

# 1

## Технология и расчет анкерного крепежа

<b>1. Базовые материалы</b>	<b>2</b>
1.1 Бетон	2
1.2 Кипичная кладка	3
1.3 Другие базовые материалы	4
1.4 Почему анкер удерживается в базовом материале	5
1.4.1 Предельные состояния	6
1.4.1.1 Влияние постоянной нагрузки	6
1.4.1.2 Влияние трещин	7
<b>2. Коррозия</b>	<b>9</b>
<b>3. Динамический расчет анкеров</b>	<b>12</b>
3.1 Динамический расчет анкеров	12
3.2 Улучшение характеристик сопротивления срезающему усилию при использовании Динамического Комплекта	16
<b>4. Пожаробезопасность</b>	<b>18</b>
<b>5. Расчет анкеров</b>	<b>22</b>
5.1 Концепция безопасности	22
5.2 Методы расчета	23
5.2.1 Новая методика расчета	24
5.2.2 Отличия в сравнении с методом расчета согласно ETAG (Приложение C)	27
5.2.3 Программа расчета анкеров PROFIS-Anchor	28
5.2.4 Расчет анкеров по CC-методу	29
5.2.5 Традиционный метод расчета Hilti	33

### 1. Базовые материалы

Разные условия анкеровки

Широкий выбор строительных материалов, используемых сегодня, обуславливает разные условия установки анкеров. Практически не существует базового материала, в который или к которому не могло бы быть выполнено крепление изделий Hilti. Однако, свойства базовых материалов имеют решающее значение при выборе подходящего крепления / анкера и определения нагрузки, которую оно может выдержать.

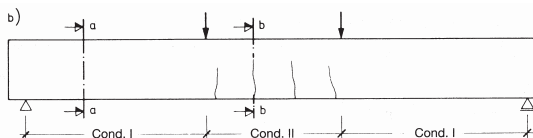
Основные строительные материалы, подходящие для анкерных креплений, описаны ниже.

#### 1.1 Бетон

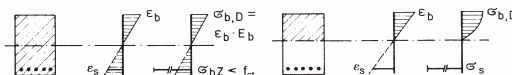
Смесь цемента, крупного и мелкого наполнителя и воды

Бетон — синтетический камень, состоящий из смеси цемента, крупного и мелкого наполнителя и воды, возможно с присадками, который получается при отверждении цементного теста. У бетона сравнительно высокое сопротивление сжатию, но низкий предел прочности на разрыв. Для увеличения прочности на разрыв в бетон закладывают стальные арматурные стержни. Такой бетон называют железобетоном.

Образование трещин



Сжатие и растяжение на участках при условиях I и II



$\sigma_{b,D}$  ..... расчетное сжимающее напряжение  
 $\sigma_{b,z}$  ..... расчетное напряжение при растяжении  
 $f_{ct}$  ..... предел прочности бетона на разрыв

Если превышаете предел прочности бетона на разрыв, образуются трещины, которые, как правило, незаметны. Опыт показывает, что ширина трещины не превышает допустимого значения, т. е.  $w \approx 0.3\text{мм}$ , при постоянной нагрузке бетона. При особенно сильной нагрузке, отдельные трещины могут быть шире, если бетон не подвергается дополнительному укреплению для ограничения ширины трещин. Если бетонная конструкция подвергается изгибанию, трещины имеют клиновидную форму по поперечному сечению бетонного элемента, заканчиваясь вблизи нейтральной оси. Рекомендуется использование анкеров с дополнительными возможностями распора, относящиеся к типу с контролируемым усилием, напр. HSL-3, HST, HA8, DBZ, или анкера с подрезкой, напр. HDA и HSC, в пределах зоны растяжения бетонных конструкций. Другие виды анкеров могут использоваться, если они установлены на такую глубину, чтобы распорное сечение располагалось в зоне сжатия.

Если есть трещины в месте растяжения, требуются специальные анкера.

Анкерные связи устанавливаются как в низкопрочный, так и высокопрочный бетон. Как правило, значения кубического сопротивления сжатию,  $f_{\text{ck, cube, 150}}$ , находятся между 25 и 60 Н/мм<sup>2</sup>. Не рекомендуется устанавливать распорные анкера в бетон, не затвердевший в течение семи дней. Если анкера подвергаются нагрузкам сразу же после установки, в качестве несущей способности подразумевается только фактическая прочность бетона на тот момент. Если анкера установлены, а нагрузка применена позже, в качестве несущей способности подразумевается прочность бетона на момент применения нагрузки.

Принимайте во внимание затвердевание бетона при использовании распорных анкеров.

Необходимо избегать повреждения арматуры при сверлении анкерных отверстий. Если это невозможно, необходимо предварительно проконсультироваться с ответственным за эту железобетонную конструкцию инженером-конструктором.

Избегайте повреждения арматуры.

## 1.2 Кирпичная кладка

Кирпичная кладка является неоднородным базовым материалом. Отверстие, которое просверливается для анкера, может проходить через швы, заполненные раствором или пустоты. Благодаря относительно низкой прочности кирпичной кладки, местные нагрузки не могут быть слишком высокими. На рынке существует огромное разнообразие видов и форм кирпичей, напр. глиняные и силикатные кирпичи, или бетонные блоки, различной формы, как монолитные, так и с пустотами. Hilti предлагает диапазон различных концепций крепления для данного разнообразия базового материала «кирпичная кладка», напр. HPS-1, HRD, HUD, HIT, и др.

Различные виды и формы.

Если возникают сомнения при выборе крепления / анкера, ваш местный технический консультант по продаже товаров Hilti будет рад оказать содействие.

При осуществлении крепления, нужно быть внимательным, чтобы не использовать в качестве базового материала слой изоляционных материалов или штукатурки. Обозначенная глубина анкеровки (посадки анкера) должна соблюдаться непосредственно для базового материала.

Штукатурка не является базовым материалом для креплений.

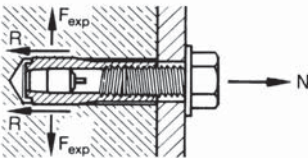
### 1.3 Другие базовые материалы

Газобетон	Газобетон: Изготавливается из мелкозернистого песка в качестве заполнителя, извести и/или цемента в качестве связующего, вода и алюминий в качестве газообразующей среды. Плотность его 0.4 - 0.8 кг/dm <sup>3</sup> и предел прочности при сжатии 2 - 6 Н/мм <sup>2</sup> . Для этого базового материала Hilti предлагает анкеры HGN и HRD-U.
Легкий бетон	Легкий бетон: данный бетон имеет низкую плотность, т.е. < 1800 кг/ м <sup>3</sup> , и пористость, уменьшающую прочность бетона, и, следовательно, несущую способность анкера. Для этого базового материала Hilti предлагает анкерные системы HRD, HUD, HGN и др.
Полносорные / гипсовые панели	Полносорные (штукатурные/гипсовые) панели: это, в основном, строительные элементы без поддерживающей функции, напр., стеновые панели и потолочные плиты, к которым производятся менее важные, так называемые, вторичные крепления. Соответствующие данному материалу анкеры Hilti - HLD и HHD.
Разнообразие базовых материалов	В дополнение в вышеупомянутым строительным материалам, на практике может встречаться большое количество других, напр. природный камень и др. Более того, также производятся особые строительные элементы из вышеупомянутых материалов, которые, благодаря технологическому процессу и конфигурированию, становятся базовыми материалами со спецификой, требующей особого внимания, например, пустотелые элементы полов и потолков и др.  Описания и объяснения по каждому из таких материалов не приводятся в данном руководстве. Хотя, как правило, крепления могут выполняться к подобным материалам. В некоторых случаях, для особых материалов, существуют отчеты об испытаниях. Рекомендуется в каждом отдельном случае обсуждать такие вопросы с инженером-конструктором, компанией, выполняющей работы, и техническим персоналом Hilti.
Испытания несущей способности анкеров	В некоторых случаях, следует проводить испытания в конкретном базовом материале для проверки пригодности и несущей способности выбранного анкера.

### 1.4 Почему анкер удерживается в базовом материале?

Существует три основных рабочих принципа, заставляющих анкер удерживаться в базовом материале:

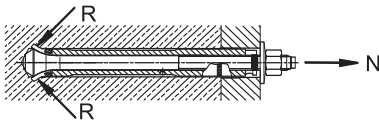
#### Трение



Усилие на вырыв,  $N$ , переносится на базовый материал с помощью трения,  $R$ . Необходима расклинивающее усилие,  $F_{\text{эxp}}$ , для того, чтобы это произошло. Оно вырабатывается, например, путем вбивания в расширяющуюся втулку (HKD).

Трение

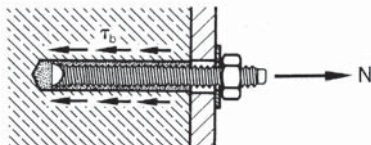
#### Форма (упор)



Усилие на вырыв,  $N$ , находится в равновесии с реакцией опоры,  $R$ , действующей на материал подложки, как в случае анкера HDA.

Форма (упор)

#### Склеивание



Адгезионная связь создается между стержнем анкера и стенками отверстия в стене при использовании клея из синтетической смолы, как в случае анкера HVA.

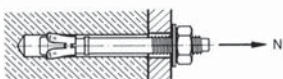
Склеивание

### Комбинация принципов работы

Многие анкерные связи обретают свою способность к удерживанию благодаря сочетанию вышеупомянутых рабочих принципов.

Комбинация принципов работы

Например, анкер прилагает расклинивающее усилие по отношению к стене из своего отверстия в результате смещения конуса по отношению к втулке. Это позволяет перенести продольное усилие на анкер путем трения. В то же время, такое расширение становится причиной постоянной местной деформации базового материала, прежде всего, в случае металлических анкеров. Эффект заклинивания приводит к дополнительному переносу продольного усилия, которое возникает в анкере, в материал подложки.



Распорные анкеры  
регулируемым усилием  
и регулированием движения

В случае распорных анкеров, различают типы с регулированием усилия и регулированием движения. Расклинивающее усилие анкеров с регулируемым усилием зависит от растягивающего напряжения в анкере (анкер для работы в тяжелых условиях HSL-3). Данное растягивающее напряжение образуется, и соответственно регулируется, при использовании момента затяжки для распора анкера.

В случае типов с регулированием движения, расширение происходит на расстоянии, предусмотренном геометрией анкера в расширенном состоянии. Следовательно, образуется расклинивающее усилие (анкер HKD), регулируемое модулем упругости базового материала.

Химический анкер

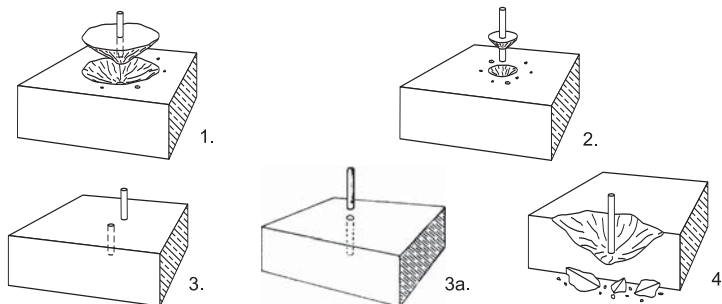
Синтетическая смола химического анкера просачивается в поры базового материала и, после затвердевания, производит местное заклинивающее действие в дополнение к связывающему.

### 1.4.1 Предельные состояния

#### 1.4.1.1 Влияние постоянной нагрузки

Модели предельных состояний

Модели предельных состояний анкерных креплений, подвергающихся непрерывно возрастающей нагрузке, могут быть описаны следующим образом:



Причины разрушения

Наиболее слабое место в анкерном креплении определяет причину разрушения.

Предельные состояния, 1) выламывание, 2) вырывание анкера и, 3), 3a), разрушение элементов анкера, происходят, в основном, когда одиночные анкеры, располагающиеся на надлежащем расстоянии от края или следующего анкера, подвергаются чистому растягивающему усилию. Такие причины разрушения определяют максимальную несущую способность анкеров. С другой стороны, небольшое расстояние от края приводит к предельному состоянию 4) разрушение кромки. Предельные нагрузки при этом ниже, чем нагрузки при вышеупомянутых предельных состояний. Предел прочности на разрыв базового материала превышает в случаях выламывания, разрушения кромки и расслаивания.

Комбинация нагрузок

В основном, те же предельные состояния существуют при комбинации нагрузок. Предельное состояние 1) выламывание, случается реже, если увеличивается угол между направлением прикладываемой нагрузки и осью анкера

Как правило, нагрузка на срез приводит к образованию раковистых (раковинообразных) участков расщепления с одной стороны анкерного отверстия и, впоследствии, элементы анкеров испытывают сгибающее напряжение или срезающую нагрузку. Если расстояние от кромки невелико, а нагрузка на срез направлена по отношению к свободной кромке строительного элемента, край откалывается.

Нагрузка на срез

### 1.4.1.2 Влияние трещин

Невозможно, чтобы в железобетонной конструкции не имелось трещин в рабочем режиме. Предусматривается, что их ширина не превышает допустимого значения, однако, необязательно рассматривать трещины как дефекты конструкции. Имея это в виду, при выполнении проектных работ проектировщик конструкции допускает, что в зоне растяжения железобетонных элементов будут возникать трещины (условие II). Усилие на вырыв из-за изгиба применяется по отношению к сборно-монолитной конструкции с помощью подходящего армирования в форме рифленых стальных прутьев, тогда как сжимающее усилие от изгиба принимается бетоном (зона сжатия). Армирование используется эффективно лишь в том случае, если бетон в зоне растяжения находится под нагрузкой (растягиванием) до такой степени, что при рабочей нагрузке образуются трещины. Положение зоны сжатия определяется статической системой / системой расчета, а также местом, в котором структура подвергается нагрузке. Обычно, трещины направлены в одну сторону (тонкие или параллельные трещины). В редких случаях, напр., если железобетонные плиты находятся под нагрузкой в двух плоскостях, трещины могут также расходиться в двух направлениях.

Влияние трещин

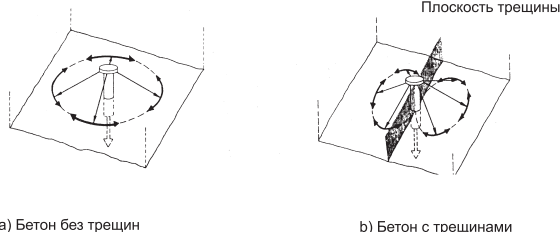
На данный момент условия тестирования и применения анкеров проектируются в международном масштабе на основе результатов исследований производителей анкеров и университетов. Это гарантирует эксплуатационную надежность и безопасность анкерных креплений, применяемых к треснувшему бетону.

Если анкерные крепления выполняются в бетоне без трещин, равновесие устанавливается путем растяжения с осевой симметрией вокруг анкерной оси.

Эффективное использование армирования

При наличии трещин механизм распределения нагрузки подвергается серьезным нарушениям, так как фактически кольцевое усилие на вырыв не может быть применено за пределами краев трещины. Нарушения, вызванные трещинами, снижают несущую способность анкерной системы.

Механизм распределения нагрузки



Понижающий коэффициент  
для бетона с трещинами

Ширина трещины в бетонной конструкции в значительной степени влияет на несущую способность на вырыв любых креплений, не только анкеров, но также монолитных элементов, напр. штифтов с головками. Ширина трещины в пределах 0.3мм допускается при проектировании анкерных креплений. Понижающий коэффициент, используемый для предельных растягивающих нагрузок анкерных креплений, выполняемых в бетоне с трещинами, в отличие от бетона без трещин, допускается в пределах 0.65 - 0.70, к примеру, для анкера HSC. Большие коэффициенты уменьшения для предельных растягивающих нагрузок должны предусматриваться (использоваться при расчетах) в случае всех анкеров, которые были установлены в прошлом без учета вышеупомянутого влияния трещин. В этом отношении используется коэффициент безопасности, необходимый для того, чтобы предусмотреть разрушение бетона с трещинами, отличается от значений, приводимых в информации об изделии, т.е., всех предыдущих значений в старом руководстве по анкерным связям. Данная ситуация является недопустимой и устраняется путем проведения особого тестирования для анкеров, установленных в бетоне с трещинами, а также внесения соответствующей информации в спецификации изделий.

Так как международные условия тестирования анкеров основаны на вышеупомянутой ширине трещин, не может быть никакой теоретической связи между предельными усилиями на вырыв и разной шириной трещин.

Усилие предварительного напряжения  
в анкерных болтах / стержнях

Вышеизложенные утверждения применимы, прежде всего, для режима постоянной нагрузки. При динамической нагрузке основными являются усилие зажима и усилие предварительного напряжения в анкерном болте / стержне. Если трещины распространяются по железобетонной конструкции после установки анкера, необходимо учесть, что усилие предварительного напряжения в анкере снижается, и, в результате, усилие зажима крепления (закрепленной детали) уменьшается (теряется). Таким образом, свойства такого крепления для динамической нагрузки будут хуже.

Потери усилия предварительного  
напряжения из-за трещин

Для обеспечения того, что анкерное крепление будет подходить для динамической нагрузки даже при появлении трещин на бетоне, необходимо поддерживать усилие зажима и усилие предварительного напряжения в анкере. Для этого можно использовать комплекты пружин или подобных им устройств.



## 2. Коррозия

### Практические рекомендации по предотвращению коррозии

1

Применение	Общие условия		Рекомендации
<b>Исходная/несущая конструкция</b>			
<i>Временное крепление:</i> опалубка, строительные приспособления, настил  <i>Структурное крепление:</i> Хомуты, колонны, балки	Внешнее и внутреннее применение		Гальванизация или покрытие
	Сухие внутренние помещения, без конденсации		Гальванизация 5-10 микрон
	Сырые помещения со случайной конденсацией из-за высокой влажности и перепадов температуры		Гальванизация горячим способом / шерардизация мин. 45 микрон
	Частая и продолжительная конденсация (теплицы), открытые внутренние помещения или коридоры/навесы		Сталь A4 (316), по возможности гальванизация горячим способом
Сборно-моноклитная конструкция	Защита благодаря щелочности бетона		Гальванизация 5-10 микрон
<b>Внутренняя отделка</b>			
Полнооборн. конструкции, подвес. потолки, окна, двери, перила/ограждения, лифты, пожарные лестницы	Сухие внутренние помещения, без конденсации		Гальванизация 5-10 микрон
<b>Фасады / кровля</b>			
Профилированные листы металла, наружная обшивка несущей стены, крепление изоляции, каркас для поддержания фасада	<i>Сельская атмосфера</i> (без загрязнений)	Внутреннее применение	Гальванизация 5-10 микрон
		Внешнее применение	Гальванизация горячим способом / шерардизация мин. 45 микрон
		Изоляцион. материалы	Dacromet / пластик, сталь A4 (316)
	<i>Городская атмосфера:</i> Высокое содержание SO <sub>2</sub> и NO <sub>x</sub> , возможно накопление хлоридов из соли для дорог	Внутреннее применение	Гальванизация 5-10 микрон
		Внешнее применение	Гальванизация горячим способом / шерардизация мин. 45 микрон, при наличии хлоридов Hilti-HCR
		Изоляцион. материалы	Сталь A4 (316)
	<i>Промышленная атмосфера:</i> Высокое содержание SO <sub>2</sub> и другие разъедающие вещества (без галидов)	Внутреннее применение	Гальванизация 5-10 микрон
		Внешнее применение	Сталь A4 (316)
		Изоляцион. материалы	Сталь A4 (316)
	<i>Прибрежная атмосфера:</i> Высокое содержание хлоридов, смешанных с промышленной атмосферой	Внутреннее применение	Гальванизация 5-10 микрон
		Внешнее применение	Hilti-HCR
		Изоляцион. материалы	Hilti-HCR

Применение	Общие условия	Рекомендации
<b>Установки</b>		
Трубопроводы, трассы кабеля, вентиляционные каналы  <i>Электрические системы:</i> Питающие линии, освещение, антенны  <i>Промышленное оборудование:</i> Подкрановые рельсы, перегородки, конвейеры, крепление механизмов	Сухие внутренние помещения, без конденсации	Гальванизация 5-10 микрон
	Сырые, плохо проветриваемые помещения, подвалы / подвальные шахты, случайная конденсация из-за высокой влажности и перепадов температуры	Гальванизация горячим способом / шерардизация мин. 45 микрон
	Частая и продолжительная конденсация (теплицы), открытые внутренние помещения или навесы / открытые сооружения	Сталь A4 (316), возможно гальванизация горячим способом
<b>Сооружение дорог и мостов</b>		
Трубопроводы, трассы кабеля, дорожные знаки, шумоизолирующие стенки, барьеры / ограждения, соединяющие конструкции	Непосредственно подвергаются атмосферным влияниям (хлориды регулярно смываются)	Гальванизация горячим способом / шерардизация мин. 45 микрон, сталь A4 (316), сталь, выплавленная дуплекс-процессом или аустенитная сталь с прибл. 4-5% Mo
	Часто подвергаются воздействию соли для дорог, связанные с безопасностью	Hilti HCR
<b>Проходка туннелей</b>		
Защитн. покрытие туннелей, армирующ. сетка, дорожн. знаки, освещение, наружн. обшивка/облицовка стен туннеля, вентиляц. каналы, потолочн. подвески, и др.	Второстепен. отношение к безопасности	Сталь, выплавленная дуплекс-процессом, возм. сталь A4 (316)
	Связанные с безопасностью	Hilti-HCR
<b>Оборудование доков / гаваней / портов / прибрежные буровые установки</b>		
Крепления на пристанях, доках, гаванях	Второстепенное значение безопасности, временные крепления	Гальванизация горячим способом
	Повышенная влажность, хлориды, зачастую с «индустриальной атмосферой» или утечки масла / морская вода	Hilti-HCR
	На платформе / буровой установке	Сталь A4 (316)
<b>Промышленность / химическая промышленность</b>		
Трубопроводы, трассы кабеля, соединяющие конструкции, освещение	Сухие внутренние помещения	Гальванизация 5-10 микрон
	Внутренние помещения с коррозионной средой, напр. крепления в лабораториях, гальванических цехах и тд, крайне коррозионные пары	Сталь A4 (316), Hilti-HCR
	Внешнее применение, сильная подверженность воздействию SO <sub>2</sub> и дополнительным разъедающим веществам (только в кислотной среде)	Сталь A4 (316)
<b>Электростанции</b>		
Крепления, связанные с безопасностью	Сухие внутренние помещения	Гальванизация 5-10 микрон
	Внешнее применение, сильная подверженность воздействию SO <sub>2</sub>	Сталь A4 (316)

Применение	Общие условия	Рекомендации
<b>Дымовые трубы установок по сжиганию отходов</b>		
Крепления, к примеру, служебных лестниц, светопроводов	В нижней части трубы	Гальваниз. горяч. способом/шерардизация мин. 45 микрон, сталь A4 (316)
	В верхней части трубы, конденсация кислот и зачастую высокая концентрация хлоридов и галидов	Hilti-HCR
<b>Очистка сточных вод</b>		
Трубопроводы, трассы кабеля, соединяющие конструкции и др.	В атмосфере с высокой влажн., наличием биологич. газов / паров из варочных котлов и пр.	Гальваниз. горяч. способом/шерардизация мин. 45 микрон, сталь A4 (316)
	Подводное применение, городские сточные воды, промышленные сточные воды	Hilti-HCR
<b>Многоэтажные парковки</b>		
Крепления, например, ограждений, перил, балюстрад	Большое кол-во хлоридов (соль для дорог), приносимое транспортн. средствами, повтор. циклы увлажнения/высыхания	Hilti-HCR
<b>Крытые бассейны</b>		
Крепления, например, сидений, перил, ограждений	Крепления, связанные с безопасностью	Hilti-HCR
<b>Спортивные площадки / приспособления / стадионы</b>		
Крепления, например, сидений, перил, ограждений	В сельской атмосфере	Гальваниз. горяч. способом/шерардизация мин. 45 микрон
	В городской атмосфере	Гальваниз. горяч. способом/шерардизация мин. 45 микрон, сталь A4 (316)
	Недоступные крепления	Сталь A4 (316)

### 3.1 Динамический расчет анкеров

Детальную информацию можно получить у местного представителя Hilti или из брошюры: Динамический расчет анкеров Hilti AG, 2001 W 2611 0601 20-е

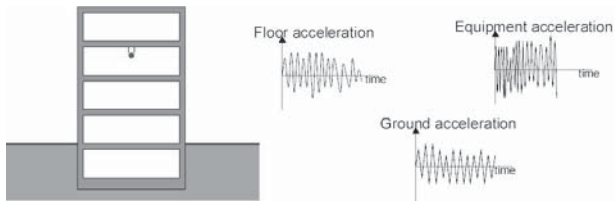
#### Действия

Обычно техническое проектирование фокусируется на постоянной нагрузке. В данной главе будут рассмотрены случаи, при которых статическое упрощение может вызывать недооценку и расчет важных конструкций с недостаточным запасом прочности.

<b>Постоянная нагрузка</b>	<p>Постоянную нагрузку можно разделить на:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Собственный вес конструкции</li> <li>• Постоянное воздействие Нагрузка от несущих элементов, напр. верхнего слоя покрытия пола, маяка, или в результате напряжений (из-за перепадов температуры или оседания опор / колонн)</li> <li>• Переменное воздействие Рабочая нагрузка (пригонка / отделка, механизмы, «нормальный» износ) Снег Ветер Температура</li> </ul>
<b>Динамическая Нагрузка</b>	<p>Основное различие между статической и динамической нагрузкой является эффективность силы инерции и демпфирующей силы. Эти силы появляются в результате вынужденного ускорения и должны приниматься во внимание при определении усилий действующих в сечении и сил стабилизации.</p>
<b>Типичные Динамические Нагрузки</b>	<p>Динамические нагрузки можно классифицировать по 3 разным группам:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Усталостные нагрузки</b></li> <li>• <b>Сейсмические нагрузки</b></li> <li>• <b>Ударные нагрузки</b></li> </ul>
<b>Примеры Усталостных Нагрузок</b>	<p>Можно выделить две основные группы нагрузок усталостного типа:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Вибрационный тип нагрузок</b> креплений с очень высокой частотой и обычно низкой амплитудой (напр. вентиляторы, производственное оборудование и др.).</li> <li>• <b>Циклические нагрузки</b> в конструкциях с высокой нагрузкой и переменной частотой (краны, лифты, автоматические устройства и др.).</li> </ul>
<b>Воздействия, относящиеся к усталости</b>	<p>Воздействия, приводящие к усталости, содержат большое количество циклов нагрузок, которые вызывают изменения в напряжении крепления, находящегося под нагрузкой. В результате такого напряжения потеря прочности, которая тем выше, чем больше изменение в напряжении и чем больше количество циклов нагрузок (усталость). При оценке воздействий, вызывающих усталость, важным является не только тип воздействия, но также планируемый или ожидаемый срок службы крепления.</p>
<b>Примеры Сейсмических Нагрузок</b>	<p>Как правило, все крепления в конструкциях, установленных в сейсмически активных зонах подвергаются сейсмическим нагрузкам. Однако, из соображений экономии, лишь наиболее важные крепления, повреждение которых приведет к потере человеческих жизней или значительному ослаблению всей конструкции, проектируются с учетом сейсмических нагрузок.</p>

### Землетрясения / сейсмическая активность

Движение почвы во время землетрясения / сейсмических толчков приводит к относительному смещению фундамента здания. Из-за инертности своей массы, здание не может следовать этому движению без деформации. По причине жесткости конструкции, возникают противодействующие силы, вызывающие вибрацию. Это приводит к напряжению и деформации конструкции, прикрепленных к ней элементов и установок. Частое повторение землетрясений вызывает явление резонанса, которое в свою очередь становится причиной больших амплитуд вибрации на верхних этажах.



Ввиду низкой упругости анкеров / крепежных элементов, сейсмические нагрузки должны, как правило, компенсироваться высокой несущей способностью и незначительной деформацией. Крепление должно выдерживать учитываемые в расчетах землетрясения без повреждений. Определение сил, воздействующих на крепление, является сложным, поэтому им занимаются специалисты.

### Примеры Ударных Нагрузок

Ситуации, при которых возникают ударные нагрузки случаются, в основном, редко, даже несмотря на то, что иногда это — единственная причина нагрузки, на которую рассчитана конструкция (напр. барьеры на автострадах, защитные сетки, сотрясения на кораблях и в самолетах, а также обрушающиеся породы, лавины и взрывы и т.д.).

### Ударное воздействие

Явления ударного характера, как правило, очень непродолжительны и крайне сильны, что, однако, случается в отдельные кульминационные моменты. Так как вероятность возникновения подобного явления на протяжении ожидаемого срока службы частей здания сравнительно низка, обычно допускается пластическая деформация крепежных элементов и элементов конструкции.

### Поведение Материалов

#### **...при постоянной нагрузке**

Поведение характеризуется прочностью (на разрыв и сжатие) и упругой пластичностью материала. Эти свойства обычно определяются путем проведения простого тестирования образцов.

#### **...под воздействием усталости**

Если материал подвергается длительной нагрузке, которая меняется со временем, он может разрушиться после некоторого количества циклов нагрузки, даже если верхний предел нагрузки, которую может выдержать материал в течении этого времени, гораздо ниже, чем максимальный предел прочности на разрыв при статическом нагружении. Такая потеря прочности называется усталостью материала.

Марка и качество стали в значительной степени влияют на прочность при переменной нагрузке. В случае конструкционных и термообработываемых сталей, предел прочности после твердения (т.е., после 2 и более миллионов циклов нагрузки) составляет примерно 25-35% прочности при статической нагрузке.

В ненагруженном состоянии в бетоне уже имеются микротрещины в зоне соприкосновения заполнителя и цементного теста, которые могут вносить свой вклад в осложнение усадки цементного теста. Усталостная прочность бетона напрямую зависит от марки бетона. Прочность бетона снижается до 55 – 65% первоначальной прочности после 2'000'000 циклов нагрузки.

#### **...сейсмическое или ударное воздействие**

Не так сильно влияют на прочность материалов как воздействие усталости. Другие факторы, такие как инертность, трещины и др. оказывают более сильное влияние на поведение материалов.

### Поведение Анкеров

#### Усталость



Большое количество циклов применяемой нагрузки, т.е.  $n > 10^4$ , как правило, оказывается критическим для анкеров в одиночном креплении (из-за усталости стали). Бетон может разрушаться только, если анкер находится на уменьшенной глубине анкеровки и подвергается растягивающему нагружению, либо если анкер находится на небольшом расстоянии от края и подвергается воздействию срезающей нагрузки.

Отдельные анкерные связи в многоанкерном креплении могут иметь различные коэффициенты упругой деформации и поведение при смещении (сдвиге), которое у разных анкеров отличается, как, например, в случае, если анкер установлен в трещине. Это приводит к перераспределению усилий в анкерах на протяжении циклов нагрузки. Более жесткие анкеры подвергаются более высоким нагрузкам, тогда как нагрузки в более слабых анкерах меньше. Эти два воздействия учитываются путем использования коэффициента ослабления для групп анкерных креплений.

#### Землетрясения



Анкеры (крепежные элементы), подвергающиеся сейсмическому нагружению, могут при определенных условиях находиться под напряжением большим, чем позволяет их статическая несущая способность. Ввиду этого, проводится тестирование относительной пригодности с использованием значительно более высокого уровня воздействия (нагрузок), чем рабочий уровень нагрузки. Поведение анкеров при сейсмическом воздействии зависит от величины нагрузок, направления нагрузок, базового материала и типа анкеров. После землетрясения несущая способность (предельное состояние) анкера значительно снижается (до 30 – 80% начальной сопротивляемости). При любом проектировании сейсмических конструкций крепежных элементов необходимо принимать во внимание появляющиеся в результате сейсмической активности трещины на бетоне.

При проектировании анкерных креплений важно помнить, что их нельзя рассматривать как отдельные элементы, принимающие на себя сейсмические воздействия, но их следует интегрировать в общую концепцию проекта.

#### Ударные нагрузки



Периоды увеличения нагрузки в пределах миллисекунд могут быть смоделированы в процессе тестирования серво-гидравлическим оборудованием. Таким образом, можно наблюдать следующие основные воздействия:

- при достижении разрушающей нагрузки деформация сильнее.
- энергия, поглощенная анкером также намного выше.
- разрушающие нагрузки имеют приблизительно одинаковую величину при статической нагрузке и при тестировании ударных нагрузок.

Более свежие исследования в этой области показывают, что базовый материал (бетон с трещинами или без), не влияет непосредственно на поведение при нагружении.

#### Пригодность при усталостной нагрузке

Как механические, так и химические анкеры пригодны, в основном, для креплений, подверженных усталостным нагрузкам. Hilti производит анкеры HDA и HVZ из специальных марок стали, устойчивых к усталости, а также проводит с ними соответствующие испытания.

#### Пригодность при сейсмических нагрузках

Если подразумевается, что крепления будут подвергаться сейсмическому нагружению, предпочтение отдается химическим анкерам. Однако существуют сопутствующие требования, которые необходимо удовлетворить, например, поведение при пожаре. Такие ограничения делают предпочтительными механические системы.

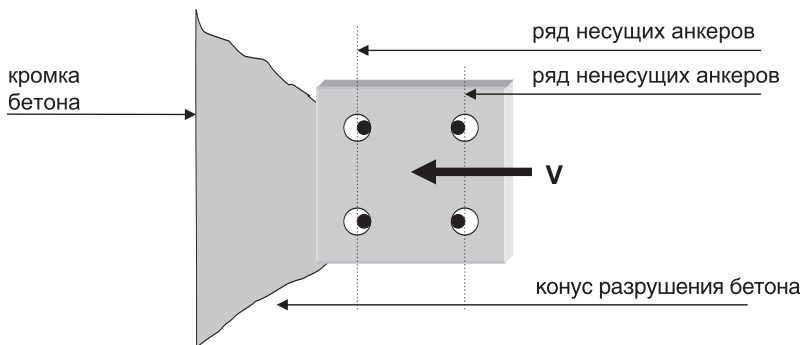
#### Пригодность при ударных нагрузках

До настоящего времени в сооружениях гражданской обороны использовались, прежде всего, механические анкерные системы. Позднее были разработаны адгезивные системы, пригодные для использования в растрескавшемся бетоне, напр. анкер HVZ.

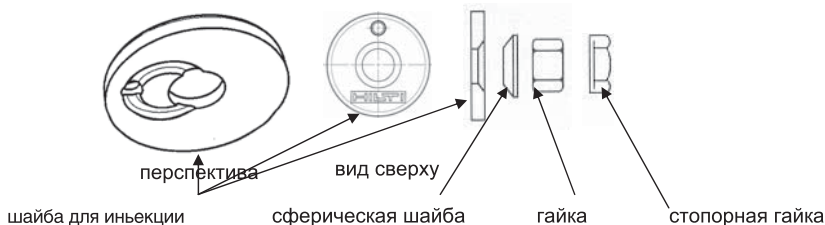
## Динамический Комплект для Улучшения Характеристик Сопротивления Срезающему Усилию

### 3.2 Улучшение характеристик сопротивления срезающему усилию при использовании Динамического Комплекта

Если многоанкерное крепление находится под нагрузкой по направлению к краю бетонного элемента (срезающая нагрузка), зазор между стержнем анкера и отверстием с гарантированным зазором играет важную роль. Результатом является неравномерное распределение срезающей нагрузки в анкерах крепления, так как отверстие с гарантированным зазором всегда больше диаметра анкера для обеспечения легкости установки. Методы проектирования принимают во внимание этот факт, при условии, что только ближайший к краю ряд анкеров принимает на себя всю срезающую нагрузку.



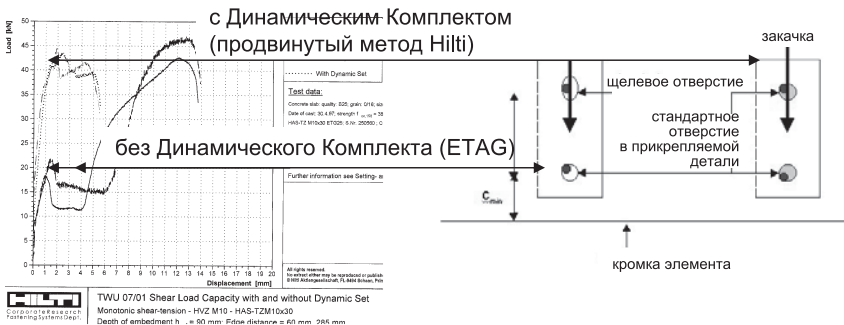
Второй ряд анкеров может быть задействован только после значительного сдвига анкерной пластины. Такой сдвиг обычно происходит после разрушения края внешнего ряда. Влияние гарантированного зазора отверстия на распределение внутренней нагрузки возрастает при изменении направления срезающей нагрузки в течение срока службы. Для того, чтобы анкеры были пригодны при перемежающихся срезающих нагрузках, Hilti разработала так называемый Динамический Комплект. Он состоит из специальной шайбы, позволяющей распределение инъецируемого адгезива HIT в отверстиях с гарантированным зазором, сферической шайбы, гайки и стопорной гайки.



При использовании динамического комплекта для статических креплений сопротивление срезающему усилию значительно возрастает. Неблагоприятная ситуация, при которой только один ряд анкеров принимает всю нагрузку, устраняется, и нагрузка равномерно распределяется между всеми анкерами. Ряд экспериментов подтвердил это допущение. Пример этой тестовой программы для двойных креплений с анкерами HVZ M10 с Динамическим Комплектом и без него показан для сравнения результирующего сопротивления срезающему усилию и прочности.



## Динамический Комплект для Улучшения Характеристик Сопротивления Срезающему Усилию

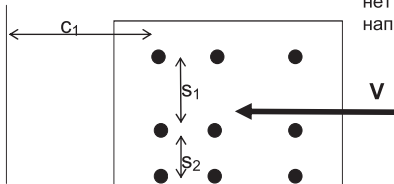


Результаты теста отчетливо показывают, что в соответствии с нынешней технологией второй ряд анкеров принимает нагрузку только после значительной деформации пластины, когда кромка бетона уже разрушена. Использование Динамического Комплекта вызвало непрерывный рост нагрузки до разрушения группы креплений.

При осуществлении простого проектирования крепления можно допустить, что при использовании Динамического Комплекта общая несущая способность группы креплений равна устойчивости первого ряда анкеров, умноженной на количество рядов в креплении. В дополнение к этому, необходимо проверить, не является ли прочность кромки бетона, возле которой расположен дальний ряд анкеров, меньшей, чем вышеупомянутая. Если используется закачка с помощью Динамического Комплекта, можно пренебречь условиями ETAG, которые предписывают использование более чем 6 анкерных креплений.

### Пример:

Сопротивление разрушению кромки бетона пластины с девятью анкерами (3x3) (нет других кромок, нет эксцентриситета, нормальная толщина элемента, нагрузка направлена по отношению к кромке):



ETAG:

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0}$$

Hilti (продвинутый CC Метод Hilti с использованием Динамического Комплекта):

$$V_{Rk,c}^{inject} \approx 3 \cdot (V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0})$$

Улучшения с помощью Динамического Комплекта:

### Шайба для иньектирования:

Заполняет отверстие с гарантированным зазором и таким образом обеспечивает равномерное распределения нагрузки между всеми анкерами.

### Сферическая шайба:

Снижает изгибающий момент, воздействующий на стержень анкера, не установленный под прямым углом, и, таким образом, повышает устойчивость к растягивающему усилию.

### Стопорная гайка:

Предотвращает ослабление гайки, и таким образом – поднятие анкерной пластины над бетоном в случае циклического нагружения.



Программа поставки Динамического Комплекта: M10, M12, M16, M20

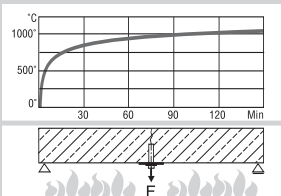
### 4 Огнестойкость











#### Испытанные крепления для пассивного структурного предотвращения пожаров







Испытаны согласно с международным графиком допустимой зоны температур (ISO 834, DIN 4102 T.2)










Испытаны при установке в растрескавшийся бетон и подвержены пламени без изоляции или защитных мер.



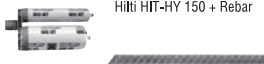



Анкер / крепежный элемент	Размер	Макс.нагрузка (кН) для указанного времени огнестойкости (огнестойкость в минутах)					Отчет IMBM / Технического Университета в Брунсвике, №
		F30	F60	F90	F120	F180	
 HDA	M10	4.50	2.20	1.30	1.00	0.70	3039 / 8151
	M12	10.00	3.50	1.80	1.20	1.00	
	M16	15.00	7.00	4.00	3.00	2.50	
	M20	25.00	9.00	7.00	5.00	3.70	
 HDA-F	M10	4.50	2.20	1.30	1.00	0.70	3039 / 8151
	M12	10.00	3.50	1.80	1.20	1.00	
	M16	15.00	7.00	4.00	3.00	2.50	
 HDA-R	M10	20.00	9.00	4.00	2.00	1.00	3039 / 8151
	M12	30.00	12.00	5.00	3.00	2.10	
	M16	50.00	15.00	7.50	6.00	4.70	
 HSC-A	M8x40, x50			1.50			3177 / 1722-1
	M10x40			1.50			
	M12x60		3.50	2.00			
 HSC-I	M8x40			1.50			3177 / 1722-1
	M10x50, x60			2.50			
	M12x60			2.00			
 HSC-AR	M8x40, x50			1.50			3177 / 1722- 1
	M10x40			1.50			
	M12x60			3.50	3.00		
 HSC-IR	M8x40			1.50			3177 / 1722-1
	M10x50, x60			2.50			
	M12x60			3.50	3.00		
 HSL-3	M8	3.00	1.10	0.60	0.40		3027 / 0274-5
	M10	7.00	2.00	1.30	0.80		
	M12	10.00	3.50	2.00	1.20		
	M16	20.00	7.50	4.00	3.00		
	M20	34.60	14.00	7.00	5.00		
	M24	45.50	21.00	12.00	8.00		
 HSL-3-G	M8	6.90	6.90	2.00	0.80		3027 / 0274-5
	M10	10.40	10.40	4.00	2.00		
	M12	15.00	15.00	6.00	3.00		
	M16	25.70	20.00	8.00	6.00		
	M20	34.60	14.00	7.00	5.00		
	M24	45.50	21.00	12.00	8.00		
 HSL-3-B	M12	10.00	3.50	2.00	1.20		3027 / 0274-5
	M16	20.00	7.50	4.00	3.00		
	M20	34.60	14.00	7.00	5.00		
	M24	45.50	21.00	12.00	8.00		

Максимальная стойкость, здесь представленная относится лишь к случаям, когда крепление продолжает нормально выполнять свои функции при воздействии огня. В случае планирования и расчетов, решающее значение имеют сертификаты допуска и предписания/директивы конкретной страны, либо технические данные в руководстве по технологии креплений Hilti.

Анкер / крепление	Размер	Макс. нагрузка (кН) для указанного времени огнестойкости (огнестойкость в минутах)					№ Отчета IBMB / Технического Университета в Брунсвике
		F30	F60	F90	F120	F180	
 HSL-G-R	M8	6.90	6.90	2.00	0.80		3027 / 0274-5
	M10	10.40	10.40	4.00	2.00		
	M12	15.00	15.00	6.00	3.00		
	M16	25.70	20.00	8.00	6.00		
	M20	34.60	30.00	20.00	10.00		
 HST	M8	1.50	0.80	0.50	0.40		3245 / 1817-3
	M10	4.50	2.20	1.30	0.90		
	M12	10.00	3.50	1.80	1.20		
	M16	15.00	5.00	4.00	3.00		
	M20	25.00	9.00	7.00	5.00		
	M24	35.00	12.00	9.50	8.00		
 HST-R	M8	12.00	5.00	1.80	1.00		3245 / 1817-3
	M10	20.00	9.00	4.00	2.00		
	M12	30.00	12.00	5.00	3.00		
	M16	40.00	15.00	7.50	6.00		
	M20	60.00	35.00	15.00	10.00		
	M24	80.00	50.00	24.00	16.00		
 HST-HCR	M8	12.00	5.00	1.80	1.00		3245 / 1817-3
	M10	20.00	9.00	4.00	2.00		
	M12	30.00	12.00	5.00	3.00		
	M16	40.00	15.00	7.50	6.00		
 HSA	M6	0.90	0.50	0.30	0.25		3049 / 8151
	M8	1.50	0.80	0.50	0.40		
	M10	4.50	2.20	1.30	1.00		
	M12	10.00	3.50	1.80	1.20		
	M16	15.00	7.00	4.00	3.00		
	M20	25.00	9.00	7.00	5.00		
 HSA-R	M6	2.60	1.30	0.80	0.60		3049 / 8151 (монолитный силикатный кирпич KSV класс прочности ≥12/II)
	M8	6.00	3.00	1.80	1.20		
	M10	9.50	4.75	3.00	2.50		
	M12	14.00	7.00	4.00	3.00		
	M16	26.00	13.00	7.50	6.00		
 HKD-S	M6	2.00	1.00	0.40	0.30		3027 / 0274-4
	M8	3.00	1.10	0.60	0.40		
 HKD-SR	M10	5.00	2.00	1.30	0.80		
	M12	8.50	3.50	2.00	1.20		
	M16	11.50	7.50	4.00	3.00		
	M20	18.80	14.00	7.00	5.00		
 HKD-E	M6	2.00	1.00	0.40	0.30		3304 / 1255-2 3133 / 0856-2 (Mz)
	M8	3.00	1.10	0.60	0.40		
	M10	5.00	2.00	1.30	0.80		
	M12	8.50	3.50	2.00	1.20		
	M16	11.50	7.50	4.00	3.00		
	M20	18.80	14.00	7.00	5.00		
 HLC	6.5 (M5)	0.50	0.25	0.20	0.15		3304 / 1255-2 3133 / 0856-2 (Mz)
	8 (M6)	0.50	0.25	0.20	0.15		
	10 (M8)	1.00	0.50	0.40	0.30		
	12 (M10)	1.80	1.00	0.70	0.60		
	16 (M12)	3.00	1.70	1.20	1.00		
	20 (M16)	4.00	3.75	2.70	2.20		
 DBZ	6/45	0.80	0.40	0.25	0.15		3794 / 7949-1
	6/35	0.80	0.40	0.25	0.15		
 HUS (бетон + монолитный кирпич)  HUS (легкий бетон)  HUS-H (бетон)	7.5	1.20	0.70	0.50	0.40		3950 / 7261
	-H 7.5	1.30	0.80	0.60	0.50		
	-A 7.5	1.80	1.20	0.80	0.70		
	7.5	1.00	0.60	0.40	0.30		
	-H 7.5	1.00	0.60	0.40	0.30		
	-A 7.5	1.00	0.60	0.40	0.30		
 HA8 R1	10.5	7.00	2.65	1.50	1.00		3245 / 1817-5
	12.5	9.00	3.30	1.80	1.20		

Анкер / крепление	Размер	Макс. нагрузка (кН) для указанного времени огнестойкости (огнестойкость в минутах)				№ Отчета IBMB / Технического Университета в Брунсвике	
		F30	F60	F90	F120		F180
	HVU-TZ + HAS-TZ	M10	4.50	2.20	1.30	1.00	3357 / 0550-1
		M12	10.00	3.50	1.80	1.20	
		M16	15.00	7.00	4.00	3.00	
		M20	25.00	9.00	7.00	5.00	
	HVU-TZ + HAS-RTZ / HCR-TZ	M10	10.0	4.50	2.70	1.70	3357 / 0550-1
		M12	15.00	7.50	4.00	3.00	
		M16	20.00	11.50	7.50	6.00	
		M20	35.00	18.00	11.50	9.00	
	HVU + HAS	M8	1.50	0.80	0.50	0.40	3245 / 1817-7
		M10	4.50	2.20	1.30	0.90	
		M12	10.00	3.50	1.80	1.00	
		M16	15.00	5.00	4.00	3.00	
		M20	25.00	9.00	7.00	5.00	
		M24	35.00	12.00	9.50	8.00	
		M27	40.00	13.50	11.00	9.00	
		M30	50.00	17.00	14.00	11.00	
		M33	60.00	20.00	16.50	13.50	
		M36	70.00	24.00	19.50	16.00	
		M39	85.00	29.00	23.50	19.50	
	HVU + HAS-R / HCR	M8	2.00	0.80	0.50	0.40	3245 / 1817-7
		M10	6.00	3.50	1.50	1.00	
		M12	13.00	9.00	5.00	3.00	
		M16	20.00	13.50	7.50	6.00	
		M20	36.00	25.50	15.00	10.00	
		M24	56.00	38.00	24.00	16.00	
		M27	65.00	44.00	27.00	18.00	
		M30	85.00	58.00	36.00	24.00	
		M33	100.00	68.00	42.00	28.00	
		M36	120.00	82.00	51.00	34.00	
	M39	140.00	96.00	60.00	40.00		
	HVU + HIS-N	M8	1.50	0.80	0.50	0.40	3245 / 1817-7
		M10	4.50	2.20	1.30	0.90	
		M12	10.00	3.50	1.80	1.00	
		M16	15.00	5.00	4.00	3.00	
	HVU + HIS-RN	M8	10.00	5.00	1.80	1.00	3245 / 1817-7
		M10	20.00	9.00	4.00	2.00	
		M12	30.00	12.00	5.00	3.00	
		M16	50.00	15.00	7.50	6.00	
	M20	65.00	35.00	15.00	10.00		
	Hilti HIT-HY 70 + HIT-AN/ANR	M8	1.50	0.50	0.20		3357 / 0550-4
		M10	1.50	0.50	0.20		
		M12	1.50	0.50	0.20		
	Hilti HIT-HY 70 + HIT-AN/ANR	M8	1.90	0.70	0.30	0.10	3357 / 0550-3
		M10	2.50	0.80	0.30	0.10	
		M12	2.50	0.80	0.30	0.10	
	+ HAS / HAS-R	M8	1.40	0.60	0.30		
		M10	1.40	0.60	0.30		
		M12	2.50	2.50	1.60	0.90	

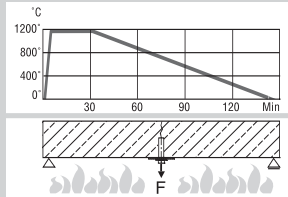
Анкер / крепление	Размер	Макс. нагрузка (кН) для указанного времени огнестойкости (огнестойкость в минутах)					№ Отчета IBMB / Технического Университета в Брунсвике
		F30	F60	F90	F120	F180	
 Hilti HIT-HY 150 + HAS	M8	2.70	1.10	0.50	0.40		3027 / 0274-6
	M10	3.60	1.90	1.00	0.60		
	M12	6.00	3.50	2.00	1.20		
	M16	7.00	5.00	3.20	2.00		
	M20	12.50	10.00	7.00	5.00		
	M24	16.00	12.50	10.00	8.00		
 Hilti HIT-HY 150 + HAS-R	M8	2.70	1.30	0.50	0.40		3027 / 0274-6
	M10	3.60	1.90	1.00	0.60		
	M12	6.00	4.60	3.20	2.00		
	M16	7.00	5.00	3.20	2.00		
	M20	12.50	10.00	8.00	6.50		
	M24	16.00	12.50	10.00	8.50		
 Hilti HIT-HY 150 + Rebar	См. Национальные законы и приложение.						3162 / 6989 сертификат допуска DIBt Z-21.8 - 1648
 Hilti HIT-HY 150 + HIT-TZ	M8	1.90	0.50	0.25	0.15		3256 / 0321
	M10	6.00	1.10	0.40	0.20		
	M12	9.00	2.50	1.20	0.70		
	M16	17.00	6.50	3.70	2.50		
	M20	20.00	11.50	7.70	6.00		





### Тестируемые крепежные элементы в качестве структурных пассивных мер предотвращения пожара



Прошли испытания в соответствии с графиком допустимой зоны температур Германского стандарта (ZTV-допустимый диапазон, часть 1))

Тестируемы с установкой в треснувший бетон под воздействием пламени без применения изоляции или мер защиты.



Анкер / крепление	Размер	Макс. нагрузка (кН) для указанного времени огнестойкости (огнестойкость в минутах)	№ Отчета IBMB / Технического Университета в Брунсвике
 HVU-TZ+ HAS-HCR-TZ	M10	1.50	Дополнительный отчет к 3357 / 0550-1
	M12	2.50	
	M16	6.00	
	M20	8.00	
 HVU+ HAS-HCR	M8	0.50	Дополнительный отчет к 3245/ 1817-2
	M10	1.50	
	M12	1.50	
	M16	5.00	
 HST-HCR	M8	1.00	Дополнительный отчет к 3245 / 1817-3
	M10	1.50	
	M12	2.50	
	M16	6.00	
 HKD-SR	M8	0.50	Дополнительный отчет к 3027 / 0274-4
	M10	0.80	
	M12	2.50	
	M16	5.00	
	M20	6.00	

### 5. Расчет анкеров

#### 5.1 Концепция безопасности

В данном Руководстве по Технологии Крепления используются две концепции безопасности:

##### Концепция коэффициента частной безопасности, $\gamma_M$ , $\gamma_F$

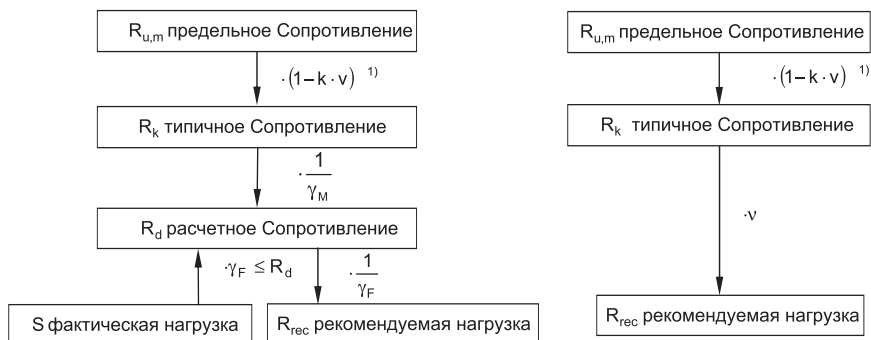
Коэффициент **частичной** безопасности действителен для всех версий следующих анкеров:

HDA, HSC, HSL-3, HST, HSA, HKD, HLC, HHD-S, DBZ, HA 8, HUS, HRD, HPS-1, HUD-1, HUD-L, HGN, HLD, HSP, HVZ, HVA, HVAUW, HIT-HY 150, HIT-ICE, HIT-HY 70, HIT-RE 500

##### Концепция коэффициента глобальной безопасности, $\gamma$

Коэффициент **глобальной** безопасности действителен для следующих анкеров:

IDP, IZ, IN, IDMS, IDMR, HRA, HRC, HRT, HWB



Концепция безопасности, использующая коэффициент глобальной безопасности, все больше вытесняется концепцией коэффициента частной безопасности. Важнейшей особенностью данного коэффициента является строгое разделение

**коэффициентов частной безопасности для приложенных нагрузок**

и

**коэффициентов частной безопасности для сопротивления креплений этим нагрузкам**

Коэффициенты частной безопасности для нагрузок предназначены для учета нерегулярности покрытия и разброса значений, связанных с нагрузками. Коэффициенты частной безопасности для сопротивления предназначены для учета нерегулярности покрытия и разброса значений, относящихся к сопротивлению, напр. несущей способности крепления.

### 5.2 Методы расчета

Когда требуется выполнить в бетоне высококачественные крепления в условиях средних и высоких нагрузок, зачастую необходимо привести их в соответствие со стандартной технологической практикой для обеспечения как оптимального использования разработанного анкерного крепления, так и требуемого уровня безопасности.

Современное состояние технологии проектирования креплений в мире [1], так называемая методика расчета несущей способности бетона (Методика CC), использовалось в данном руководстве как базовое. Эта методика расчета была упрощена, с сохранением всего наиболее существенного из предыдущей методики и включением новейших принципов.

Основными особенностями **нового метода расчета** являются:

- Установление различий между предельными состояниями: вырыва/разрушения бетона и стали. Разные предельные состояния, случающиеся, когда нагрузка анкера приводит к разрушению, рассматриваются отдельно.
- Установление различий между коэффициентами безопасности, основывающееся на разных предельных состояниях.

Как используются данные особенности при фактическом расчете анкерных креплений показано на **следующих страницах**.

Преимущества данного подхода:

- Новый метод точнее отображает реальное поведение анкера. Таким образом, в определенных ситуациях становится возможным применение тех же типов анкеров для более высоких нагрузок.
- Установление различий между предельными состояниями даёт большую гибкость в отношении стальных элементов без необходимости в выполнении нового проектного расчета.
- Исходные данные находятся в соответствии с разрабатываемыми предписаниями по проектированию, напр. метод расчета согласно ETAG, Приложение C, или ACI 318, глава 22 (или см. ссылку [1]).

Анкеры, по отношению к которым применяется данный метод расчета:

HDA, HSL-3, HSC, HKD, HST, HSA, HVZ, HIT-TZ, HVA, HVA-UW, HIT-HY 150, HIT-ICE, HIT-RE 500  
Данное Руководство по Технологии Крепления включает в себя также **Традиционный Метод Расчета Hilti**, показанный на **странице 33**. Этот метод расчета, использующий коэффициент глобальной безопасности, все больше вытесняется вышеупомянутыми методами расчета (Hilti CC или ETAG CC) с концепцией коэффициента частичной безопасности. Анкер, по отношению к которому может применяться Традиционный Метод Расчета Hilti: HSL-G-R

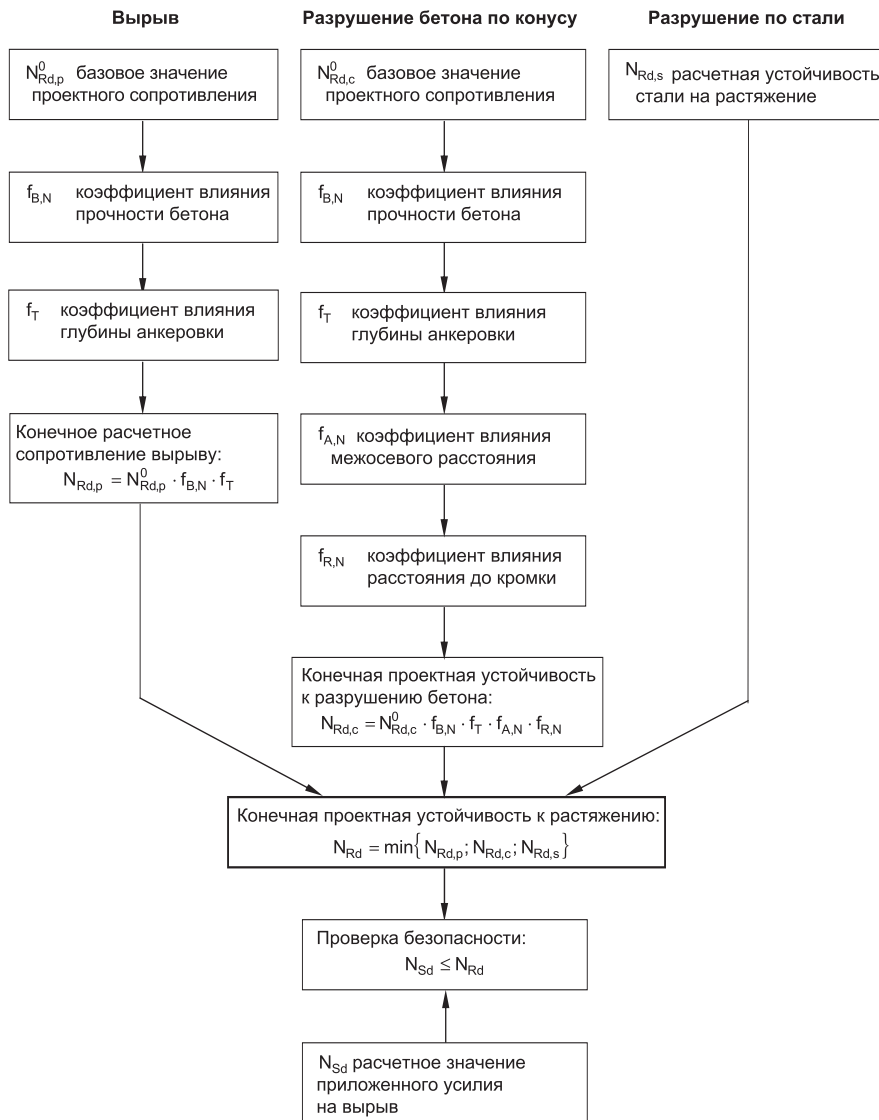
Анкеры для работы в условиях небольшого нагрузок (HLC, DBZ, HA8, HND, HLD, HPS-1, HRD, HUD, HGN, HUS-S, HSP, IN, IDP, IDMS, IDMR, IZ, HIT-HY 70), а также анкеры для особых случаев (HRC, HRT, HRA, HWB) используются с рассчитываемым анкером, но на очень простой основе. Значения нагрузок основываются на результатах тестирования, производимого в основном с неоднородными базовыми материалами и при особых условиях.

[1] *Comité Euro-International du Béton*, Расчет креплений в бетоне: Руководство по проектированию – Части 1-3, Бюллетень 233, Издательство Thomas Telford, Январь 1997.

### 5.2.1 Новая методика расчета

#### Несущая способность на вырыв:

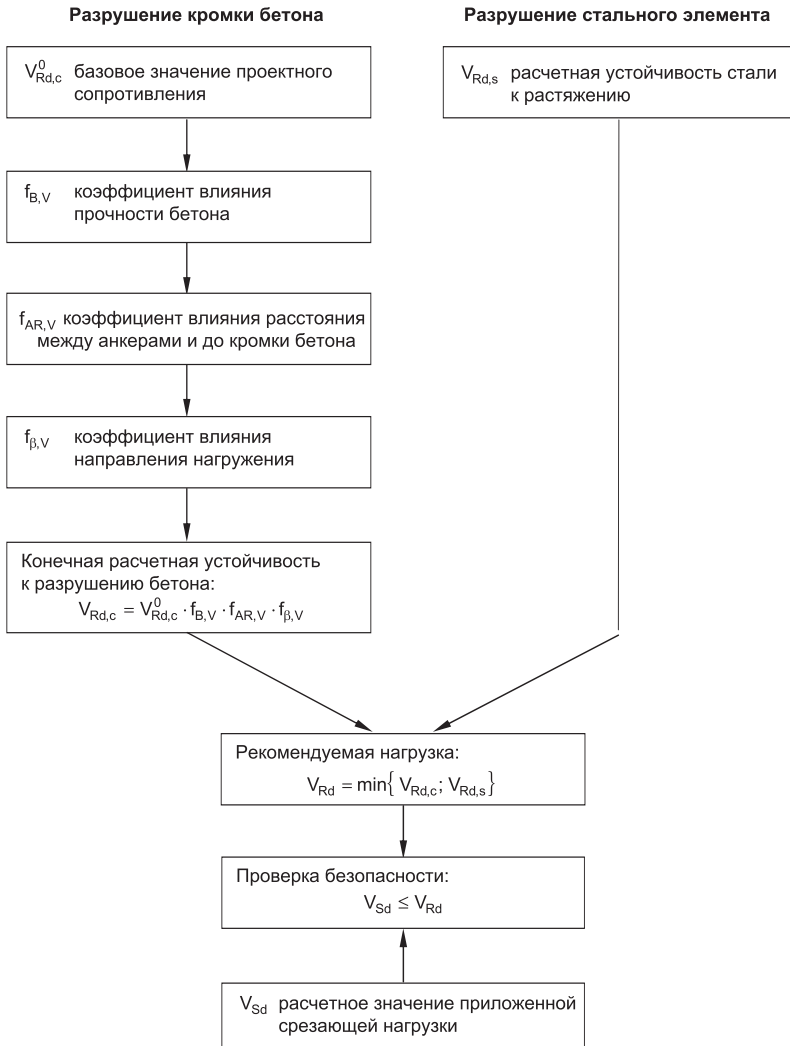
При этой нагрузке могут возникать три предельных состояния, а именно вырыв, разрушение бетона по конусу и разрушение по стали. Следующая схема отображает процесс требуемых вычислений:





### Сопротивление срезающей нагрузке:

При данном типе нагрузок, проводится различие между двумя предельными состояниями, а именно, разрушение кромки бетона, т.е., отслаивание кромки бетонного элемента, и срез стального элемента. Следующая схема отображает процесс требуемых вычислений:



### Сочетание нагрузок:

Если присутствует сочетание растягивающей и срезающей нагрузок, т.е. нагрузок под углом  $\alpha$  по отношению к оси анкера, проверка расчета производится согласно:

$$F_{Sd}(\alpha) \leq F_{Rd}(\alpha)$$

Расчетное воздействие,  $F_{Sd}$ , под углом  $\alpha$  в соответствии с:

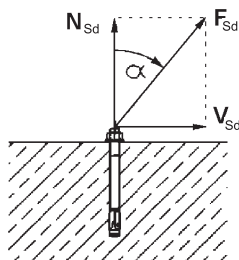
$$F_{Sd} = \sqrt{N_{Sd}^2 + V_{Sd}^2}$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{V_{Sd}}{N_{Sd}}\right)$$

Где

$N_{Sd}$  = компонент усилия на вырыв

$V_{Sd}$  = компонент срезающего усилия



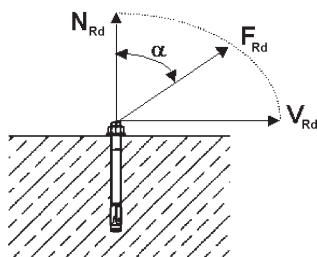
Проектное сопротивление (несущая способность),  $F_{Rd}$ , под углом  $\alpha$  в соответствии с:

$$F_{Rd} = \left( \left( \frac{\cos \alpha}{N_{Rd}} \right)^{1.5} + \left( \frac{\sin \alpha}{V_{Rd}} \right)^{1.5} \right)^{-2/3}$$

Где

$N_{Rd}$  = расчетное сопротивление для чистого вырыва

$V_{Rd}$  = проектное сопротивление для чистого сдвига  
как было рассчитано ранее



### 5.2.2 Отличия в сравнении с методом расчета согласно ETAG Приложение С

Для упрощенного вычисления вручную с помощью данного руководства разные факторы в ETAG Приложении С соединены в один фактор, а некоторые факторы во внимание не принимаются. Подробности по приведенным ниже расчетам можно найти в документе „Металлические Анкеры, Используемые в Бетоне, Руководство для Европейской Технической Приемки, Приложение С“.

#### Сопrotивление Растягивающим Нагрузкам:

- Устойчивость стали к разрушению: без изменений
- Устойчивость к разрушению при отрыве: без изменений
- Устойчивость к разрушению конуса бетона:

Общая формула для прочности конуса бетона:

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ucr,N}$$

Сопrotивление разрушению конуса бетона, приведенное в главах 2 и 3 относится к стандартному качеству бетона C20/25. Фактор  $f_{B,N}$  принимает в расчет разные марки бетона, которые уже учтены

$$N_{Rk,c}^0 \cdot \text{Факторы } f_{A,N} \text{ и } f_{R,N} \text{ объединяют факторы } \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot$$

Фактор  $\psi_{ec,N}$  относится к эксцентриситету фактической нагрузки на анкерную пластину. Этот фактор не учитывается в упрощенном методе расчета. Фактор  $\psi_{re,N}$  относится к растрескиванию бетона над первым слоем арматуры. Режим отказа не является решающим при глубине установки больше 100 мм или рациональном размещении арматуры. Фактор  $\psi_{ucr,N}$  принимает в расчет разность сопротивлений для бетона с трещинами и без. В данном руководстве эти разные значения приводятся в разных таблицах. Поэтому  $\psi_{ucr,N}$  не является необходимым.

- Сопrotивление разрушению расслаиванием:

Если рассматривается минимальное значение толщины бетонного элемента, растрескивание не является определяющим.

#### Сопrotивление Срезающим Нагрузкам:

- Сопrotивление разрушению стали без плеча рычага: без изменений
- Сопrotивление разрушению стали с плечом рычага:

С помощью данного упрощенного метода не может быть рассчитан элемент жесткости.

- Сопrotивление бетона отрыву:

Этом режим отказа является решающим только для коротких, жестких анкеров, следовательно не учитывается в данном упрощенном методе.

- Сопrotивление разрушению кромки бетона:

Общая формула для сопротивления кромки бетона:

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{ucr,V}$$

Сопrotивление, приведенное в главах 2 и 3 относится к стандартному качеству бетона C20/25 при минимальном расстоянии от кромки. Фактор  $f_{B,N}$  принимает в расчет разные марки бетона,

которые уже учтены  $V_{Rk,c}^0$ . Факторы  $f_{AR,V}$  объединяют факторы  $\frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot$

Фактор  $\psi_{ec,V}$  относится к эксцентриситету фактической нагрузки на анкерную пластину. Этот фактор не учитывается в упрощенном методе расчета. Фактор  $\psi_{\alpha,V}$  рассчитывает влияние направления нагрузки, в руководстве приводится как  $f_{B,V}$ .

Фактор  $\psi_{ucr,V}$  принимает в расчет разность сопротивлений для бетона с трещинами и без. В данном руководстве эти разные значения приводятся в разных таблицах. Поэтому  $\psi_{ucr,V}$  не является необходимым.

### 5.2.3 Программа Расчета Анкеров PROFIS-Anchor

В дополнение к возможному проектированию в соответствии с различными национальными и международными сертификатами технического допуска, внедряется новый метод расчета от Hilti SOFA (Концепции креплений). В некоторых моментах этот метод отличается от упрощенного метода, приведенного в данном руководстве. Поэтому результаты тоже могут отличаться.

1. Вышеупомянутые ограничения по эксцентриситету не являются действительными в SOFA.
2. SOFA допускает любые виды конфигураций для анкерных пластин и любые положения анкеров. Поэтому инженерный подход к решению является необходимым (особенно для срезающих усилий, прилагаемых вблизи кромки).  
Основным допущением этого метода является равномерное распределение нагрузки между всеми анкерами при помощи Динамического Комплекта Hilti.
3. Если на анкерную пластину воздействует изгибающий момент, напряжения в анкере рассчитываются для анкерной пластины, погруженной в бетон. Это приводит к разным результатам по сравнению с расчетами напряжений в анкере, проведенными согласно упрощенному методу. (напр. жесткая анкерная пластина).
4. Для связанных анкеров с глубиной посадки больше стандартной, сопротивление бетона рассчитывается как комбинация сил разрушения бетона и разрушения при отрыве.

Оба типа расчетов, согласно руководству и с использованием анкерной программы, дают надежные результаты, т.е. результаты с большим запасом прочности.

### 5.2.4 Расчет анкеров по СС-методу

#### Основные данные нагрузок

Первая страница данных по изделиям отображает результаты анкерных расчетов для особых случаев, например,

- бетон без трещин
- предел прочности бетона при сжатии,  $f_{ck, cube} = 25 \text{ Н/мм}^2$ ,
- не учитывается влияние расстояния до кромки или межосевого расстояния между анкерами.

**Не используйте данные как основу для вычислений при иных условиях.**

**Следует использовать методику «Детальная Методика Расчета Hilti СС».**

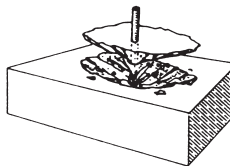
Метод отдельно определяет сопротивление чистому и чистому сдвигу. В итоге два результата объединяются для определения несущей способности под углом  $\alpha$ .

**УСИЛИЕ НА ВЫРЫВ** Сопротивление усилию на вырыв является минимальным значением,

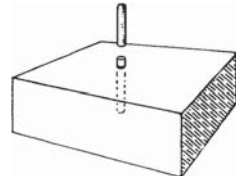
$N_{Rd,p}$ : сопротивление вырыву бетона



$N_{Rd,c}$ : прочность конуса бетона



$N_{Rd,s}$ : устойчивость стали



#### $N_{Rd,p}$ : Сопротивление бетона

См. табл. / форм. в «Детальном Методе Расчета —Hilti СС Растягивающее Усилие»

#### $N_{Rd,p}^0$ : Базовое сопротивление бетона

«Базовое» сопротивление бетона при растяжении  $N_{Rd,p}^0$  приведено в таблице по каждому размеру анкера.

$$N_{Rd,p}^0 = kN$$

#### $f_{BN}$ : Влияние прочности бетона

Приведено в таблице. (формула для др. марок)

$$f_{BN}$$

#### $N_{Rd,p}$ : Сопротивление бетона вырыву

Возьмите «базовое» значение и примените коэффициент прочности бетона.

$$N_{Rd,p} = N_{Rd,p}^0 \cdot f_{BN}$$

$$N_{Rd,p} = kN$$

#### $N_{Rd,c}$ : Сопротивление вырыву бетонного конуса

См. табл. / форм. в «Детальном Методе Расчета —Hilti СС Растягивающее Усилие»

#### $N_{Rd,c}^0$ : Базовое сопротивление

«Базовое» сопротивление конуса бетона при растяжении  $N_{Rd,c}^0$  приводится в таблице по каждому размеру анкера. Если это применимо, разные данные приводятся для бетона с/без трещин. Некоторые анкера не тестировались на бетоне с трещинами.

$$N_{Rd,c}^0 = kN$$

#### $f_T$ : Влияние глубины посадки

Повышенная устойчивость к растяжению может приводить к более глубокой посадке анкеров в бетон. Пользуйтесь формулой и соблюдайте указанные ограничения.

$$f_T$$

## Расчет анкеров

### $f_{BN}$ : Влияние прочности бетона

приведено в таблице. (формула для др. марок)

$f_{B,N} =$

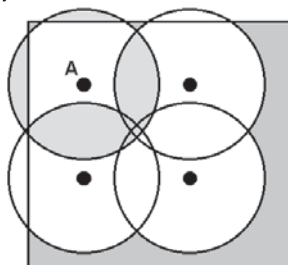
#### Примечание:

Анкер может испытывать влияние межосевых расстояний и/или расстояния до кромок в разных направлениях, до 4 направлений. Факторы являются независимыми.

Зоны напряжения (конусы влияния) можно представить в виде кругов. В местах перекрывания кругов или там, где они срезаются кромкой, происходит снижение факторов.

Для **УСИЛИЯ НА ВЫРЫВ** учитывайте межосевые расстояния между анкерами и до кромок, влияющие на самый слабый анкер. Если не сразу понятно, какой анкер является самым слабым, нужно будет произвести несколько расчетов.

В данном случае, анкер А является самым слабым. На него воздействуют два межосевых расстояния между анкерами и расстояния до двух кромок. Небольшое перекрытие с нижним правым анкером можно не учитывать.



### $f_{AN}$ : Влияние межосевого расстояния между анкерами

приведено в таблице. (формула для др. марок)

Перемножить все индивидуальные коэффициенты для каждого соответствующего межосевого расстояния между анкерами.

соответствующие расстояния до кромок

$s_1 =$   
 $s_2 =$   
 $s_3 =$   
 $s_4 =$

$f_{AN}$  (для  $s_1$ ) =  
 $f_{AN}$  (для  $s_2$ ) =  
 $f_{AN}$  (для  $s_3$ ) =  
 $f_{AN}$  (для  $s_4$ ) =

$f_{AN} =$

### $f_{RN}$ : Влияние расстояния до кромки

приведено в таблице. (формула для др. марок)

Перемножить все индивидуальные коэффициенты для каждого соответствующего расстояния до кромки.

соответствующие расстояния до кромок

$c_1 =$   
 $c_2 =$   
 $c_3 =$   
если  $< 3$  кромки  $< C_{cr,N}$   
связитесь с Hilti

$f_{RN}$  (для  $c_1$ ) =  
 $f_{RN}$  (для  $c_2$ ) =  
 $f_{RN}$  (для  $c_3$ ) =

$f_{RN} =$

### $N_{Rd,c}$ : Сопротивление конуса бетона

Возьмите «базовое» значение и примените все соответствующие коэффициенты.

$N_{Rd,c} = N_{Rd,c}^0 \cdot f_t \cdot f_{BN} \cdot f_{AN} \cdot f_{RN}$

$N_{Rd,c} =$  кН

### $N_{Rd,s}$ : Предел упругости стали

Прочтите непосредственно из таблицы

$N_{Rd,s} =$  кН

### $N_{Rd}$ : Расчетное сопротивление для чистого вырыва

$N_{Rd} =$  минимальные  $N_{Rd,p}$ ,  $N_{Rd,c}$  и  $N_{Rd,s}$

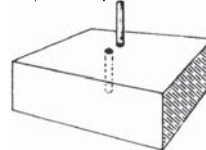
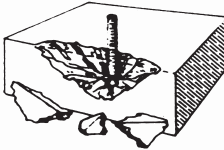
$N_{Rd} =$  кН

### СРЕЗАЮЩЕЕ УСИЛИЕ

Сопротивление срезающему усилию является минимальным значением,

$V_{Rd,c}$  : сопротивление бетонной кромки

$V_{Rd,s}$  : сопротивление стали:



1

### $V_{Rd,c}$ : сопротивление кромки бетона

См. табл. / форм. в «Детальном Методе Расчета –Hilti CC Срезающее Усилие»

Необходимо вычислить наиболее слабое сопротивление бетонной кромки. Нужно проверить все ближайшие кромки, не только кромку в направлении срезающего усилия.

При рассмотрении кромки бетона задачу можно облегчить представив такое разрушение, как будто сдвиг происходит по направлению к кромке (Фактическое направление срезающего усилия рассчитывается с учетом влияния направления нагрузки,  $f_{b,V}$ ). Белые участки на следующих диаграммах отображают способность бетона переносить нагрузку – чем больше участков, тем выше способность.

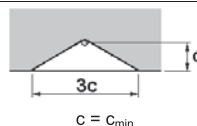
Одиночная установка	Парная установка	Ряд
	$s < 3c$	$s_1 < 3c, s_2 < 3c, s_3 < 3c$
<p>Стойкость бетонной кромки при одиночном анкере зависит от расстояния до кромки. Форма напряженного участка приблизительно похожа на треугольник с высотой <math>s</math> и основанием <math>3c</math>, как показано.</p> <p>Если удаленные анкеры достаточно сближены (<math>s &lt; 3c</math>), они будут влиять на устойчивость кромки по причине перекрытия напряженных участков.</p>		

Два отдельных анкера	Опорная плита с 4 отверстиями
$s \geq 3c$ - рассматривается как 2 отдельных анкера	$s < 3c$
<p>Если удаленные анкеры расположены достаточно далеко друг от друга (<math>s \geq 3c</math>), их <b>необходимо</b> рассматривать как отдельные анкеры. Если рассматривать их как группу, результирующее сопротивление будет слишком высоким, так как предполагается положительное влияние ненапряженного бетона.</p>	<p>Фактическое проектирование опорной плиты зачастую содержит другие анкеры, располагающиеся дальше от кромки. Они не влияют на прочность кромки (но их необходимо учитывать при расчетах, связанных с растягивающим усилием). Можно определить сопротивление 2 ближайших к кромке анкеров.</p>

**Важно,** чтобы опорная плита была спроектирована и установлена таким образом, чтобы применяемое срезающее усилие распределялось между всеми анкерами, как предполагается в данных расчетах.

### $V_{Rd,c}$ : Базовое значение устойчивости кромки бетона

«Базовое» сопротивление кромки бетона при растяжении  $V_{Rd,c}$  приведено в таблице по каждому размеру анкера на минимальном расстоянии до кромки  $s_{\min}$  (применяются факторы, увеличивающие данное сопротивление для больших расстояний до кромки).



$V_{Rd,c} =$  кН

## Расчет анкеров

<b><math>f_{BV}</math> : Влияние прочности бетона</b>		
приведено в таблице. (формула для др. марок)		<b><math>f_{B,V} =</math></b>

<b><math>f_{\beta,V}</math> : Влияние направления срезающей нагрузки</b>		
приведено в таблице. (формула для др. углов)		<b><math>f_{\beta,V} =</math></b>

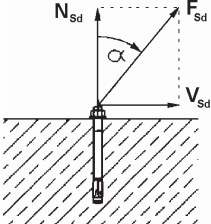
<b><math>f_{AR,V}</math> : Влияние межсезового расстояния между анкерами и расстояния до кромки</b>		
Таблица может быть использована для <b>одиночного</b> анкера ( $s > 3c$ ) или для <b>пары</b> анкеров. Для поиска решений по другим вариантам пользуйтесь формулами.		<b><math>f_{AR,V} =</math></b>

<b><math>V_{Rd,c}</math> : Прочность кромки бетона</b>		
Возьмите «базовое» значение и примените все соответствующие коэффициенты.	$V_{Rd,c} = V_{Rd,c}^0 \cdot f_{BV} \cdot f_{DV} \cdot f_{AR,V}$	<b><math>V_{Rd,c} =</math> кН</b>

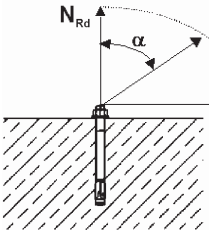
<b><math>V_{Rd,s}</math> : сопротивление стали растяжению</b>		
Прочтите непосредственно из таблицы		<b><math>V_{Rd,s} =</math> кН</b>

<b><math>V_{Rd}</math> : Расчетное сопротивление для чистого сдвига</b>		
<b><math>V_{Rd}</math> = минимальные <math>V_{Rd,c}</math> и <math>V_{Rd,s}</math></b>		<b><math>V_{Rd} =</math> кН</b>

<b><math>F_{Sd}</math> : Расчетная нагрузка, действующая на анкер</b>		
Найдите <b>расчетную</b> нагрузку, $F_{Sd}$ , действующую на рассматриваемый анкер и угол нагрузки $\alpha$		

	$\alpha = \tan^{-1} \left[ \frac{V_{Sd}}{N_{Sd}} \right]$	<b><math>\alpha =</math> °</b>
	$F_{Sd} = \sqrt{N_{Sd}^2 + V_{Sd}^2}$	<b><math>F_{Sd} =</math> кН</b>

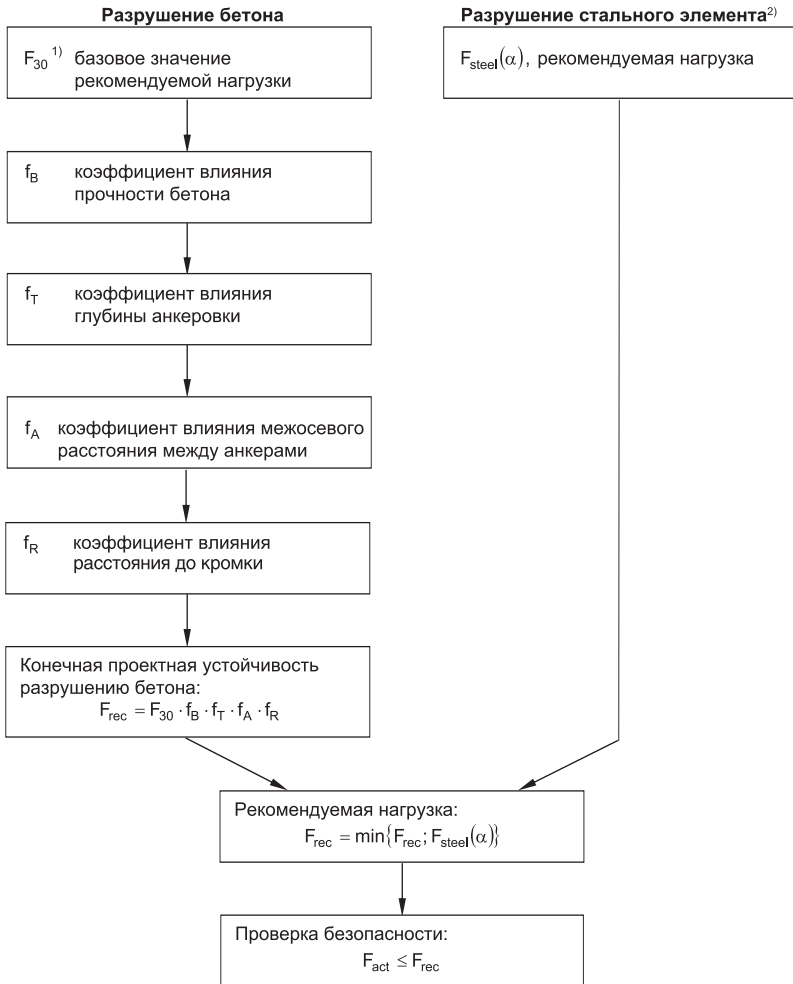
<b><math>F_{Rd}</math> : Расчетная нагрузка, действующая на анкер</b>		
Найдите проектное сопротивление, $F_{Rd}$ , под углом нагрузки $\alpha$		

	$F_{Rd} = \left( \left( \frac{\cos \alpha}{N_{Rd}} \right)^{1,5} + \left( \frac{\sin \alpha}{V_{Rd}} \right)^{1,5} \right)^{-\frac{2}{3}}$ <p>где</p> <p><math>\alpha</math> = комбинированный угол нагружения применяемой нагрузки</p> <p><math>N_{Rd}</math> = проектное сопротивление для чистого растяжения</p> <p><math>V_{Rd}</math> = проектное сопротивление для чистого сдвига как было найдено ранее</p>	<b><math>F_{Rd} =</math> кН</b>
	<p>Расчет произведен правильно, если <b><math>F_{Sd} \leq F_{Rd}</math></b></p>	



### 5.2.5 Традиционный метод расчета Hilti

Основой для расчета креплений является рекомендуемая анкерная нагрузка,  $F_{rec}$ , которая приводится в информации по изделиям отдельно по растягивающему усилию, срезающему усилию, а также их сочетанию для отдельного комплекта анкеров, удаленных от кромки. Следующая схема отображает процесс требуемых вычислений:



<sup>1)</sup> Значения, приведенные для среднего предела прочности бетона при сжатии равны 25 Н/мм<sup>2</sup>, что было получено в результате тестирования, проводимого с кубиками с длиной стороны 200 мм ( $\approx$  C20/25).

<sup>2)</sup> Доказательство необходимо только, если анкера установлены глубже стандартной глубины. Следующая формула применяется к любому направлению нагружения под углом  $\alpha$ :

$$F_{steel}(\alpha) = \frac{f_{yk} \cdot A_s}{1,75 \cdot 10^3} \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) + \frac{V_{Rk}}{v} \cdot \frac{\alpha}{90}$$