
C45/55	45	55	1.15		1.43	
C50/60	50	60	1.18		1.51	

K=197.5 для M10, M12; K=68.75 для M16, M20

$$f_{B,N} = 1 + \left( \frac{f_{ck,cube} - 25}{K} \right)$$

Пределы:  
 $25 \text{ Н/мм}^2 \leq f_{ck,cube(150)} \leq 60 \text{ Н/мм}^2$

$f_{A,N}$  : коэффициент межсоединения

Расстояние, s [мм]	Размер				
	M10	M12	M16	M16L	M20
60	0.63				
65	0.64				
70	0.66				
75	0.67	0.63			
80	0.68	0.64			
85	0.69	0.65	0.63	0.61	
90	0.70	0.66	0.64	0.62	
100	0.72	0.68	0.66	0.63	
120	0.77	0.71	0.69	0.66	
135	0.80	0.74	0.71	0.68	0.63
140	0.81	0.75	0.72	0.69	0.64
160	0.86	0.78	0.75	0.71	0.66
180	0.90	0.82	0.79	0.74	0.68
200	0.94	0.85	0.82	0.77	0.70
220	1.00	0.89	0.85	0.79	0.72
240		0.92	0.88	0.82	0.74
270		0.97	0.93	0.86	0.76
300		1.00	0.98	0.90	0.79
330			1.00	0.94	0.82
360				0.98	0.85
380				1.00	0.88
420					0.91
450					0.94
480					0.97
510					1.00

$$f_{A,N} = 0.5 + \frac{s}{6h_{ef}} \quad \text{Пределы: } s_{\min} \leq s \leq s_{cr,N}$$

Размер	M10	M12	M16	M16L	M20
$s_{\min}$ [мм]	60	75	85		135
$s_{cr,N}$ [мм]	225	285	315	375	510

$f_{R,N}$ : коэффициент расстояния до кромки

Расстояние, $c$ [мм]	Размер				
	M10	M12	M16	M16L	M20
60	0.65				
65	0.68				
70	0.72				
75	0.75	0.64			
80	0.78	0.67			
85	0.82	0.70	0.65	0.59	
90	0.85	0.72	0.68	0.61	
95	0.88	0.75	0.70	0.63	
100	0.92	0.78	0.73	0.65	
105	0.95	0.80	0.75	0.67	
110	0.98	0.83	0.77	0.69	
115	1.00	0.86	0.80	0.71	
125		0.91	0.85	0.75	
135		0.96	0.89	0.79	0.65
145		1.00	0.94	0.83	0.68
155			1.00	0.87	0.71
165				0.91	0.74
175				0.95	0.76
185				1.00	0.79
205					0.85
230					0.93
255					1.00

$$f_{R,N} = 0.25 + 0.50 \frac{c}{h_{ef}} \quad \text{Пределы: } c_{\min} \leq c \leq c_{cr,N}$$

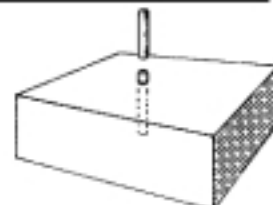
Размер	M10	M12	M16	M16L	M20
$c_{\min}$ [мм]	60	75	85		135
$c_{cr,N}$ [мм]	113	143	158	188	255

Замечание: Если более чем 3 кромки меньше чем  $c_{cr,N}$  проконсультируйтесь с инженером компании Хилти

$\Delta N_{Rd,s}$ : сопротивление разрушению по стали

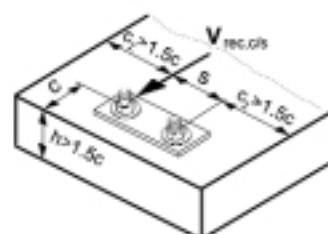
Размер	M10x75	M12x95	M16x105	M16x105	M16x105
$\Delta N_{Rd,s}^{1)}$ [кН] HAS-TZ класс стали 8.8	7.8	14.7	15.6	20.4	20.4

<sup>1)</sup> Частный коэффициент запаса,  $\gamma_{M2,N}=1.35$



Информация о продукте. Усталостная нагрузка. HVZ

### Детали расчетного Метода Хилти - СС СРЕЗ



**Замечание:** Если минимальные размеры  $h$  и  $c_2$  не выдерживаются, проконсультируйтесь с инженером компании Хилти.

### $\Delta V_{Rd}$ : определение расчетного сопротивления срезу

$$\Delta V_{Rd} = \text{наименьшее из } \Delta V_{Rd,c} \text{ и } \Delta V_{Rd,s}$$

**Комбинированная нагрузка:** При одновременном действии нагрузок вырыва и среза необходимо провести проверку на комбинированную нагрузку (методику расчета смотри ниже).

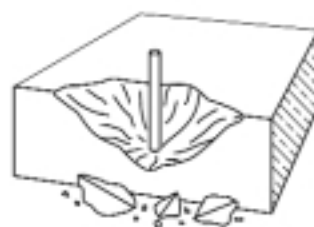
### $\Delta V_{Rd,c}$ : сопротивление разрушению бетона по кромке

Наименьшее сопротивление кромки бетона должно быть определено по всем прилегающим свободным граням (не только в направлении действующей нагрузки на срез). Направление действующей нагрузки на срез учитывается коэффициентом  $f_{b,v}$ .

$$\Delta V_{Rd,c} = \Delta V_{Rd,c}^0 \cdot f_{b,v} \cdot f_{\beta,v} \cdot f_{AR,v}$$

### $\Delta V_{Rd,c}^0$ : базовое расчетное сопротивление

- прочность бетона на сжатие:  $f_{ck,cube} = 25 \text{ Н/мм}^2$
- при минимальном расстоянии до кромки  $c_{min}$



Размер		M10x75	M12x95	M16x105	M16x125	M20x170
$\Delta V_{Rd,c}^0$ <sup>1)</sup>	[кН] для бетона с трещиной $w = 0.3 \text{ мм}$	2.8	4.0	5.3	5.5	12.8
$\Delta V_{Rd,c}^0$ <sup>1)</sup>	[кН] для бетона без трещины	1.8	2.8	3.8	3.9	9.0
$c_{min}$	[мм] для бетона с трещиной и без трещины	60	75	85		135

<sup>1)</sup> Расчетное значение сопротивления вычисляется по  $\Delta V_{Rd,c}^0 = \Delta V_{Rk,c}^0 / \gamma_{Mc,v}$ , где частный коэффициент запаса  $\gamma_{Mc,v}$  равен 1.62, а  $\Delta V_{Rk,c} = 60\% V_{Rk,c}$ .

### $f_{b,v}$ : коэффициент прочности бетона

- Геометрия испытательных образцов: куб со стороной 15 см; цилиндр диаметром 15 см, высотой 30 см

Наименование прочности (ENV 206)	Прочность на сжатие по цилиндру $f_{cyl}$ [Н/мм <sup>2</sup> ]	Прочность на сжатие по кубу $f_{cube}$ [Н/мм <sup>2</sup> ]	$f_b$
C20/25	20	25	1.0
C25/30	25	30	1.1
C30/37	30	37	1.22
C35/45	35	45	1.34
C40/50	40	50	1.41
C45/55	45	55	1.48
C50/60	50	60	1.55

$$f_b = \sqrt{\frac{f_{ck,cube}}{25}}$$

Пределы:  
 $25 \text{ Н/мм}^2 \leq f_{ck,cube(150)} \leq 60 \text{ Н/мм}^2$

$f_{\beta,V}$  : коэффициент направленности нагрузки

Угол $\beta$ [°]	$f_{\beta,V}$
0 to 55	1
60	1.1
70	1.2
80	1.5
90 to 180	2

$$f_{\beta,V} = 1$$

для  $0^\circ \leq \beta \leq 55^\circ$

$$f_{\beta,V} = \frac{1}{\cos \beta + 0.5 \sin \beta}$$

для  $55^\circ < \beta \leq 90^\circ$

$$f_{\beta,V} = 2$$

для  $90^\circ < \beta \leq 180^\circ$



$f_{AR,V}$  : коэффициент межосевого расстояния и расстояния до кромки

Для единичного анкерного крепежа  
только влияние кромки бетона

$$f_{AR,V} = \frac{c}{c_{min}} \sqrt{\frac{c}{c_{min}}}$$

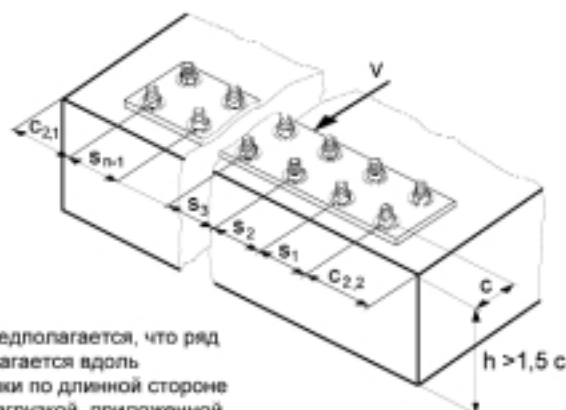
Для пары анкеров при  $s < 3c$

$$f_{AR,V} = \frac{3c + s}{6c_{min}} \sqrt{\frac{c}{c_{min}}}$$

Общая формула для  $n$  анкеров при  $s_i$  по  $s_{n-1} < 3c$

$$f_{AR,V} = \frac{3c + s_1 + s_2 + \dots + s_{n-1}}{3nc_{min}} \sqrt{\frac{c}{c_{min}}}$$

Результаты  
занесены в  
таблицу



**Замечание:** Предполагается, что ряд анкеров располагается вдоль свободной кромки по длинной стороне платформы с нагрузкой, приложенной в середине платформы

$f_{AR,V}$		$c/c_{min}$ →															
		1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0
Единичный анкер		1.00	1.31	1.66	2.02	2.41	2.83	3.26	3.72	4.19	4.69	5.20	5.72	6.27	6.83	7.41	8.00
$s/c_{min}$ ↓	1.0	0.67	0.84	1.03	1.22	1.43	1.65	1.88	2.12	2.36	2.62	2.89	3.16	3.44	3.73	4.03	4.33
	1.5	0.75	0.93	1.12	1.33	1.54	1.77	2.00	2.25	2.50	2.76	3.03	3.31	3.60	3.89	4.19	4.50
	2.0	0.83	1.02	1.22	1.43	1.65	1.89	2.13	2.38	2.63	2.90	3.18	3.46	3.75	4.05	4.35	4.67
	2.5	0.92	1.11	1.32	1.54	1.77	2.00	2.25	2.50	2.77	3.04	3.32	3.61	3.90	4.21	4.52	4.83
	3.0	1.00	1.20	1.42	1.64	1.88	2.12	2.37	2.63	2.90	3.18	3.46	3.76	4.06	4.36	4.68	5.00
	3.5		1.30	1.52	1.75	1.99	2.24	2.50	2.76	3.04	3.32	3.61	3.91	4.21	4.52	4.84	5.17
	4.0			1.62	1.86	2.10	2.36	2.62	2.89	3.17	3.46	3.75	4.05	4.36	4.68	5.00	5.33
	4.5				1.96	2.21	2.47	2.74	3.02	3.31	3.60	3.90	4.20	4.52	4.84	5.17	5.50
	5.0					2.33	2.59	2.87	3.15	3.44	3.74	4.04	4.35	4.67	5.00	5.33	5.67
	5.5						2.71	2.99	3.28	3.57	3.88	4.19	4.50	4.82	5.15	5.49	5.83
	6.0						2.83	3.11	3.41	3.71	4.02	4.33	4.65	4.98	5.31	5.65	6.00
	6.5							3.24	3.54	3.84	4.16	4.47	4.80	5.13	5.47	5.82	6.17
	7.0								3.67	3.98	4.29	4.62	4.95	5.29	5.63	5.98	6.33
	7.5									4.11	4.43	4.76	5.10	5.44	5.79	6.14	6.50
	8.0										4.57	4.91	5.25	5.59	5.95	6.30	6.67
	8.5											5.05	5.40	5.75	6.10	6.47	6.83
	9.0												5.20	5.55	5.90	6.26	6.63
	9.5													5.69	6.05	6.42	6.79
	10.0														6.21	6.58	6.95
	10.5															6.74	7.12
	11.0																7.28
	11.5																7.83
	12.0																8.00

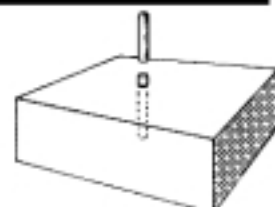
Эти данные для пары анкеров.

Для большего числа анкеров  
используйте для расчета  
формулу  $n$  анкеров в начале  
раздела.

$\Delta V_{Rd,s}$  : сопротивление разрушению по стали

Размер	M10x75	M12x95	M16x105	M16x105	M16x105
$\Delta V_{Rd,s}^{1)}$ [кН]	3.6	6.3	11.3	11.3	11.3

<sup>1)</sup> Расчетное значение сопротивления вычисляется из  $\Delta V_{Rd,s} = \Delta V_{Rd,s} / f_{t,Rd,V}$



### Комбинированная нагрузка

Сталь: 
$$\left( \frac{\gamma_{F,N} \cdot \Delta N_{Sd}^h}{\frac{\Delta N_{Rk,s}}{\gamma_{MN}}} \right)^{\alpha} + \left( \frac{\gamma_{F,V} \cdot \Delta V_{Sd}^h}{\frac{\Delta V_{Rk,s}}{\gamma_{MV}}} \right)^{\alpha} \leq 1.0$$
 **максимально нагруженный анкер**

где  $\alpha=0.76$  (для M10);  $\alpha=0.87$  (для M12);  $\alpha=1.0$  (для M16, M20)

Бетон: 
$$\frac{\frac{\Delta N_{Sd}^g}{\left( \frac{\Delta N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \right)}}{\left( \frac{\Delta N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \right)} + \frac{\frac{\Delta V_{Sd}^g}{\left( \frac{\Delta V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \right)}}{\left( \frac{\Delta V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \right)} \leq 1.0$$
 **группа анкеров**

### 6. Информация о продукте. Сейсмическая нагрузка.

Как описано в главе 4, прочность анкеров в большой степени зависит от методики испытаний и от правильности определения нагрузок. Существует огромное количество национальных и международных нормативов по расчету, которые должны быть соблюдены.

Оценочные отчеты ICBO содержат данные по прочности анкеров для расчета прочности и/или для допустимого расчета напряжений, описанного в UBC 1997 года. Для ниже приведенных анкеров Оценочные отчеты, которые позволяют проводить сейсмический расчет, являются общедоступными (по адресу в Интернете [www.ICBO.org](http://www.ICBO.org)):

HDA: ER-5608, опубликованы 01.04.2000

KB-II: ER-4627 опубликованы 01.07.1998

HSL: ER-3987 опубликованы 01.07.1998

HVA: ER-5369 опубликованы 01.03.2000

Для допустимого расчета напряжений разрешается увеличивать статическую прочность на 33,3%.

Для расчета прочности максимальное сопротивление учитывается коэффициентами запаса по нагрузке.

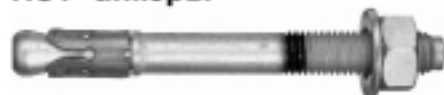
### Информация о продукте. Ударная нагрузка

#### 7. Информация о продукте. Ударная нагрузка.

Ниже приведенные значения сопротивлений и расстояний подтверждены BZS (Bundesamt für Zivilschutz: Swiss Authority for Civil Defense). Эта информация о продукте является действительной только в сочетании с общей информацией, приведенной в Руководстве по анкерному крепежу.

Для нагрузки на срез и комбинированной нагрузки применимы те же значения сопротивлений. Значения сопротивлений приведены для бетона прочности C30/37. Следует использовать те же коэффициенты для бетона, как и для статического расчета.

#### HST- анкеры



Анкер		Допустимая ударная нагрузка F, кН	Отверстие под анкер		Межосевое расстояние s, мм	Момент затяжки T, Нм
Размер	тип		Ø, мм	Глубина, мм		
M8	HST/HST-R M8	2.8	8	65	80	25
M10	HST/HST-R M10	5.1	10	80	100	45
M12	HST/HST-R M12	6.8	12	95	120	60
M16	HST/HST-R M16	11.3	16	115	160	125
M20	HST/HST-R M20	16.9	20	140	200	240
M24	HST/HST-R M24	22.6	24	170	250	300

#### Свидетельство на ударную нагрузку: BZS D 97-232

#### HSC- анкеры



HSC-A/AR



HSC-I/IR

Анкер		Допустимая ударная нагрузка F, кН	Отверстие под анкер		Межосевое расстояние s, мм	Момент затяжки T, Нм
Размер	Тип		Ø, мм	Глубина, мм		
M6	M6x40 I/IR	4.5	14	46	80	8.5
M8	M8x40 A/AR	4.5	14	46	80	20
	M8x40 I/IR	4.5	16	46	80	15
	M8x50 A/AR	7.5	14	56	100	20
M10	M10x40 A/AR	4.5	16	46	80	40
	M10x50 I/IR	7.5	18	58	100	30
	M10x60 I/IR	10.5	18	68	120	30
M12	M12x60 A/AR M12x60 I/IR	10.5	18	68	120	70
		10.5	20	68	120	60

#### Свидетельство на ударную нагрузку: BZS D 95-258

### HSL- анкеры



HSL-TZ



HSL-G-TZ



HSL-B-TZ

Анкер		Допустимая ударная нагрузка F, кН	Отверстие под анкер		Межосевое расстояние s, мм	Момент затяжки T, Нм
Размер	тип		Ø, мм	Глубина, мм		
M8	HSL-TZ/G-TZ	3.75	12	80	110	25
M10	HSL-TZ/G-TZ	5.25	15	90	120	50
M12	HSL-TZ/B-TZ/G-TZ	9.00	18	105	160	80
M16	HSL-TZ/B-TZ/G-TZ	13.50	24	125	210	120
M20	HSL-TZ/B-TZ/G-TZ	19.50	28	160	260	200

### Свидетельство на ударную нагрузку: BZS D 96-203

### HDA- анкеры



HDA-T



HDA-P

Анкер		Допустимая ударная нагрузка F, кН	Отверстие под анкер		Межосевое расстояние s, мм	Момент затяжки T, Нм
Размер	тип		Ø, мм	Глубина, мм		
M10	HDA-T M10 HDA-P M10	16.9	20	107	200	50
M12	HDA-T M12 HDA-P M12	23.7	22	135	250	80
M16	HDA-T M16 HDA-P M16	50.8	30	203	380	120

### Свидетельство на ударную нагрузку: BZS D 99-212

### HVZ- анкеры



Анкер		Допустимая ударная нагрузка F, кН	Отверстие под анкер		Межосевое расстояние s, мм	Момент затяжки T, Нм
Размер	Тип		Ø, мм	Глубина, мм		
M10	HVZ M10x75	8.5	10	90	60	40 (SS 50)
M12	HVZ M12x95	17.3	12	110	75	50 (SS 70)
M16	HVZ M16x105	21.9	16	125	85	90 (SS 100)
M16	HVZ M16x125	27.3	16	145	85	90 (SS 100)
M20	HVZ M20x170	51.9	25	190	135	150

### Свидетельство на ударную нагрузку: BZS D 99-252

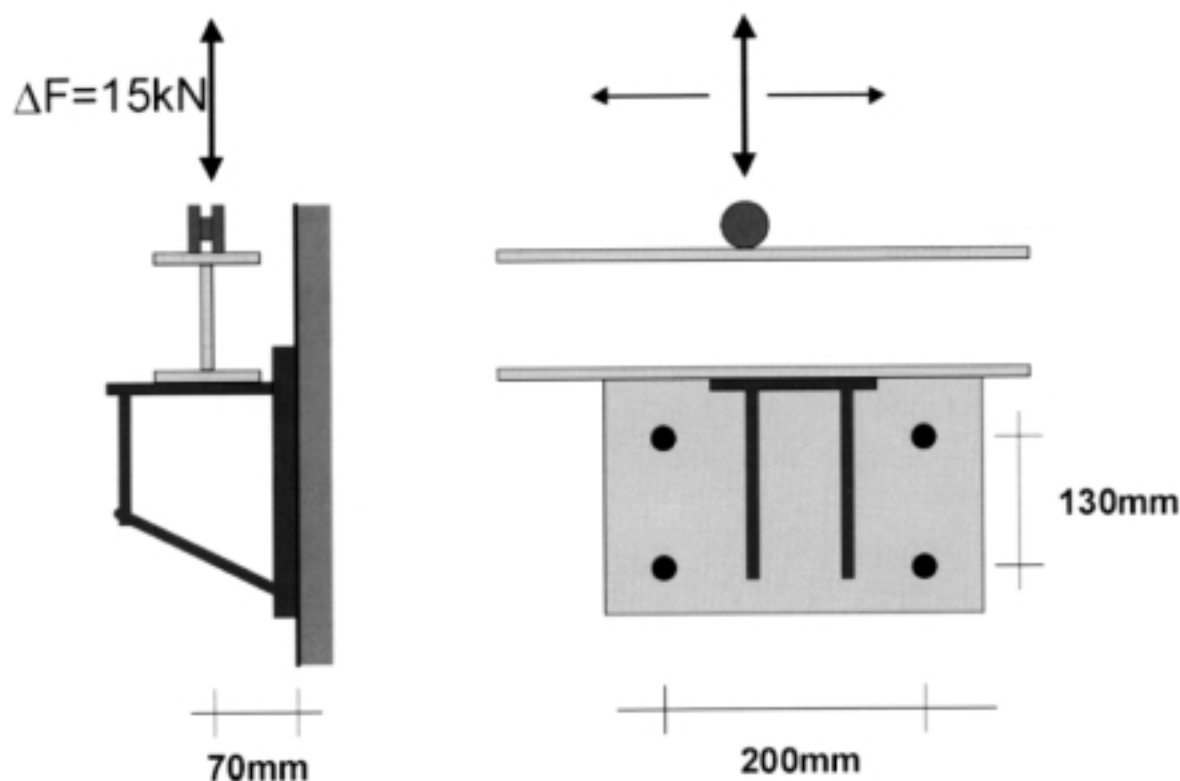


## Пример расчета на усталостную нагрузку

### 8. Примеры расчета на усталостную нагрузку.

#### 8.1 Упрощенный расчет крепежа подкрановой балки к бетонной конструкции.

Исходные данные:	анкер HDA-T M12, установленный в бетон с трещиной
	прочность бетона: C25/30
	нагрузка на срез: $V_{S,k}=15\text{кН}$ (максимальная нагрузка)
	толщина бетона: $h > 250\text{ мм}$
	межосевое расстояние: $s_1=200\text{ мм}$
	$s_2=130\text{ мм}$
	длина закрепляемой пластины: $l_x = 300\text{ мм}$
	ширина закрепляемой пластины: $l_y = 230\text{ мм}$
	количество циклов приложения нагрузки: $n=2000000$



#### 8.1.1 Статическая проверка

коэффициент запаса по нагрузке  $\gamma_Q=1,5$

$V_{yd}=15,0 \cdot 1,5=22,5\text{ кН}$ ,  $M_{xd}=122,5 \cdot 0,07\text{ м}=1,6\text{ кНм}$ ,

Результаты расчета программы HIDU 3.0 для анкера HDA-T M12:

Вырыв:

Разрушение по стали:

$$\frac{N_{Sd}}{N_{Rd,s}} = 0,10$$

Вырыв из бетона:  $\frac{N_{Sd}}{N_{Rd,p}} = 0.24$

Разрушение бетона по конусу:  $\frac{N_{Sd}}{N_{Rd,c}} = 0.20$

Разрушение по трещине:  $\frac{N_{Sd}}{N_{Rd,sp}} = 0.20$

Срез:

Разрушение по стали:  $\frac{V_{Sd}}{V_{Rd,s}} = 0.11$

Разрушение по бетону:  $\frac{V_{Sd}}{V_{Rd,sp}} = 0.33$

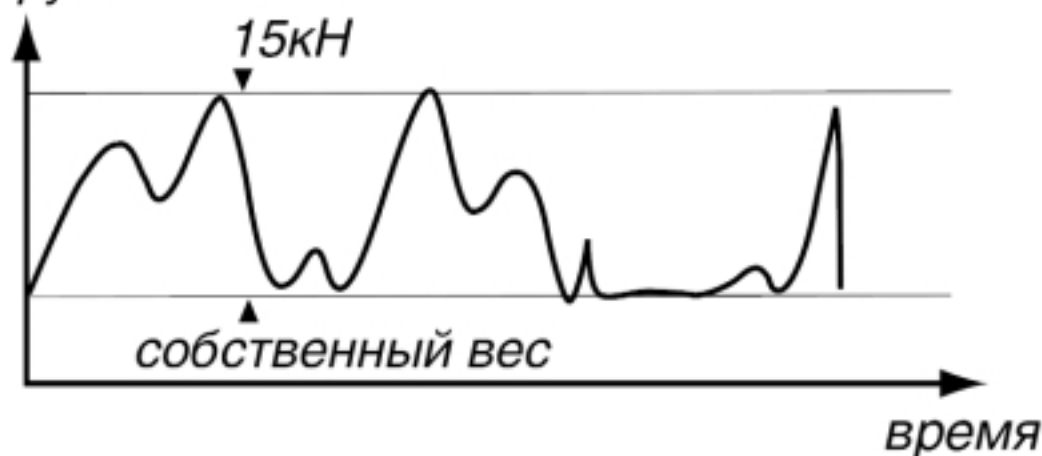
Комбинированная нагрузка: 0.24-0.47

### 8.1.2 Упрощенная проверка на усталостную нагрузку

Условия:

- Все нагрузки считаются усталостными
- Анкер без предварительного напряжения
- Жесткая опорная плита
- $\gamma_{f,N} = \gamma_{f,V} = 1.0$  (коэф. запаса по нагрузке для единичного анкера)
- $\gamma_{f,N} = 1.3$  (коэф. группы для нагрузки на вырыв, предварительные данные)
- $\gamma_{f,V} = 1.2$  (коэф. группы для нагрузки на срез, предварительные данные)

**Нагрузка**



### Пример расчета на усталостную нагрузку

#### 8.1.2.1 Действующие нагрузки

Нагрузка на вырыв, приходящаяся на один анкер верхнего ряда анкеров:

$$\Delta N_{sd}^h = \gamma_{f,N} \frac{N_{sd}^h}{\gamma_Q} = 1.3 \cdot \frac{4.6 \text{ кН}}{1.5} = 4.0 \text{ кН}$$

Нагрузка на вырыв, приходящаяся на один анкер нижнего ряда анкеров:

$$\Delta N_{sd}^l = \gamma_{f,N} \frac{N_{sd}^l}{\gamma_Q} = 1.3 \cdot \frac{0.5 \text{ кН}}{1.5} = 0.4 \text{ кН}$$

Полная нагрузка на вырыв:

$$\Delta N_{sd}^g = 2 \cdot \frac{N_{sd}^h}{\gamma_{f,N}} + 2 \cdot \frac{N_{sd}^l}{\gamma_{f,N}} = 2 \cdot \frac{4.0 \text{ кН}}{1.3} + 2 \cdot \frac{0.4 \text{ кН}}{1.3} = 6.8 \text{ кН}$$

Нагрузка на срез, приходящаяся на один анкер:

$$\Delta V_{sd} = \gamma_{f,V} \frac{V_{sd}}{n \cdot \gamma_Q} = 1.2 \cdot \frac{22.5 \text{ кН}}{4 \cdot 1.5} = 4.5 \text{ кН}, \text{ где } n - \text{ количество анкеров в закреплении}$$

#### 8.1.2.2 Сопротивление

##### 8.1.2.2.1 Вырыв

Разрушение по стали (проверяется только самый нагруженный анкер):

$$\Delta N_{sd} = 11.8 \text{ кН}$$

Проверка:

$$\frac{\Delta N_{sd}^h}{\Delta N_{Rd,s}} = \frac{4.0 \text{ кН}}{11.8 \text{ кН}} = 0.34$$

Разрушение бетона по конусу (проверяется только группа анкеров):

Статическое сопротивление группы анкеров:

$$N_{Rk,c}^g = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{ocr,N}$$

$$N_{Rk,c}^0 = 8.3 \cdot \sqrt{f_{c,cube}} \cdot h_{ef}^{1.5} = 8.3 \cdot \sqrt{30} \cdot 120^{1.5} = 59.7 \text{ кН (единичный анкер с подрезкой)}$$

$$A_{c,N}^0 = (s_{cr,N})^2 = 375^2 = 140625 \text{ мм}^2$$

$$A_{c,N} = (1.5 \cdot 120 \text{ мм} + 130 \text{ мм} + 1.5 \cdot 120 \text{ мм}) \cdot (1.5 \cdot 120 \text{ мм} + 200 \text{ мм} + 1.5 \cdot 120 \text{ мм}) = 274400 \text{ мм}^2$$

$$\frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} = 1.95$$

$\Psi_{s,N} = 1.0$  (не учитывается расстояние до кромки)

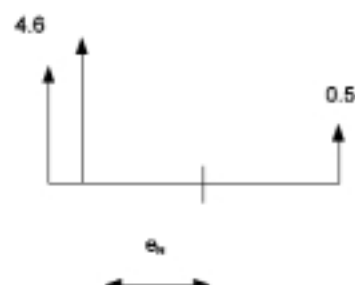
Эксцентриситет из-за изгибающего момента:

$$e_N = \left( \frac{4.6 \text{ кН} \cdot 65 \text{ мм} - 0.5 \text{ кН} \cdot 65 \text{ мм}}{5.1 \text{ кН}} \right) = 52 \text{ мм}$$

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + 2e_N / s_{cr,N}} \leq 1$$

$$\Psi_{ec,N} = 0.78$$

$$\Psi_{ocr,N} = 1.0$$



$$N_{Rk,s}^g = 90.8 \text{ кН}$$

$$\Delta N_{Rk,s}^g = N_{Rk,s}^g \cdot 64\% = 58.1 \text{ кН}$$

(т.е. окончательное сопротивление бетона=64% от статического сопротивления, согласно DIBt)

$$\Delta N_{Rd,s} = \frac{\Delta N_{Rk,s}^g}{\gamma_{Mc}} = \frac{58.1 \text{ кН}}{1.62} = 35.8 \text{ кН} \quad (\gamma_{Mc} \text{ согласно DIBt})$$

Проверка:

$$\frac{\Delta N_{Sd,s}}{\Delta N_{Rd,s}} = \frac{6.8 \text{ кН}}{35.8 \text{ кН}} = 0.19$$

Вырыв из бетона (проверяется только самый нагруженный анкер):

$$\Delta N_{Rd,p} = f_B \cdot \Delta N_{Rd,s}^0 = 1.1 \cdot 13.8 \text{ кН} = 15.2 \text{ кН},$$

где  $f_B$  – коэффициент прочности бетона (бетон C25/30)

Проверка:

$$\frac{\Delta N_{Sd}^h}{\Delta N_{Rd,p}} = \frac{4.0 \text{ кН}}{15.2 \text{ кН}} = 0.26$$

### 8.1.2.2.2 Срез

Разрушение по стали:

Сопротивление одного анкера:

$$\Delta V_{Rd,s} = 11.3 \text{ кН}$$

Проверка:

$$\frac{\Delta V_{Sd}^h}{\Delta V_{Rd,s}} = \frac{4.5 \text{ кН}}{11.3 \text{ кН}} = 0.40$$

Разрушение по бетону:

Не учитываются расстояния до кромки

### 8.1.2.2.3 Комбинированная нагрузка

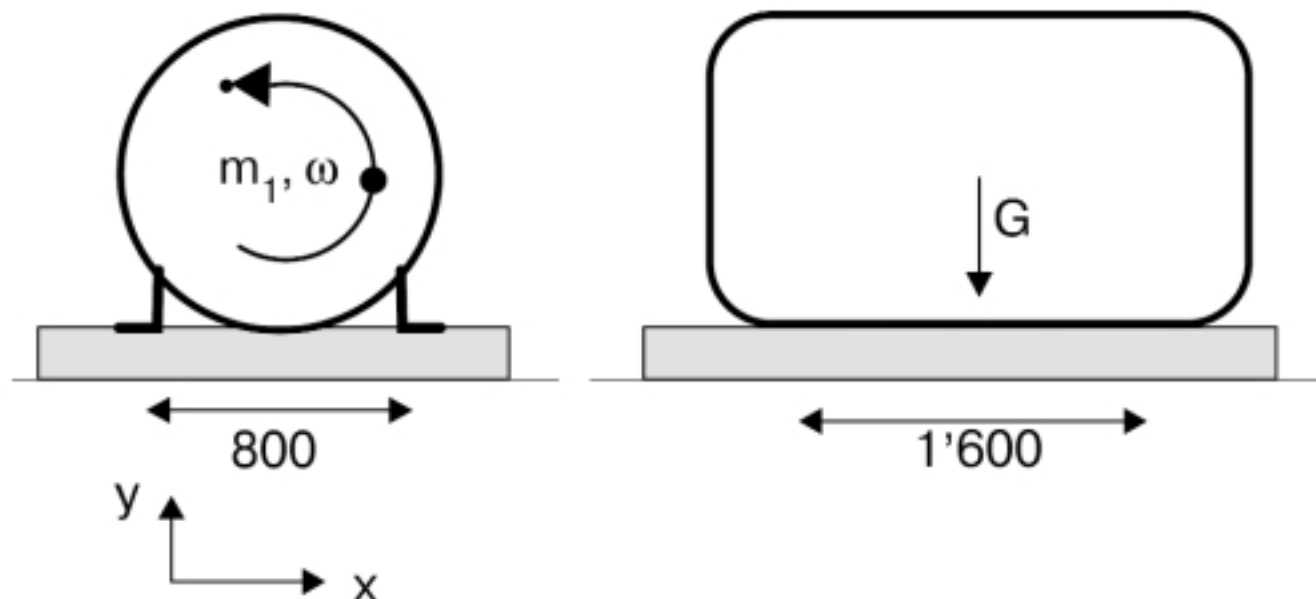
$$\frac{\Delta N_{Sd}^h}{\Delta N_{Rd,s}} + \frac{\Delta V_{Sd}^h}{\Delta V_{Rd,s}} = \frac{4.0 \text{ кН}}{11.8 \text{ кН}} + \frac{4.5 \text{ кН}}{11.4 \text{ кН}} = 0.74$$

Все проверочные коэффициенты <1, что подтверждает правильность выбора крепежа.

### Пример расчета на усталостную нагрузку

#### 8.2 Упрощенный расчет крепежа роторной машины с дебалансом к бетонной конструкции.

Исходные данные:	анкер HDA, установленный в бетон с трещиной
	прочность бетона: C30/37
	собственный вес машины: $m=400$ кг
	масса дебаланса: $m_1=5.0$ кг
	радиус дебаланса: $r_1=0.5$ м
	скорость вращения: $\omega=3000$ об/мин
	толщина бетона: $h > 250$ мм
	межосевое расстояние: $s_1=800$ мм
	$s_2=1600$ мм
	длина закрепляемой пластины: $l_x = 1000$ мм
	ширина закрепляемой пластины: $l_y = 2000$ мм
	количество циклов приложения нагрузки: $n= 2000000$

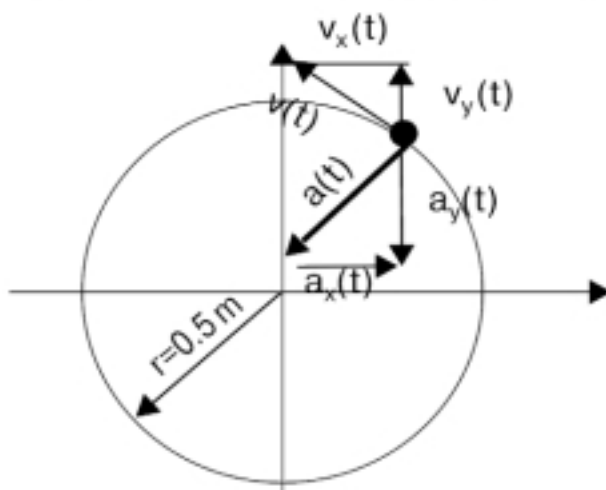


### 8.2.1 Внешние нагрузки

#### 8.2.1.1 собственный вес

$$G = m \cdot g = 400 \text{ кг} \cdot 9.81 \text{ м/с}^2 = 3.9 \text{ кН}$$

#### 8.2.1.2 внешние нагрузки, вызванные вращением дебаланса



горизонтальная составляющая:

$$a_x(t) = -\omega^2 \cdot r_1 \cdot \cos \alpha$$

$$V_x(t) = a'_x(t) = \omega^2 \cdot r_1 \cdot \sin \alpha$$

$$F_{x,dyn}(t) = m_1 \cdot a_x(t) = -m_1 \cdot \omega^2 \cdot r_1 \cdot \cos \alpha$$

$$F_{x,dyn,max} = -F_{x,dyn,min} = 5.0 \text{ кг} \cdot \left(50 \frac{1}{c}\right)^2 \cdot 0.5 \text{ м} = 6.25 \text{ кН}$$

вертикальная составляющая:

$$a_y(t) = -\omega^2 \cdot r_1 \cdot \sin \alpha$$

$$V_y(t) = a'_y(t) = -\omega^2 \cdot r_1 \cdot \cos \alpha$$

$$F_{y,dyn}(t) = m_1 \cdot a_y(t) = -m_1 \cdot \omega^2 \cdot r_1 \cdot \sin \alpha$$

$$F_{y,dyn,max} = -F_{y,dyn,min} = 5.0 \text{ кг} \cdot \left(50 \frac{1}{c}\right)^2 \cdot 0.5 \text{ м} = 6.25 \text{ кН}$$

### 8.2.2 Статическая проверка

максимальная вертикальная нагрузка:

$$N_d^s = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot F_{y,dyn} = 1.35 \cdot (-3.9 \text{ кН}) + 1.5 \cdot 6.25 \text{ кН} = 4.1 \text{ кН}$$

Нагрузка на вырыв, приходящаяся на один анкер:

$$N_d = \frac{N_d^s}{4} = 1.02 \text{ кН}$$

Максимальная горизонтальная нагрузка:

$$V_d^s = \gamma_Q \cdot F_{x,dyn} = 1.5 \cdot 6.25 \text{ кН} = 9.4 \text{ кН}$$

Нагрузка на срез, приходящаяся на один анкер:

## Пример расчета на усталостную нагрузку

$$V_d = \frac{V_d^k}{n} = \frac{9,4 \text{ кН}}{4} = 2,35 \text{ кН}, \text{ где } n - \text{ количество анкеров}$$

Подходящие анкера:

HDA-P и HDA-T M10

HVZ M10

HST M10

HSL-TZ M10

HSC-A M12x60

HSC-I M10x60

## 8.2.3 Упрощенная проверка на усталостную нагрузку

Условия:

- Все нагрузки считаются усталостными
- Анкер без предварительного напряжения
- Жесткая опорная плита
- $\gamma_{f,N} = \gamma_{f,v} = 1,0$  (коэф. запаса по нагрузке для единичного анкера)

### 8.2.3.1 Действующие нагрузки

Нагрузка на вырыв, приходящаяся на один анкер:

$$\Delta N_{Sd}^b = \gamma_{f,N} \cdot \frac{G + F_{y,dyn,max}}{n} = 1,0 \cdot \frac{-3,9 \text{ кН} + 6,25 \text{ кН}}{4} = 0,6 \text{ кН}$$

Нагрузка на срез, приходящаяся на один анкер:

$$\Delta V_{Sd}^b = \gamma_{f,v} \cdot \frac{(F_{x,dyn,max} + |F_{x,dyn,min}|)}{n} = 1,0 \cdot \frac{(6,25 \text{ кН} + 6,25 \text{ кН})}{4} = 3,1 \text{ кН}$$

### 8.2.3.2 Сопротивление

#### 8.2.3.2.1 Вырыв

Разрушение по стали:

Анкер HDA-T M10:

$$\Delta N_{Rd,s} = 6,7 \text{ кН}$$

Проверка:

$$\frac{\Delta N_{Sd}^b}{\Delta N_{Rd,s}} = \frac{0,6 \text{ кН}}{6,7 \text{ кН}} = 0,09$$

Разрушение бетона по конусу:

Статическое сопротивление одного анкера:

$$N_{Rk,c}^0 = 8,3 \cdot \sqrt{f_{c,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 8,3 \cdot \sqrt{37} \cdot 100^{1,5} = 50,5 \text{ кН}$$

(единичный анкер с подрезкой в бетоне C30/37)

$$\Delta N_{Rk,c} = N_{Rk,c} \cdot 64\% = 32,2 \text{ кН}$$

(т.е. окончательное сопротивление бетона=64% от статического сопротивления)

$$\Delta N_{Rd,c} = \frac{\Delta N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} = \frac{32,2 \text{ кН}}{1,62} = 19,9 \text{ кН}$$

Проверка:

$$\frac{\Delta N_{Sd}}{\Delta N_{Rd,s}} = \frac{0.6 \text{ кН}}{19.9 \text{ кН}} = 0.03$$

Вырыв из бетона:

$$\Delta N_{Rd,p} = f_B \cdot \Delta N_{Rd,p}^0 = 1.22 \cdot 9.9 \text{ кН} = 12.1 \text{ кН}$$

Проверка:

$$\frac{\Delta N_{Sd}}{\Delta N_{Rd,p}} = \frac{0.6 \text{ кН}}{12.1 \text{ кН}} = 0.05$$

#### 8.2.3.2.2 Срез

Разрушение по стали:

Сопротивление одного анкера:

$$\Delta V_{Rd,s} = 6.3 \text{ кН}$$

Проверка:

$$\frac{\Delta V_{Sd}}{\Delta V_{Rd,s}} = \frac{3.1 \text{ кН}}{6.3 \text{ кН}} = 0.49$$

#### 8.2.3.2.3 Комбинированная нагрузка

$$\frac{\Delta N_{Sd}^h}{\Delta N_{Rd,s}} + \frac{\Delta V_{Sd}^h}{\Delta V_{Rd,s}} = \frac{0.6 \text{ кН}}{6.7 \text{ кН}} + \frac{3.1 \text{ кН}}{6.3 \text{ кН}} = 0.58 \leq 1.0$$

Все проверочные коэффициенты  $< 1$ , что подтверждает правильность выбора крепежа.

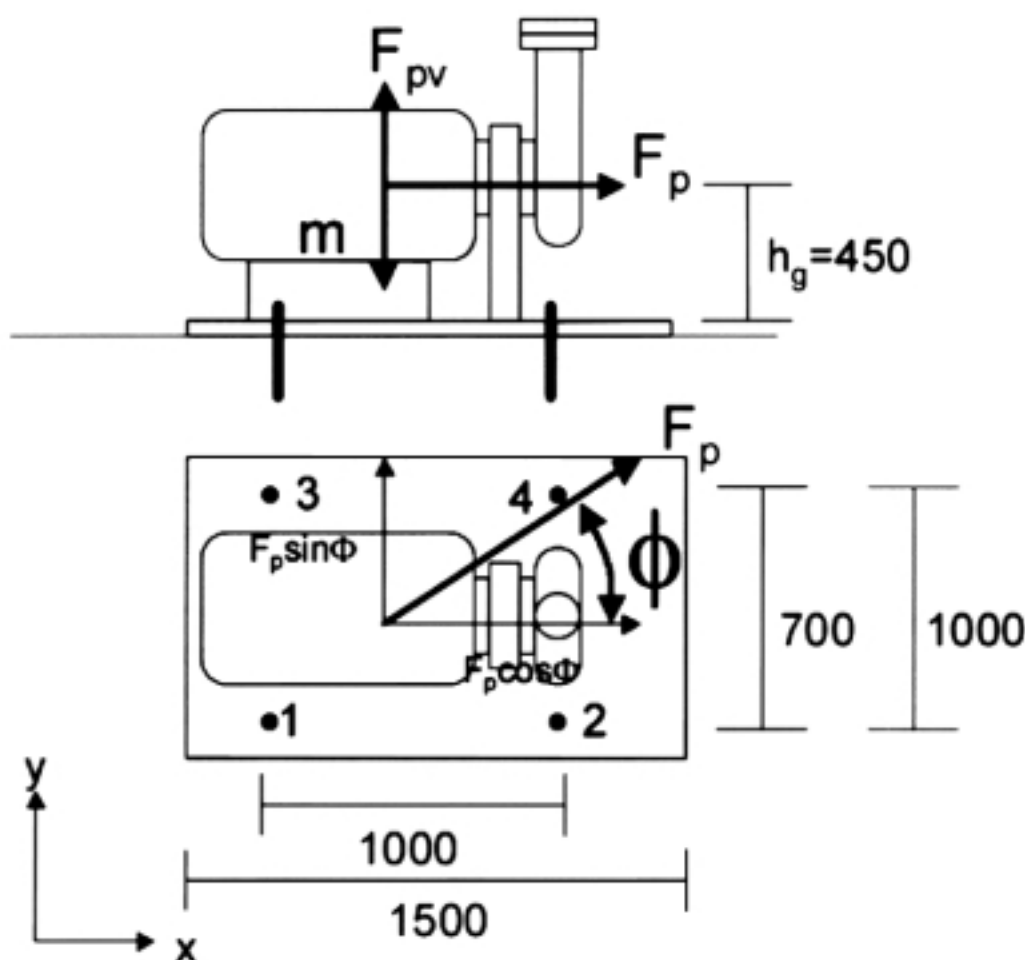


### Пример расчета на сейсмическую нагрузку

#### 9. Примеры расчета на сейсмическую нагрузку.

##### 9.1 Жесткое крепление насоса к полу

Исходные данные:	опорная плита с 4 анкерами, установленными в бетон без трещин	
	прочность бетона:	C25/30
	вес насоса:	$m=700$ кг
	толщина бетона:	$h > 400$ мм
	межосевое расстояние:	$s_1=1000$ мм
		$s_2=700$ мм
	длина закрепляемой пластины:	$l_x = 1500$ мм
	ширина закрепляемой пластины:	$l_y = 1000$ мм
	диаметр отверстий в опорной плите:	$d=11$ мм ( $7/16"$ )



Горизонтальное усилие, вызываемое землетрясением:

$F_p = m \cdot G$ , где  $m$  – масса, а  $G$  – сейсмический коэффициент, принимаемый согласно локальным нормативам

( $F_{pv} = 1/3 \cdot F_p$ , если требуют локальные нормативы)

Пусть  $G = 0.5g$

$F_p = m \cdot 0.5g = 700 \text{ кг} \cdot 0.5 \cdot 9.81 = 3.4 \text{ кН}$

$F_{pv} = 1/3 \cdot F_p = 1.15 \text{ кН}$

## 9.1 Вырыв

### 9.1.1 Сдвиг в направлении $F_p$ , согласно рисунку

$$\Phi = \tan^{-1} \frac{n_1 \cdot s_1}{n_2 \cdot s_2} = \tan^{-1} \frac{2 \cdot 1000}{2 \cdot 700} = 55^\circ$$

$$T_1 = \frac{(-m \cdot g + F_{pv})}{n_1 + n_2} + F_p \cdot h_g \left( \frac{\cos \Phi}{n_1 \cdot s_1} + \frac{\sin \Phi}{n_2 \cdot s_2} \right) =$$

$$\frac{(-700 \text{ кг} \cdot 9.81 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} + 1150 \text{ Н})}{4} + 3400 \text{ Н} \cdot 0.45 \text{ м} \left( \frac{\cos 55^\circ}{2 \cdot 1 \text{ м}} + \frac{\sin 55^\circ}{2 \cdot 0.7 \text{ м}} \right) = -95 \text{ Н}$$

$T_1$ : растягивающее усилие в критическом анкере 1

$n_1$ : количество анкеров по длине опорной плиты

$n_2$ : количество анкеров по ширине опорной плиты

$s_1$ : межосевое расстояние по длине опорной плиты

$s_2$ : межосевое расстояние по ширине опорной плиты

$\Phi$ : критический угол, при котором действует максимальная нагрузка на вырыв

$h_g$ : высота до центра тяжести

### 9.1.2 Сдвиг в поперечном направлении

$$T_{1,2} = \frac{(-m \cdot g + F_{pv})}{n_1 + n_2} + \frac{F_p \cdot h_g}{n_2 \cdot s_2} = \frac{(-700 \text{ кг} \cdot 9.81 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} + 1150 \text{ Н})}{4} + \frac{3400 \text{ Н} \cdot 0.45 \text{ м}}{2 \cdot 0.7 \text{ м}} = -336 \text{ Н}$$

$T_{1,2}$ : растягивающее усилие в критическом анкере 1 или 2

Т.к. вырывающая нагрузка в обоих случаях получилась отрицательной, в анкерах нет дополнительных усилий.

## 9.2 Срез

$$V = \frac{F_p}{n_1 + n_2}$$

$V$ : нагрузка на срез в одном анкере

$$V = \frac{F_p}{n_1 + n_2} = \frac{3400 \text{ Н}}{4} = 850 \text{ Н}$$

Сопротивление срезу согласно ICBO ER 4627 для НКВ  $\frac{3}{8}$ " с  $1\frac{5}{8}$ " заделкой в бетон прочности C25/30 (133% от статической прочности):

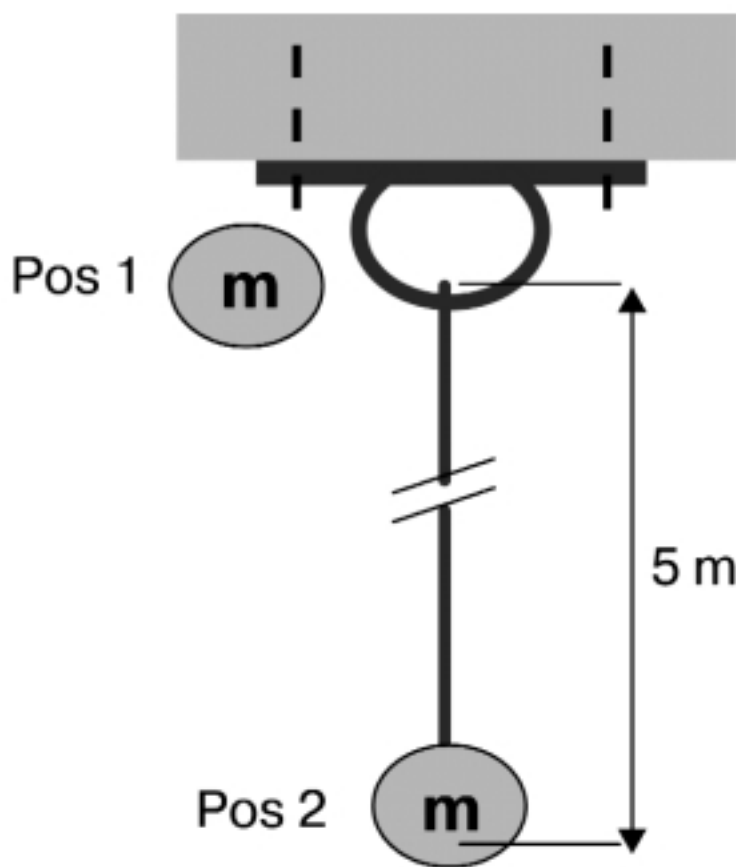
$$V_R = 1075 \text{ lbs} \cdot 0.453 \frac{\text{кг}}{\text{lbs}} \cdot 9.81 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 133\% = 6.35 \text{ кН}$$

### Пример расчета на ударную нагрузку

#### 10. Примеры расчета на ударную нагрузку.

##### 10.1 Неупругий удар: падение массы на стальном канате

Исходные данные:	опорная плита с 6 анкерами, установленными в бетон с трещиной
	прочность бетона: C40/50
	масса: $m=30$ кг
	высота падения: $L=5$ м
	диаметр каната: 12 мм
	модуль упругости стали: 210000 МПа
	толщина бетона: $h > 400$ мм
	межосевое расстояние: $s_1=s_2=300$ мм
	длина закрепляемой пластины: $l_x = 800$ мм
	ширина закрепляемой пластины: $l_y = 500$ мм



Упрощенные условия: статический модуль упругости стали = динамическому модулю упругости.

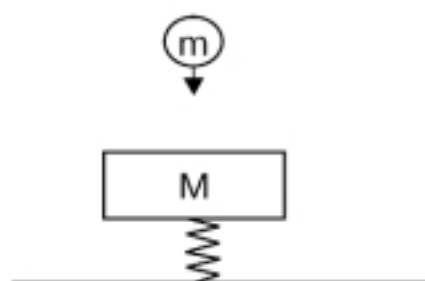
Площадь поперечного сечения каната  $A_s=113$  мм<sup>2</sup>

Коэффициент эластичности:  $c = \frac{E \cdot A_s}{L} = \frac{210000 \text{ Н / мм}^2 \cdot 113 \text{ мм}^2}{5000 \text{ мм}} = 4750 \text{ Н / мм}$

Скорость в конце падения:  $V_0 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 9.9 \text{ м / с}$

Динамический коэффициент:  $\lambda = \frac{\delta_{dyn}}{\delta_{stat}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{(m_1 + M) \cdot V_1^2 \cdot c}{m_1^2 \cdot g^2}}$

M: заменяющая масса (здесь=0)



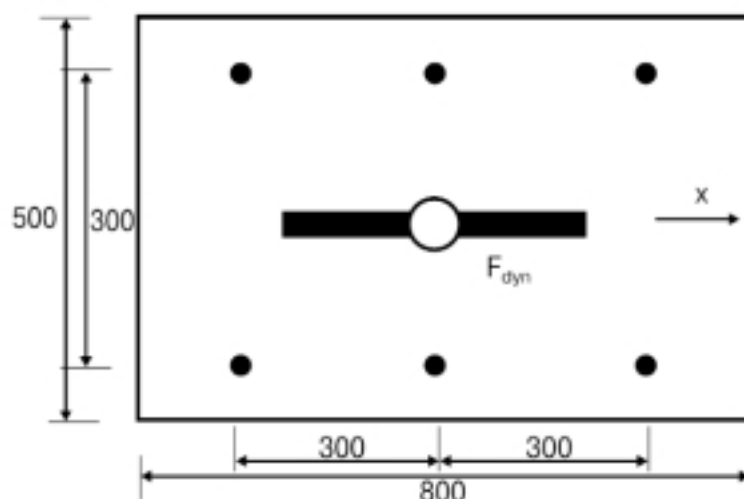
$$\lambda = 1 + \sqrt{1 + \frac{m \cdot V_0^2 \cdot c}{m^2 \cdot g^2}} = 402$$

Статическое удлинение:  $\delta_{\text{ст}} = \frac{m \cdot g}{c} = \frac{30 \text{ кг} \cdot 9.81 \text{ м/с}^2}{4750000 \text{ Н/м}} = 0.062 \text{ мм}$

Динамическое удлинение:  $\delta_{\text{dyn}} = \lambda \cdot \delta_{\text{ст}} = 402 \cdot 0.062 \text{ мм} = 25 \text{ мм} \Rightarrow \varepsilon = \frac{\delta_{\text{dyn}}}{L} = 0.50$

=> упругие деформации

Динамическая сила:  $F_{\text{dyn}} = \sigma \cdot A_s = E \cdot \varepsilon \cdot A = 210 \text{ кН/мм}^2 \cdot 0.0050 \cdot 113 \text{ мм}^2 = 118 \text{ кН}$



### 1-ое приближение

допускаются только упругие деформации: => расчет по статическому приближению: использовать только анкеры, пригодные для установки в бетон с трещиной

Действующие силы:

$$N_d = \gamma_G \cdot F_{\text{dyn}} = 1.35 \cdot 118 \text{ кН} = 159.3 \text{ кН}$$

Подходящие анкеры (по результатам статического расчета HIDU)

HDA-P M16, HDA-T M16, HVZ M20

### 2-ое приближение

пластические деформации допускаются: => сравнить действующие нагрузки с сопротивлением удару (свидетельство BZS) для одного анкера: 19.7 кН

подходящие анкеры:

$$\text{HST M24: } 19.7 \text{ кН} / 22.6 \text{ кН} = 0.87$$

$$\text{HAD M12: } 19.7 \text{ кН} / 23.7 \text{ кН} = 0.83$$

$$\text{HVZ M16x105: } 19.7 \text{ кН} / 21.9 \text{ кН} = 0.90$$

### Пример расчета на ударную нагрузку

#### 10.2 Упрощенный расчет согласно Нормативам BZS\*

\*BZS: Bundesamt für Zivilschutz (Swiss Federal Authority for Civil Defense)

Условия:

Ударные нагрузки получаются из статических с учетом

$$F = DLF \cdot m \cdot a_{\max}$$

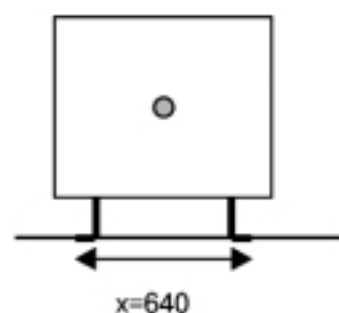
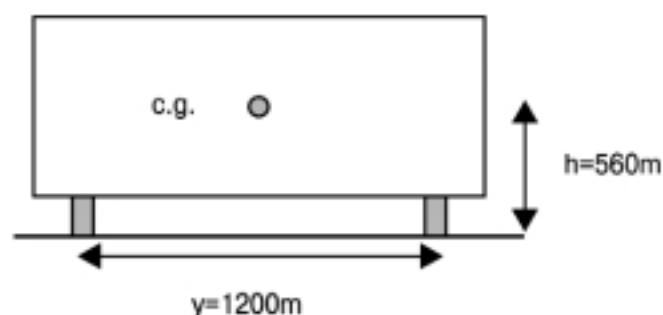
F: статическая сила

DLF: динамический коэффициент (рекомендуется 1.25)

m: масса оборудования

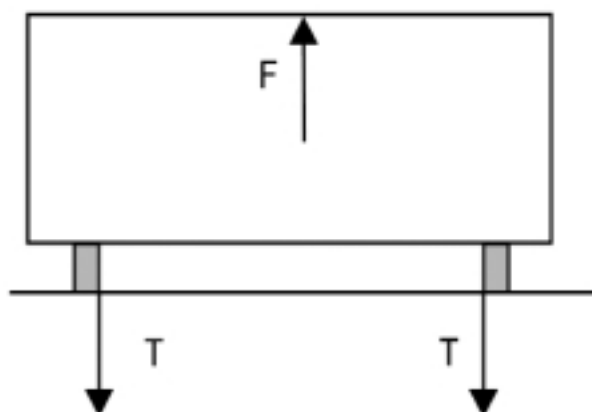
$a_{\max}$ : максимальное ускорение (рекомендуется  $a_{\max} = 125 \text{ м/с}^2$ )

Сила F действует, в дополнение ко всем остальным нагрузкам, на центр тяжести в самом критичном направлении. Это означает, что расчет должен производиться в направлении трех взаимно перпендикулярных осей.



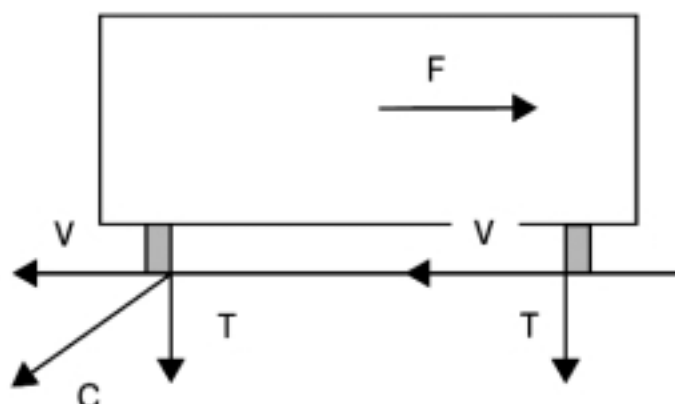
$$F = 1.25 \cdot 122 \text{ кг} \cdot 125 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 19063 \text{ Н}$$

а) вертикальное действие



$$T = \frac{F}{4} = 4760 \text{ Н}$$

б) продольное горизонтальное действие

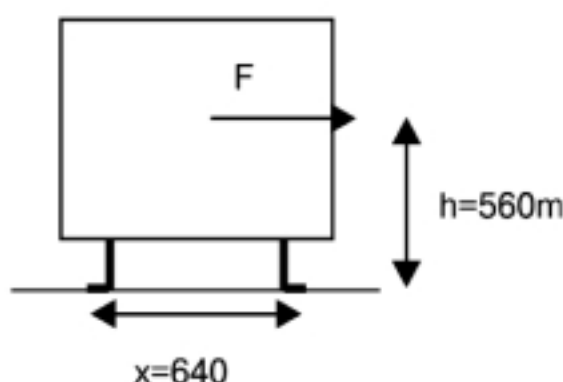


$$\text{условия: } V = \frac{F}{4} = 4760 \text{ H}$$

$$T = \frac{F \cdot h}{2 \cdot y} = \frac{19063 \text{ H} \cdot 560 \text{ мм}}{2 \cdot 1200 \text{ мм}} = 4450 \text{ H}$$

$$C = \sqrt{V^2 + T^2} = \sqrt{4760^2 + 4450^2} = 6520 \text{ H}$$

в) поперечное горизонтальное действие



$$\text{условия: } V = \frac{F}{4} = 4760 \text{ H}$$

$$T = \frac{F \cdot h}{2 \cdot x} = \frac{19063 \text{ H} \cdot 560 \text{ мм}}{2 \cdot 640 \text{ мм}} = 8340 \text{ H}$$

$$C = \sqrt{V^2 + T^2} = \sqrt{4760^2 + 8340^2} = 9600 \text{ H}$$

Максимальная нагрузка а) - в): 9600 Н для одного анкера

Подходящие анкера:

HST M16  
HSC(-I) M10x60 или HSC(-I) M12x60  
HSL-TZ, HSL-B-TZ, HSL-G-TZ M16  
HDA-P, HDA-T M10  
HVZ M12

Допустимая ударная нагрузка согласно свидетельству BZS

11.3 кН  
10.5 кН  
13.5 кН  
16.9 кН  
17.3 кН

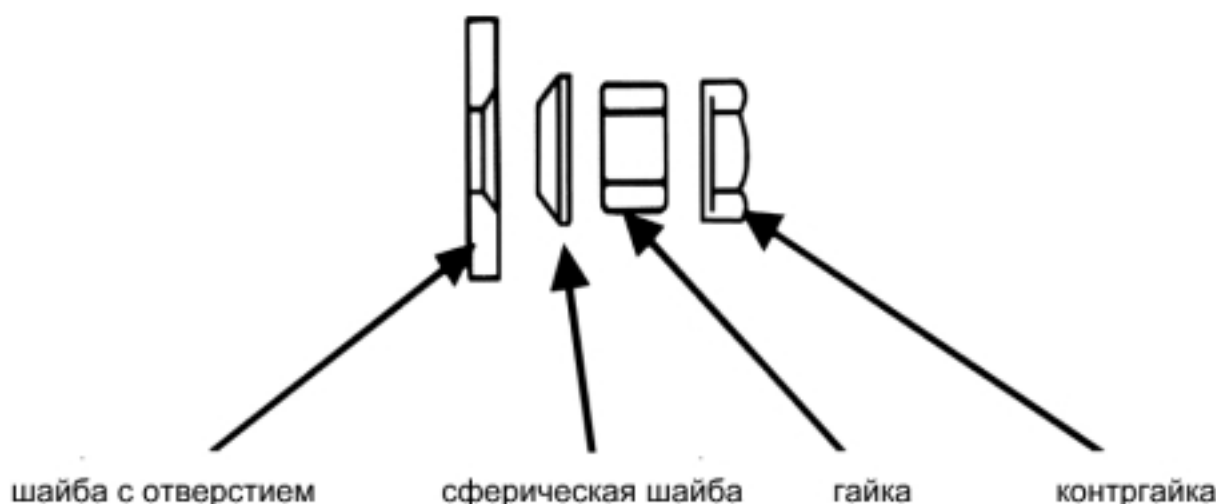
**Приложение 1. Динамический набор****Приложение 1. Динамический набор****Общие сведения**

Все динамически нагруженные анкеры имеют три характерные черты, негативно влияющие на прочность соединения:

1. Для удобства установки анкера диаметр отверстия всегда больше диаметра анкера. В случае статического нагружения это не имеет большого значения, но при динамических нагрузках любое относительное смещение между опорной плитой и анкером может иметь негативный характер.
2. Так как большинство отверстий под анкеры бурят вручную, то эти отверстия не являются вертикальными на 100%. Это приводит к тому, что в анкере помимо чистого растягивающего усилия возникает изгибающий момент.
3. При динамических нагрузках, даже в правильно установленном анкере возникает такая проблема, как ослабление гайки.

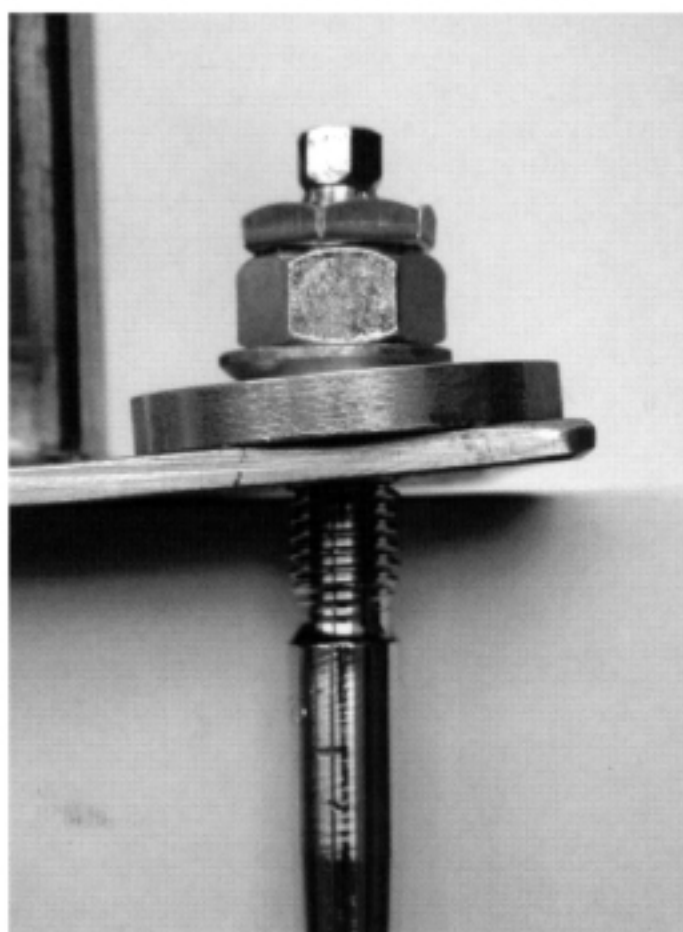
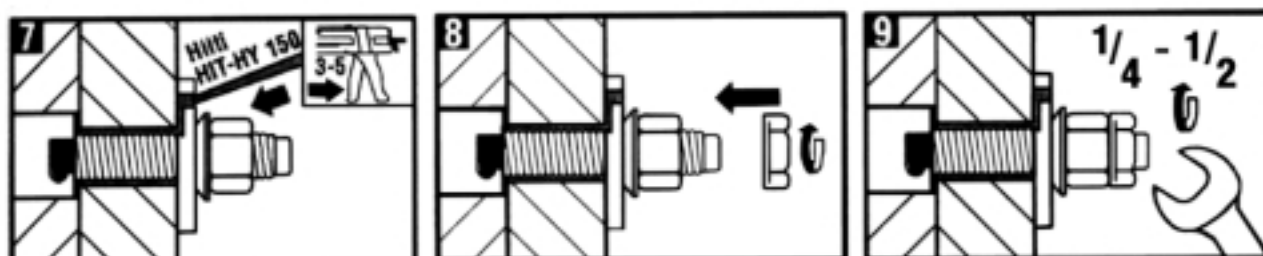
**Динамический набор**

Чтобы исправить эту ситуацию, инженеры компании Хилти разработали так называемый «Динамический набор». Этот набор включает специальную шайбу с отверстием для заполнения пространства между анкером и поверхностью отверстия клеем HIT-HY 150, сферическую шайбу для предотвращения изгиба в анкере, стандартную гайку и специальную контргайку для предотвращения ослабления стандартной гайки.



Этот динамический набор должен использоваться во всех крепежах, предназначенных для восприятия усталостной нагрузки. Все значения нагрузок, приведенные в главе 5, действительны только при использовании этого набора. Для остальных случаев крепежа использование динамического набора не является обязательным, но помогает улучшить ситуацию, особенно при действии нагрузки на срез.

Установочные операции (на примере HDA)





# Hilti в России

## Торгово-технические центры Хилти

- **г. Москва (ХЦ-1)**  
129085, ул. Годовикова, 9  
Тел.: (095) 792 52 52  
Факс: (095) 792 52 53  
e-mail: cs@ru.hilti.com
- **г. Волгоград**  
400066, наб. им. 62 армии,  
зд. Речного вокзала  
Тел.: (8442) 30 17 12,  
Факс: (8442) 30 17 09  
e-mail: vgg@ru.hilti.com
- **г. Воронеж**  
394006, ул. 20 лет Октября, 55  
Тел. / факс: (0732) 57 85 85, 72 02 67  
e-mail: vrn@ru.hilti.com
- **г. Екатеринбург**  
664047, ул. Мамина-Сибиряка, 132  
Тел. / факс: (3432) 79 59 99,  
79 59 98  
e-mail: ekb@ru.hilti.com
- **г. Иркутск**  
664047, ул. Советская, 3  
Тел. / факс: (3952) 27 92 94, 25 10 49  
e-mail: irk@ru.hilti.com
- **г. Казань**  
420094, ул. Короленко, 93а  
Тел. / факс: (8432) 49 96 71, 19 96 71,  
19 96 72, 49 96 72  
e-mail: kaz@ru.hilti.com
- **г. Краснодар**  
350020, ул. Бабушкина, 246  
Тел. / факс: (8612) 60 42 75, 60 52 40  
e-mail: krd@ru.hilti.com
- **г. Красноярск**  
660111, ул. Устиновича, 1Б,  
Тел. / факс: (3912) 58 89 91  
e-mail: kra@ru.hilti.com
- **г. Москва (ХЦ-2)**  
117333, Ленинский проспект, 60/2  
Тел.: (095) 137 41 25  
Факс: (095) 137 08 14  
e-mail: cs@ru.hilti.com
- **г. Нижний Новгород**  
603001, ул. Ильинская, 26  
Тел. / факс: (8312) 31 78 13,  
31 70 27  
e-mail: nng@ru.hilti.com
- **г. Новороссийск**  
353907, ул. Московская, 3  
Тел. / факс: (86172) 2 07 15  
e-mail: nvr@ru.hilti.com
- **г. Новосибирск**  
630028, ул. Большевикская, 270 А  
Тел.: (3832) 68 20 83, 68 23 82  
e-mail: nsb@ru.hilti.com
- **г. Омск**  
644046, проспект К. Маркса, 41  
Тел. / факс: (3812) 30 66 88,  
53 26 96  
e-mail: oms@ru.hilti.com
- **г. Пермь**  
614107, ул. Металлистов, 8  
Тел./факс: (3422) 60-37-92, 60-36-95  
e-mail: prm@ru.hilti.com
- **г. Ростов-на-Дону**  
344010, ул. Красноармейская, 208  
Тел. / факс: (8632) 64 97 08,  
64 93 40  
e-mail: rnd@ru.hilti.com
- **г. Самара**  
443010, ул. Самарская, 146а  
Тел. / факс: (8462) 42 39 15,  
42 39 16  
e-mail: sam@ru.hilti.com
- **г. Москва (ХЦ-3)**  
109004,  
ул. Воронцовская, 8  
Тел.: (095) 792 52 74  
Факс: (095) 792 52 75  
e-mail: cs@ru.hilti.com
- **г. Санкт-Петербург**  
192102, ул. Фучика, 4  
Тел. / факс: (812) 118 19 19,  
118 19 29  
e-mail: spb@ru.hilti.com
- **г. Саратов**  
410031,  
ул. Чернышевского, 223/231  
Тел. / факс: (8452) 26 15 04  
e-mail: sar@ru.hilti.com
- **г. Сочи**  
354000,  
ул. Орджоникидзе, 8  
Тел. / факс: (8622) 92 36 83  
e-mail: soc@ru.hilti.com
- **г. Уфа**  
Республика Башкортостан  
450071, ул. Ростовская, 18  
Тел. / факс: (3472) 37 17 52  
e-mail: ufa@ru.hilti.com
- **г. Челябинск**  
454092,  
ул. Воровского, 63  
Тел. / факс: (3512) 60 63 36,  
60 64 46  
e-mail: che@ru.hilti.com
- **г. Ярославль**  
150003, ул. Республиканская, 3  
ОАО «Ярославский  
Красный Маяк», корп. 2  
Тел. / факс: (0852) 72 10 54, 72 10 64  
e-mail: yar@ru.hilti.com



Центральный офис в России

Москва, 129085, ул. Годовикова, д. 9

многоканальный телефон 792-52-52

факс 792-52-53

Internet: <http://www.hilti.ru>

E-mail: cs@ru.hilti.com