

Крепление различных изделий, конструкций, оборудования и т.п. к элементам строительных конструкций – традиционная проблема как для самих строителей, так и для промышленных предприятий при установке своего оборудования или проведения ремонтных работ, вплоть до новоселов, обживающих новый дом. Если крепление к мягким и упругим материалам (дерево, пластмассы, гипсокартон, металлы) не составляет особого труда (гвозди, шурупы), то крепление к твердым и хрупким строительным материалам (бетон, кирпич) задача несравненно более трудная и требует специальных приспособлений для надежной фиксации и восприятия конструктивных нагрузок. Таковыми на сегодняшний день являются **анкеры и дюбели**.

Традиционно строители согласно проектов, предусматривающих место и способ крепления того или иного оборудования или устройств, закладывали в строительные конструкции элементы для последующей установки и крепления к ним соответствующих изделий (фундаментные болты, закладные пластины и анкеры и т.п.). А если проект изменен, недостаточно проработан или вообще отсутствует? А если за время строительства изменилось оборудование, или производится переоборудование помещения, или вообще его перепрофилирование? Список подобных «а если» можно продолжать достаточно долго. Абсолютно понятно, что при производстве строительных, отделочных или ремонтных работ невозможно обойтись без крепежных деталей. Более того, с уменьшением сроков проведения строительных работ, увеличением гибкости производства, расширением нестандартного строительства и т.д. роль и потребление крепежных устройств постоянно возрастают.

Сейчас производство и реализация крепежной техники – весьма быстро развивающийся бизнес. На российском рынке появилось огромное разнообразие, сотни наименований крепежных устройств отличающихся по назначению, области применения, конструкции, материалам и качеству изготовления. Такое обилие очень похожих внешне, порой взаимозаменяемых, а порой и непонятного назначения крепежных устройств различных производителей, предлагаемых покупателю, вызывает у последнего замешательство. С сожалением продавец далеко не всегда в состоянии квалифицированно рекомендовать оптимальный тип и размер крепежных устройств в соответствии с воспринимаемыми нагрузками по величине и характеру их приложения, расположением крепежных устройств в базовом (основном) материале, типом самого базового материала, требованиям долговечности, атмосферными условиями, возможностями покупателя как финансовыми, так и связанные с наличием у него инструмента для установки крепежа и т.д.

Увы, но отсутствие в России совершенной нормативной базы по крепежным устройствам в строительстве серьезно затрудняет их применение при проектировании и производстве строительных работ. Кстати, понятие «дюбель» в действующих нормативных документах вообще отсутствует.

В настоящем обзоре сделана попытка систематизировать сведения о присутствующих на российском рынке анкерах и дюбелях, рассмотреть разновидности и конструктивные особенности, материалы, области применения, требования к установке и т.п.

1. Основные понятия в крепежных технологиях

В существующих нормативных документах **анкер** (от английского **anchor** – якорь, железная связь) определяется как крепежная стальная связь закладываемая в кирпичную (каменную) кладку или в бетон, а анкерный болт рассматривается как разновидность фундаментного, но устанавливаемый в стенах или сводах. Эти определения относятся к узкому классу закладных анкеров. Понятие «**дюбель**», как уже отмечалось, вообще отсутствует. Такой понятийный вакуум приводит к многочисленным разночтениям в определении того или иного крепежного устройства. Например, пластиковый рамный (фасадный) дюбель с шурупом (так он определяется у подавляющего числа производителей) в каталогах фирмы *Hilti* называется анкером (**HRD-UGS**); фирма *Sormat* производит нейлоновый дюбель для пустотелых оснований, который называет анкером **OLA**; фирма *Mungo* выпускает аналоги анкерам **PFG Sormat**, но называет их дюбелями (**MSS**); металлическое крепление для пустотелых материалов с метрическим винтом, обычно называемое металлическим дюбелем (**HM Fischer, MHD KEW, MHD-S Mungo** и др.), у *Sormat* назван анкером (**Mola**) и т.д. Строго говоря, сложно провести четкое разграничение между анкером и дюбелем, по сути, дюбель является более легкой разновидностью анкера.

Не считая целесообразным вдаваться в терминологический спор о правильности того или иного названия, для определенности примем, что **анкер** – это **металлическая (обычно стальная) конструкция, закрепляемая в строительных материалах (бетон, кирпич и т.д.) и имеющая резьбовой элемент (болт, винт, шпильку, втулку с метрической резьбой) для присоединения достаточно тяжеловесных и нагруженных узлов, деталей или конструкций.** Дюбель традиционно выполняет роль прокладки между металлической деталью крепления (шуруп, саморез, винт, гвоздь) и основным (базовым) строительным материалом (бетон, кирпич и т.д.). Он изготавливается из мягкого и упругого материала и обычно устанавливается в предварительно подготовленное в основном материале отверстие. Другие названия дюбеля – «наполнитель», «пробка» и др. как раз и отражают эту функцию. Если раньше дюбели делали деревянными, то сейчас наилучшими материалами являются пластмассы (нейлон, полиэтилен, полипропилен). Учитывая вышесказанное, можно определить, что **дюбель** – это **пластиковая деталь с элементами крепления в строительных материалах, предназначенная для установки в ней металлических (обычно стальных) универсальных крепежных деталей.**

Качество (прочность) крепления определяется рядом факторов.

- Характеристики основного (базового) материала крепления.
- Правильность выбора типа и размеров крепежного устройства (анкера, дюбеля, шурупа и др.) в соответствии с величиной и характером прилагаемых нагрузок.
- Правильность монтажа анкера (дюбеля) по осевым и краевым расстояниям, глубинам анкеровки, качеству подготовки отверстий и т.д.
- Прочность крепежного устройства (анкера, дюбеля, шурупа и др.).

1.1. Строительный материал – основа (база) анкерного (дюбельного) крепления

Тип, качество и характеристики строительного материала, в котором устанавливается крепление, является важнейшим параметром, определяющим выбор системы крепления, его прочность и надежность.

1.1.1. Бетон (от французского beton) – важнейший строительный материал, получаемый в результате затвердевания тщательно перемешанной и уплотненной смеси из минерального или органического вяжущего вещества с водой, мелкого и крупного заполнителей, взятых в определенных пропорциях и в некоторых случаях добавок. В строительстве широко используют бетоны, приготовленные на цементах или других неорганических вяжущих веществах. Цемент и вода являются активными составляющими бетона; в результате реакции между ними образуется цементный камень, скрепляющий зерна заполнителей в единый монолит. Между цементом и заполнителем обычно не происходит химического взаимодействия (за исключением силикатных бетонов), поэтому заполнители часто называют инертными материалами. Однако они существенно влияют на структуру и свойства бетона, изменяя его пористость, сроки затвердевания, поведения при воздействии нагрузки и внешней среды. Заполнители значительно уменьшают деформации бетона при твердении и вместе с водой составляют 85... 90% массы бетона (цемент - 10...15%).

Многие свойства бетона зависят от его плотности, на величину которой влияют тип и марка цемента, вид заполнителя и структура бетонов. По плотности бетоны делят на особо тяжелые с плотностью более 2500 кг/м^3 ; тяжелые – $1800...2500$; легкие – $500...1800$; особо легкие – менее 500 кг/м^3 . Особо тяжелые бетоны готовят на тяжелых заполнителях – стальных опилках или стружках, железной руде или барите. Тяжелые бетоны с плотностью $2100...2500 \text{ кг/м}^3$ получают на крупных заполнителях из горных пород (гранит, известняк, диабаз, галька). Облегченный бетон с плотностью $1800...2000 \text{ кг/м}^3$ формируется на щебне и гравии из горных пород. Легкие бетоны изготавливают на пористых заполнителях (керамзит, аглопорит, вспученный шлак, пемза, туф). К особо легким бетонам относятся ячеистые бетоны (газобетон, пенобетон), получаемые с помощью специальных способов, и крупнопористый бетон на легких заполнителях. В качестве мелкого заполнителя обычно используется горный и речной песок.

Главной составляющей бетона, во многом определяющей его свойства, является вяжущее вещество, по виду которого различают бетоны цементные, силикатные, гипсовые, шлакощелочные, полимерцементные и специальные. Цементные бетоны наиболее широко применяют в строительстве. Среди них основное место занимают бетоны на цементе (портландцемент) и его разновидностях (около 65% от общего объема производства), успешно используются бетоны на шлакопортландцементе (20...25%) и пуццолановом цементе. К разновидностям цементных бетонов относятся: декоративные бетоны, (на белом и цветных цементах), бетоны для самонапряженных конструкций (на напрягающем цементе), бетоны для специальных целей (на глиноземистом и безусадочном цементах). Силикатные бетоны готовят на основе извести, гипсовые бетоны – на основе гипса.

В зависимости от назначения бетоны должны обладать определенными качествами: прочностью, плотностью, морозостойкостью, водонепроницаемостью, химической стойкостью, жароупорностью и т.д. Основным показателем качества бетона, особенно важный для крепления в нем, – **прочность при сжатии**, по которой устанавливается марка бетона. Необходимая прочность бетона определяется требованиями, предъявляемыми к объекту строительства. Класс прочности бетона обозначается В XX, где XX – число, показывающее предел прочности бетона на сжатие в Н/мм^2 . Обычные наиболее распространенные бетоны В 15 (М-200), В 22.5 (М-300), В 25 (М-350) широко применяются в гражданском строительстве. В промышленном строительстве, для изготовления несущих конструкций используются бетоны большей прочности В 30 (М-400), В 35 (М-450), В 40 (М-500). При строительстве высоко нагруженных сооружений, производстве строительных элементов с жесткими требованиями (мосты, балки,

колонны) применяются бетоны более высоких марок В 50 (М-600) и выше. Для неотчетственных строительных конструкций (внутренние перегородки, элементы отделки зданий и т.п.) используются мало прочные бетоны В 10 (М-150), В 7.5 (М-100) и ниже.

Легкие бетоны могут обозначаться LB XX (LB 5, LB 10,...), блоки (кирпичи) из легкого бетона – V. Особо легкие бетоны (ячеистые, газобетоны, пенобетоны, газосиликаты) обозначаются по классам прочности GB XX (G XX). **Газобетон** представляет собой искусственный камень с равномерно распределенными по объему сферическими пораами диаметром до 3 мм. Основными компонентами этого материала являются алюминиевая пудра, кварцевый песок, известь, в рецептуру могут входить такие промышленные отходы, как, например, зола и шлаки. Легкий, хотя и достаточно «слабый» материал, он все шире применяется в строительстве. Газобетоны GB 1 (Д 300, М 5), GB 1.5 (Д 400, М 10) используются как теплоизоляционные материалы; из газобетонов GB 2.0...2.5 (Д 500, М 35), GB 2.5...3.5 (Д 600, М50) изготавливаются строительные блоки, GB 3.5...5.0 (Д 700, М 70) – плиты перекрытий.

Крепежных устройств для установки в бетон огромное множество, большинство анкеров и дюбелей (кроме специальных) в первую очередь ориентированы на установку в нормальные бетоны. Прочностные характеристики крепежных устройств, приводимые в технических каталогах производителей крепежной техники, чаще всего приводятся применительно к весьма распространенному бетону В 25 (реже В 15, В 30, В 40). Несколько сложнее выбор крепежа в легких бетонах и газобетонах, прочность которых сравнительно невысока, что требует применения анкеров и дюбелей с большой распорной поверхностью или специализированных устройств.

1.1.2. Кирпич известен человечеству уже более 4000 лет, но и сегодня он является наиболее популярным материалом для строительства. Сейчас в мире выпускается кирпич более 15000 сочетаний форм, размеров, цветов и фактур поверхности, однако все его виды можно разделить на несколько условных категорий по разным показателям. По составу и технологии производства кирпич бывает:

- керамический, «красный» (глиняный, прошедший полный цикл обжига, и полусухого прессования, прошедший неполный обжиг или только тепловую сушку),
- силикатный, «белый» (состоящей из смеси 90% песка, 10% извести и некоторых добавок, подвергнутой автоклавной обработке),
- специальный – кислотоупорный, шамотный (из специальной глины), "керамин" (спеченный кремниевый песок).

По *прочности* кирпич подразделяют на *марки* 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250 и 300. "Керамин" может достигать марки более 1000. Марка означает предел прочности на сжатие в кгс/см². Для кладки малоэтажных домов прочность кирпича может быть достаточно невысокой (М100...М150). Прочность кладки на 60% зависит от рецептуры раствора, например, при соотношении высоты стены к ее толщине равном 22 (8-метровая стена в полтора кирпича), марка раствора не может быть менее М50. За рубежом (а часто и в России) прочность кирпича обозначается в Н/мм² (1 Н/мм² ≈ 10 кгс/см²). По прочности силикатный кирпич не уступает керамическому, но он менее морозостоек и водостоек, совершенно не жаростоек, имеет большую теплопроводность. Его не используют для кладки фундаментов и цоколей зданий, а также печей и других агрегатов, работающих при высокой температуре.

По *пустотности* выпускается кирпич *полнотелый* и *пустотелый* (эффективный, щелевой). Полнотелым называется кирпич без отверстий или с технологическими отверстиями, с пустотностью не более 13% и плотностью свыше 1600 кг/м³, пустотелый, щелевой или «дырчатый» кирпич имеет пустотность до 45% и плотность до 1500 кг/м³.

Теплоизолирующая способность кладки из эффективного кирпича заметно выше по сравнению с полнотелым.

По назначению кирпич выпускается – рядовой (строительный), облицовочный (лицевой), специальный. Рядовой кирпич предназначается для возведения внутренних и наружных стен и предполагает их дальнейшее покрытие штукатуркой или облицовочным материалом. Имеет непривлекательную грубую поверхность и часто обладает невысокой стойкостью к воздействию окружающей среды. Сравнительно недорог. Облицовочный кирпич имеет качественную наружную поверхность, выдерживает воздействие воды, мороза и пригоден практически для всех наружных работ. Имеет разнообразную цветовую гамму лицевой поверхности: от почти белого до темно-коричневого, может иметь различную форму (угловую, закругленную и т.п.). Специальный кирпич предназначен для особых условий эксплуатации.

Кирпич также подразделяют по размерам, по качеству поверхности, по морозостойкости. Однако анализ всех показателей строительных материалов не является целью настоящего обзора. Для крепежных технологий важно знание прочности и пустотности строительного материала.

В нашей стране обозначение кирпича включает:

- название материала (К - керамический; С – силикатный),
- особенность формы (П - пустотелый; У - утолщённый; Г - с горизонтальным расположением пустот),
- марка по прочности (М 75 ... М 300),
- марка по морозостойкости (F15 ... F50).

За рубежом существуют свои системы обозначения кирпича, например, в Германии силикатный кирпич обозначается – KS, а керамический – Mz, Nz; пустотелый кирпич обозначается – L. В любом случае в обозначении указывается предел прочности кирпича на сжатие.

При выборе крепежных устройств для кирпичной кладки следует иметь в виду, что желательна установка анкера (дюбеля) в тело кирпича и прочностные характеристики крепежных устройств указываются именно для такой установки. Кирпич менее прочный материал по сравнению с нормальным бетоном, поэтому необходимы устройства с большим распором. Пустотелый кирпич требует применения специализированных систем крепления, например, с длинной распорной зоной или сеточных дюбелей, повторяющих форму пустот.

1.1.3. Тонкостенные строительные материалы (гипсокартонные плиты, гипсоволоконные плиты, древостружечные плиты – ДСП, фанера и т.д.) обладают как правило небольшим пределом прочности и прочностные их характеристики в маркировке обычно не указываются. Очень широко в настоящее время для облицовки стен и потолков, а также для внутренних перегородок применяется гипсокартон («кнауф», «ригипс», «гипрок» и др.).

В маркировке тонкостенных панелей и плит обычно указывается их толщина. Этот параметр и является основополагающим для выбора подходящего крепежного элемента, так как крепления в таких материалах обычно осуществляется за счет создания упора с обратной стороны плиты в полости. Для креплений используются специальные дюбели для пустотелых материалов. Следует помнить, что прочность и нагрузочные способности гипсокартона существенно ниже бетона или кирпича, и он не пригоден для крепления тяжелых конструкций. При выборе крепежных деталей необходимо ориентироваться на данные технических каталогов фирм-производителей.

Знание типа основы (базы) крепления и ее прочностных характеристик является залогом успешного проведения крепежных работ и создания надежного крепления. Не менее важную роль играет также правильность выбора типа и размера крепежного устройства в соответствии с прочностными возможностями базового материала и его размерами, а также определение параметров монтажа (количество и расположение анкеров и дюбелей, глубина установки и т.д.) согласно размеров и нагрузок прикрепляемого изделия.

1.2. Нагрузочные и геометрические параметры анкерных (дюбельных) креплений

Основные параметры креплений приведены на рис.1.1.

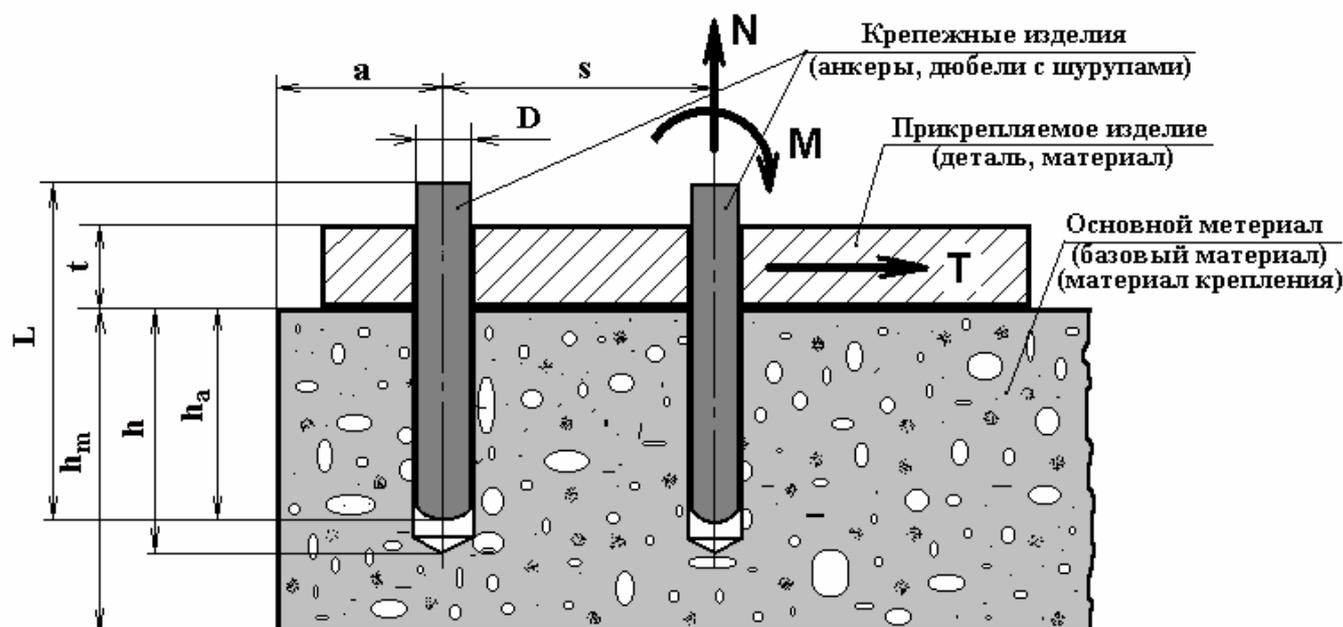


Рис.1.1

Нагрузочные параметры:

N – нагрузка на вырывание крепежной детали (тяговая сила),

T – нагрузка на срез (поперечная сила),

M – изгибающий момент.

Геометрические параметры:

a – краевое расстояние (от оси крепежного элемента от края базового материала),

s – осевое расстояние (между осями крепежных элементов),

D – диаметр отверстия под крепление,

L – длина крепежного элемента,

t – толщина прикрепляемого изделия (полезная длина),

h_m – толщина базового материала,

h – глубина сверления отверстия по анкеровку,

h_a – глубина анкеровки.

Силы, действующие на крепеж несущих конструкций характеризуются величиной, направлением (см. рис.1.1), точкой приложения, постоянством или непостоянством во времени. Приведенные на рис.1.1 направления действия сил не охватывает все возможных случаев, т.к. чаще всего возникает сочетание действия вырывающей и срезающей сил, равнодействующей которых является угловая сила. Изгибающий момент

чаще всего возникает при приложении поперечной силы T не по плоскости закрепления, а на некотором расстоянии от нее – e , тогда величина момента определится:

$$M = (e + D) \cdot T$$

В технических условиях на применение анкеров и дюбелей или в технических каталогах приводятся разрушающие нагрузки и(или) допустимые нагрузки. Их определяют на основе специальных испытаний на разрушение крепления каждого типа и размера анкера (дюбеля) в тех или иных базовых материалах. Причем чем мощнее исследовательская база производителя, чем серьезней подход к определению нагрузок, тем надежнее крепление, смонтированное на базе анкеров и дюбелей данного производителя. Большинство производителей в своих каталогах приводит только допустимые нагрузки при приложении тяговой вырывающей нагрузки (реже и для срезающей) и для ограниченного круга базовых материалов. При этом для анкеров приводятся данные для одного - двух типов бетона (чаще всего В25, реже В20, В30, В40). Для дюбелей данные о допустимых нагрузках публикуются только крупными и серьезными производителями, при этом они стараются привести нагрузочные характеристики для нескольких базовых материалов. Так *Sormat* (Финляндия) определяет допустимые нагрузки на вырыв и срез анкерной техники по двум бетонам (В25 и В40) для сертифицированных по ЕТА анкеров семейства **S-КА**, по остальным же анкерам только по одному бетону, а по дюбелям – по трем основам (кирпич, бетон В25 и легкий бетон). Такие производители как *Mungo* (Швейцария), *KEW* (Германия), *Allfa* (Германия) приводят данные по нагрузкам только на вырыв для бетонов марки В25, а также для некоторых других материалов (кирпич Мz15 или Мz20, силикатный кирпич КS20, газобетон G2 и G4, гипсокартон). У *Mungo* есть и сведения о срезающих нагрузках для анкерной техники. Польская фирма *Koelner* публикует только вырывающие допустимые нагрузки и только для бетона В30. Наконец некоторые производители вообще не сообщают нагрузочных характеристик своей продукции. Естественно, что недостаток данных по характеристикам крепежной техники серьезно затрудняет грамотный выбор крепежной техники и надежный ее монтаж.

Очень известный производитель высококачественного крепежа *Hilti* (Лихнештейн) в своем каталоге как для анкерной, так и для дюбельной техники ограничивается сведениями только о расчетных нагрузках (не допускаемых!) в бетоне одной марки В25 (В30). Для получения более подробных сведений по нагрузкам и расчетам необходим еще один документ – «Руководство по анкерному крепежу».

Самой мощной исследовательской базой и видимо лучшей справочной системой по определению разрушающей и допустимых нагрузок в различных материалах, при различных системах установки и разнообразных материалах обладает немецкая фирма “**Fischer**” – известнейший в мире производитель крепежной техники. В технических каталогах “Fischer” приводятся не только допустимые нагрузки на одиночный анкер (дюбель) при установке в разнообразных материалах с различными случаями нагружения, но и допустимые краевые и осевые расстояния при различных способах установки анкеров (дюбелей). *Fischer* предлагает методику расчета размеров, количества и параметров установки анкеров практически для любого случая нагружения узла крепления. Пользователям продукции “Fischer” предлагается компьютерная программа на CD-дисках для расчета анкерных креплений для профессионалов-проектировщиков.

В качестве разрушающих усилий R_m могут использоваться либо **средние** значения серии испытаний на отказ крепежной системы (гарантирующие прочность в 50% случаев нагружения), либо **характерные** разрушающие усилия, обеспечивающие прочность в

95% случаев нагружения. Допустимые (эксплуатационные) нагрузки R_r определяются на основе разрушающих с учетом коэффициента запаса прочности γ_n .

$$R_r = \frac{R_m}{\gamma_n}$$

Величину γ_n можно выбирать по следующим рекомендациям:

- при разрушающих (предельных) нагрузках по **средним** значениям - для стальных анкеров $\gamma_n \geq 4$, для пластиковых дюбелей $\gamma_n \geq 7$;
- при **характерных** предельных нагрузках 5% фрактиля – для анкеров $\gamma_n \geq 3$, для дюбелей $\gamma_n \geq 5$.

При отсутствии сведений о том какая разрушающая нагрузка приведена в каталоге и отсутствии сведений о допускаемых нагрузках и коэффициентах запаса прочности следует использовать их максимальные значения.

Вопросы определения допускаемых нагрузок, расчета и проектирования анкерных (дюбельных) креплений могут оказаться весьма сложными особенно при групповой установке крепежных устройств, при приложении сложных комбинированных нагрузок, при их динамическом характере, при наличии особенностей конструкции и расположения элементов базовой основы и т.д. К рассмотрению этих аспектов целесообразно вернуться еще раз (см. п.1.5) после знакомства с особенностями установки анкерных и дюбельных креплений.

1.3. Виды и причины разрушений креплений

Перегрузка анкерного крепления, неправильный монтаж и недостаточная прочность основы могут привести к отказу крепежной системы. На рис.1.2 – 1.5 представлены виды разрушений креплений, обусловленные различными причинами.

На рис.1.2 показан весьма распространенный случай отказа крепежа – **облом основы анкерного крепления**. Причинами облома могут быть:

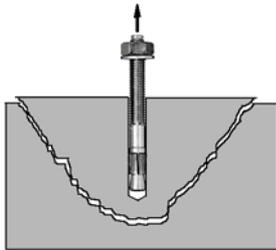


Рис.1.2

- слишком высокая тяговая нагрузка N , превышающая расчетную;
- недостаточная прочность основного материала для заданной нагрузки;
- недостаточная глубина анкеровки h_m .

Первый и второй случай характерны для неправильного выбора типа и размера анкера или незнания свойств базового материала – ошибки проектирования и расчета крепления. Последний случай – результат ошибок монтажа анкерного крепления.

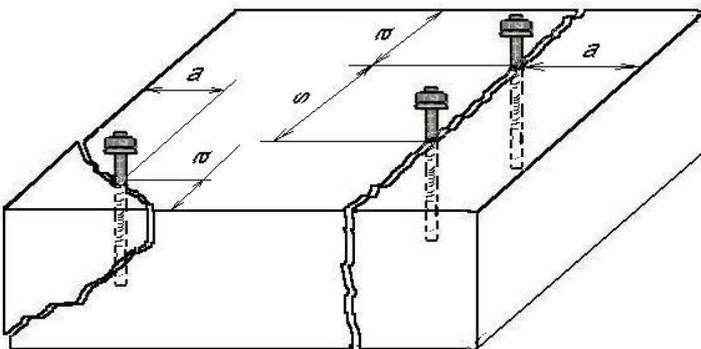


Рис.1.3

Рис. 1.3 иллюстрирует другой случай – **разрушение (растрескивание) базового материала**. Возможные причины:

- неправильно рассчитаны или не выдержаны при монтаже краевые (a) или осевые (s) расстояния,
- малы размеры базовой детали,
- неправильная ориентация распорных элементов,
- слишком высокое распорное давление.

Крепление многих анкеров и дюбелей осуществляется за счет трения распорной части о стенки отверстия в основном материале. Высокая сила трения обеспечивается большими усилиями прижима распорной части к стенкам отверстия. Однако, это давление создает в зоне анкера напряженную область в основном материале, а при установке нескольких анкеров (дюбелей) на малом расстоянии друг от друга эти зоны перекрываются. Дополнительные напряжения при превышении пределов прочности базового материала вызывают его разрушение (растрескивание). Поэтому при проектировании крепления (особенно тяжело нагруженного) необходимо обязательно учитывать расстояния до края базового материала (угла стены, края плиты перекрытия и т.п.), а при групповой установке и расстояния между креплениями. *Fischer* в своих каталогах приводит данные по минимально допустимым краевым и осевым расстояниям, а для групп анкеров – расчетные методики и таблицы для определения допустимых нагрузок для разнообразных сочетаний этих расстояний и глубин анкеровки. Кроме того, указанные методики реализованы в компьютерные программы, обладающие высокой наглядностью, удобством в работе (в том числе корреспонденцией в AutoCAD и др.) и содержащие базы данных по большинству анкеров *Fischer*. У фирмы *Hilti* также существует методика расчета осевых и краевых расстояний изложенная в «Руководстве по анкерному крепежу». Примерные формулы для определения размеров a и s публикует и фирма *Sormat*. У *Mungo* для анкера **m3** можно провести оценку с помощью номограмм.

При отсутствии конкретных данных можно рекомендовать приблизительные эмпирические формулы:

$$a = 2 \cdot h_a \quad ; \quad s = 4 \cdot h_a \quad ,$$

где h_a – глубина анкеровки.

Причиной разрушения может оказаться и ошибки установки, в частности неправильная ориентация распорных элементов. При установке крепежного элемента с двумя распорными зонами, он должен быть ориентирован так, чтобы бы распор не был направлен в сторону минимального краевого расстояния. Трех-, четырех- и многораспорные крепежные устройства устанавливаются с произвольной ориентацией.

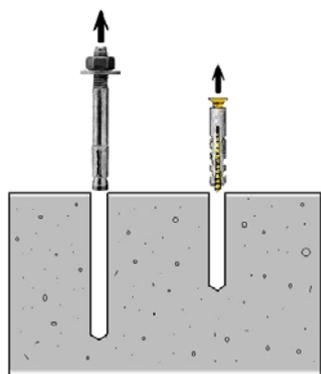


Рис.1.4

Вытягивание (вырыв) крепежной детали из основного материала – еще один случай отказа крепления (Рис.1.4). Основные причины связаны с недостаточным опытом или непрофессионализмом установщика, как при выборе крепежа, так и при производстве монтажных работ:

- неправильно выбран вид крепежного элемента или его типоразмер – который не соответствует величине и характеру прилагаемой нагрузки или базовому материалу;
- не соблюдены требования и рекомендации по установке крепежа – например, отверстие имеет больший, чем требуется, диаметр.

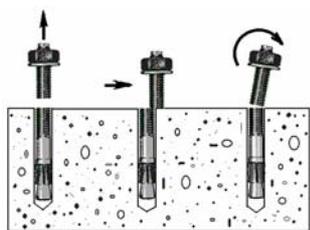


Рис.1.5

Облом анкера (разрыв, срез или излом) может произойти по следующим причинам (Рис.1.5):

- недостаточная прочность крепежа для приложенной нагрузки;
- при эксплуатации была приложена нагрузка выше допустимой расчетной.

Надо сказать, что этот случай отказа крепежа сравнительно редок. Дело в том, что прочность стального анкера обычно выше прочности базового материала,

да и сила трения при анкеровке меньше усилия разрыва анкера. Поэтому вероятность возникновения такого случая меньше, чем одного из предыдущих. Облом крепления более вероятен для пластиковых дюбелей да и то в особых условия крепежа. Откровенно говоря, данный случай разрушения обычно происходит при использовании бракованного крепежного элемента, что крайне редко происходит у известных крупных производителей крепежа (*Fischer, Hilti, Sormat, Mungo, KEW, Tox*) благодаря высокой степени контроля качества продукции.

1.4. Принципы анкерных и дюбельных креплений

Крепежные изделия в базовом материале могут фиксироваться различными способами, что зависит от типа и характеристик материала, а также характером и величиной действующих нагрузок.

1.4.1. Анкеровка трением – самый распространенный способ крепления. Он заключается в том, что внешняя распорная часть крепежной детали прижимается к стенке отверстия выполненного в основном материале, создавая силу трения, удерживающую анкер (дюбель) от выдергивания (Рис.1.6).

Это наиболее простой и дешевый способ крепления, но он применим только в сплошных и достаточно прочных материалах. Достаточная сила трения создается обычно за счет расклинивания анкера (дюбеля) или его части, причем, чем выше степень расклинивания, тем больше сила трения, выше качество крепления. Однако при слишком больших давлениях на основной материал возможно нарушение его прочности и отказ всей системы (см.п.1.2). Это ограничивает применение анкеров на слабых основаниях, а также выдерживаемые крепежной системой нагрузки.

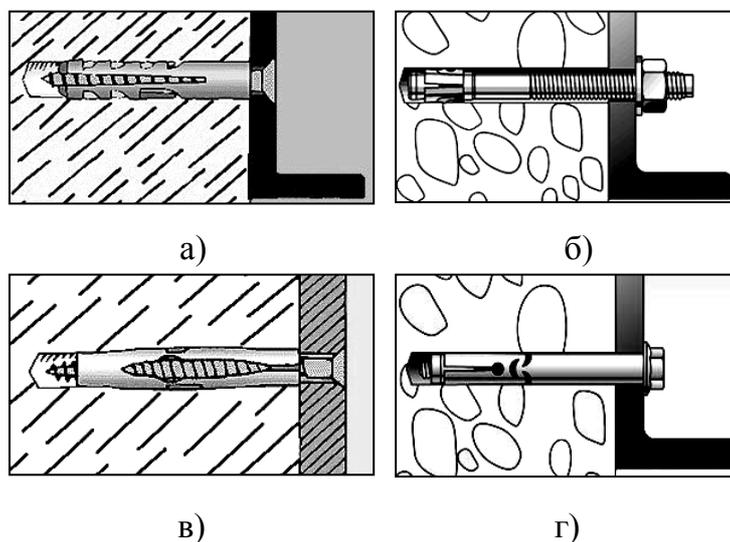


Рис.1.6

Примеров крепежных изделий с анкерровкой трением множество: распорный дюбель (рис.1.6,а), универсальный дюбель в сплошном основании (рис.6,в), дюбель-гвоздь, клиновой анкер (рис.1.6,б), ударный и разжимной анкер, втулочный анкер (рис.1.6,г), рамный (фасадный) дюбель, дюбель для теплоизоляции, анкер-клин, анкер-гвоздь и др.

1.4.2. Для крепления к тонкостенным материалам обычно используется анкеровка формой – **внешний упор** (Рис.1.7). Для такого крепления основной тонкостенный материал просверливается насквозь, в полученное отверстие вставляется крепежный элемент, часть которого при затягивании (закручивании) деформируется и упирается в

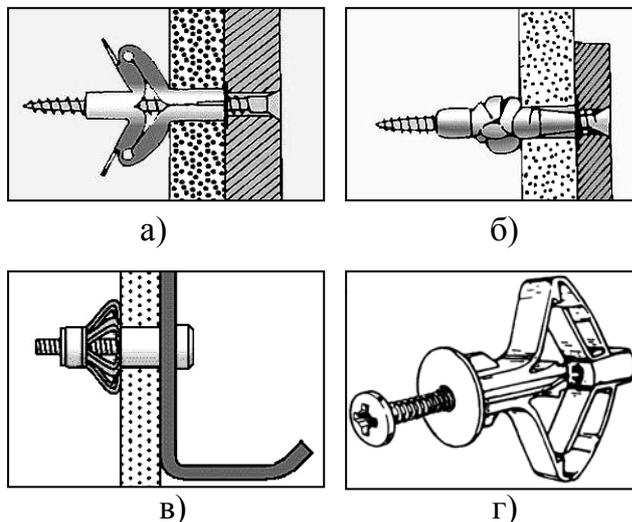


Рис.1.7

поверхность базовой основы.

Такой способ крепления используется при применении универсальных дюбелей (рис.1.7.а), многосторонних дюбелей (рис.1.7.б), анкеров «Молли» (“Mola”) (рис.1.7.в), анкеров (дюбелей) OLA фирмы *Sormat* (рис.7.г), складывающихся или самоустанавливающихся потолочных креплений, дюбелей «бабочка» и т.п

1.4.3. Внутренний упор – способ крепления, когда крепежное изделие имеет или образует конструктивные элементы, создающие упорное сопротивление объему основного материала (Рис.1.8).

Примерами такого вида крепления могут служить анкеры типа «Цикон» фирмы *Fischer* (рис.1.8.а), дюбели для газобетона (рис.1.8.б), дюбели для гипсокартона (“Driva”), сеточные анкеры для пустотелых оснований (рис.1.8.в), анкеры с нагнетанием и др.

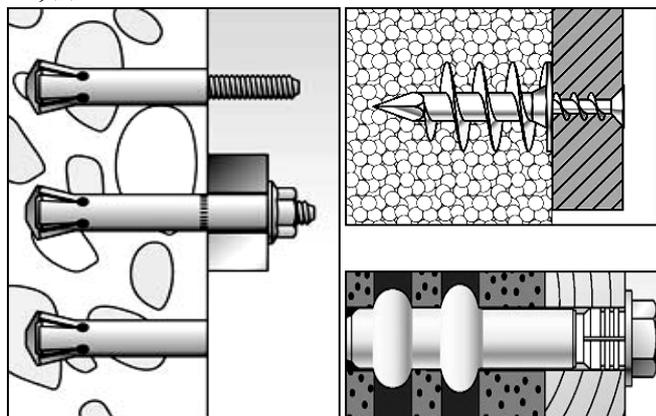


Рис.1.8

В отличие от клиновых анкеров анкеры с внутренним упором не создают внутренних напряжений в основном материале при отсутствии внешней нагрузки на анкер, что положительно сказывается на прочности крепления в целом.

1.4.4. Весьма прогрессивным способом крепления является **анкеровка соединением** (изменение состояния связующего). Связь крепежного элемента с основой в этом случае осуществляется за счет специального состава (клеевой, искусственная смола). Такие крепления получили название «химический анкер», реже «клеевой анкер» (Рис.1.9).

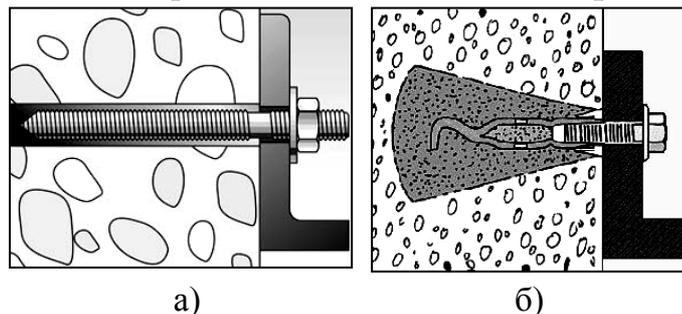


Рис.1.9

В предварительно подготовленное и тщательно очищенное отверстие закачивается специальный состав (обычно двухкомпонентный), а затем вставляется крепежный элемент (шпилька или специальный анкер). После затвердевания состава (от 20 мин. до 5 часов, в зависимости от температуры) возникает очень прочная связь крепежного элемента с базовым материалом.

Основным достоинством такого способа анкеровки является отсутствие внутренних напряжений в основном материале, что позволяет устанавливать анкеры с минимальными осевыми и краевыми расстояниями. Для приближенных расчетов можно рекомендовать (см.п.1.3):

$$a = 1.5 \cdot h_a \quad ; \quad s = 2.5 \cdot h_a \quad .$$

К сожалению, стоимость химических анкеров заметно выше соответствующих клиновых.

1.5. Подробнее о нагрузках на анкерные и дюбельные крепления

Для определения предельных нагрузок, разрушающих анкерное (дюбельное) крепление проводятся специальные эксперименты, при которых с соблюдением всех норм смонтированное анкерное крепление в материале со строго выдержанными характеристиками подвергается нагружению до разрушения. При этом фиксируется

момент разрушения и нагрузка ему соответствующая. Естественно, что при проведении серии испытаний существует определенный разброс полученных значений, что связано с неоднородностью основного материала, отклонениями в размерах отверстий под анкеровку, точностью применяемого инструмента и т.д. и т.п. Вероятность получения того или иного значения подчиняется определенному закону (Рис. 1.10). Читатель, знакомый с математической статистикой скажет, что это нормальный закон распределения.

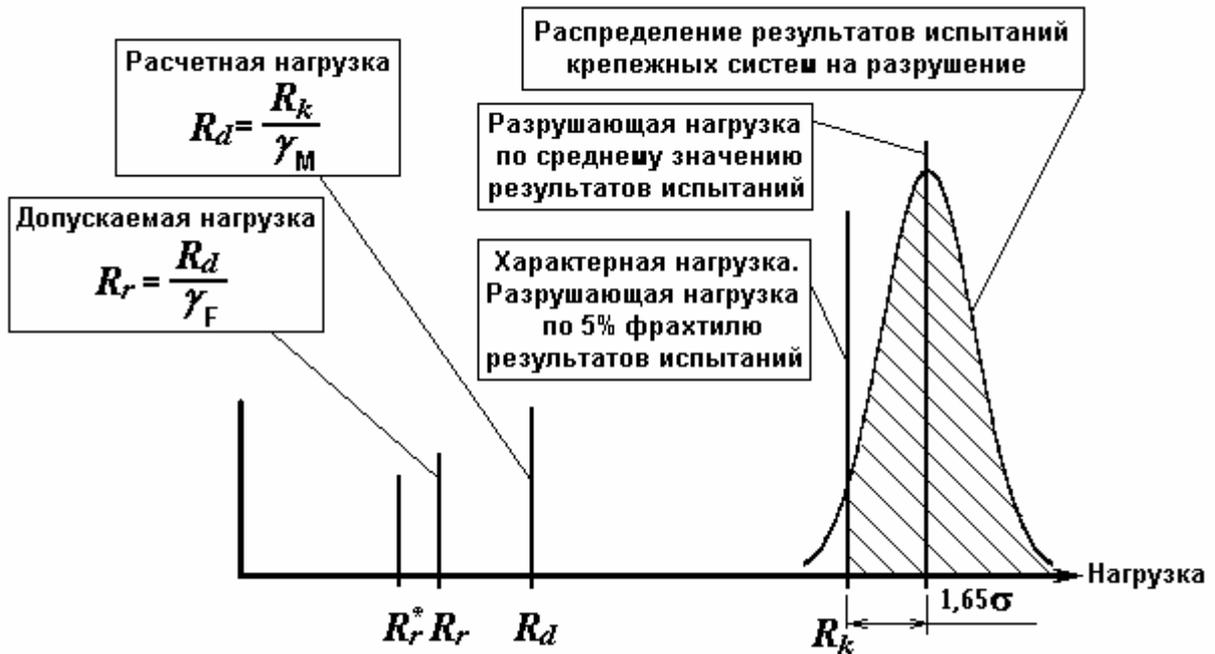


Рис.1.10

Среднее значение (или математическое ожидание) разрушающей нагрузки можно принять за ту величину, которая будет использована в дальнейших расчетах и анализе прочности крепления. В этом случае с вероятностью 50% крепление выдержит нагрузку, и с той же вероятностью разрушится до ее достижения. Такую нагрузку называют предельной средней нагрузкой или ультимативной. Дабы гарантировать прочность крепления для расчетов ее уменьшают на коэффициент запаса прочности (см. п.1.2).

Однако в последнее время в качестве разрушающей нагрузки применяется характеристическая или критическая нагрузка, определяемая по 5% фрактилю результатов испытаний R_k . Эта нагрузка меньше ультимативной, т.к. обеспечивает 95% вероятности не разрушения крепления. Разница между нагрузкой по средним значениям и характеристической нагрузкой зависит от разброса данных испытаний, и R_k может составлять и 0.9 от средних значений, а может быть и в два раза меньше в зависимости от типа анкера и вида прилагаемой нагрузки. Для дюбелей разброс значений обычно больше, чем у стальных анкеров. Вполне понятно, что предельные нагрузки определяются отдельно для нормальных (N), срезающих (T) сил и изгибающего момента (M).

Для расчетов анкерных креплений применяется расчетная нагрузка (расчетный показатель сопротивления) R_d , которая меньше предельной на коэффициент запаса прочности крепления γ_M . Коэффициенты γ_M различны для разных случаев нагружения, разных условий монтажа и разных методик расчета анкерных креплений и определяются опытным путем. Рекомендуемые минимальные значения коэффициентов γ_M для всех

случаев разрушений приводятся в технической документации на анкеры (дюбели), так называемых технических допусках. В каталогах коэффициенты запаса прочности приводятся редко, обычно публикуются допускаемые (рекомендуемые) нагрузки R_r , или расчетные R_d (*Hilti*). Иногда проектировщики и монтажники принимают расчетную нагрузку за допускаемую или рекомендуемую. Это не верно.

Дело в том, что традиционный подход к расчету и анализу анкерного крепления заключается в сравнении допускаемой и действующей на крепление нагрузок (действующая должна быть не больше допускаемой). При этом действующая нагрузка делится пропорционально количеству устанавливаемых анкеров, а расчет проводится на вырыв при приложении нормальной нагрузки или на срез при наличии поперечного усилия. Для простых случаев креплений, если выдерживались допустимые краевые и осевые расстояния, если марка бетона для допускаемой нагрузки и действующей совпадают, если отсутствует комбинированная нагрузка (т.е. имеет место нормальная или поперечная нагрузка), данный подход вполне правомерен. Но речь идет именно о допускаемой, а не о расчетной нагрузке. Согласно EUROCODE концепция надежности представляется:

$$S_d \leq R_d$$

где S_d – расчетная действующая нагрузка (расчетный показатель воздействия), обычно определяемая:

$$S_d = S_m \cdot \gamma_F$$

где S_m – максимальная действующая нагрузка;

γ_F – коэффициент запаса прочности воздействия, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между анкерами, возможную динамическую (переменную) составляющую воздействия, возможный эксцентриситет приложения сил и т.п. В обычных условиях этот коэффициент запаса прочности равен **1.4**. Таким образом, обычно при традиционных методах расчета допустимая (рекомендуемая) нагрузка R_r меньше расчетной R_d в 1.4 раза. И именно она применяется для проверочных прочностных расчетов анкерных (дюбельных) креплений.

Надо отметить, что представленная выше зависимость не идеальна и пригодна для упрощенных методик расчета. Более точным является определение расчетной действующей нагрузки по формуле:

$$S_d = \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k,$$

где G_k, Q_k – действующие постоянная и переменная нагрузки соответственно;

γ_G, γ_Q – коэффициенты запаса прочности для постоянного и переменного воздействия. Обычно принимаются: $\gamma_G = 1.35$ и $\gamma_Q = 1.5$.

Описанный метод расчета имеет ряд недостатков и самый главный из них – недостаточная точность, по нему можно получить как переизбыток, так недоизбыток прочности (скорее первое). Кроме того, он мало пригоден для сложных вариантов расчета, когда выдержать осевые расстояния не удастся по технологическим особенностям, когда имеет место сложная комбинированная нагрузка, когда основа для крепления имеет малые размеры или специфическую конфигурацию и т.д. Наконец его не рекомендуется применять при расчете креплений в растянутых зонах бетона. Для ответственных креплений следует применять более точные методики, имея в виду, что отказ крепления может произойти либо при разрушении анкера (Рис.1.5), либо при разрушении основы (Рис.1.2, 1.3), либо при разрушении связи между ними (Рис.1.4).

Определение нагрузок, принимаемых в расчетах креплений, зависит от принимаемой методики расчета. Соответственно различны и коэффициенты запаса

прочности γ_M . Ведущие гранды крепежных технологий, такие как *Fischer* (Германия) и *Hilti* (Лихтенштейн) предлагают несколько методик расчетов.

Как основную методику расчета *Fischer* предлагает способ А, при котором предполагается расчет прочности по восьми возможным случаям разрушения:

- | | | |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • разрыв анкера (дюбеля с шурупом), • вырыв (выдергивание) анкера (дюбеля) из основы, • облом (скол и вырыв) бетона, • растрескивание бетона, | } | Воздействие тягового (нормального) усилия |
| <ul style="list-style-type: none"> • срез тела анкера, • изгиб и облом анкера, • скол и сдвиг основы (бетона), • слом края основы | } | Воздействие поперечной силы |

Отдельно рассматривается вопрос расчета с приложением комбинированной нагрузки. Коэффициенты запаса прочности γ_M для всех видов разрушения основы и выдергивания анкера (дюбеля) определяется как произведение трех коэффициентов:

$$\gamma_M = \gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2,$$

где $\gamma_c = 1.5$ – коэффициент запаса прочности для бетона;

γ_1 – коэффициент запаса прочности с учетом уменьшения при растяжении, для правильно уложенного бетона $\gamma_1 = 1.2$;

γ_2 – коэффициент запаса на монтаж анкерной системы, принимаемый для поперечных нагрузок равным 1.0, для тяговых 1.0...1.4 в зависимости от надежности монтажа.

Для расчетов прочности на разрушения самих анкеров (разрушение по стали) коэффициент γ_M при расчетах на разрыв определяется:

$$\gamma_M = \frac{1.2}{\sigma_T / \sigma_B} \geq 1.4,$$

а при расчетах на срез и изгиб:

$$\gamma_M = \frac{1.0}{\sigma_T / \sigma_B} \geq 1.25 \quad - \text{ для сталей с } \sigma_B \leq 800 \text{ Н/мм}^2 \text{ и } \gamma_M = 1.5 \quad \text{для остальных.}$$

В приведенных зависимостях σ_T и σ_B – соответственно предел текучести и предел прочности на растяжение стали, из которой изготовлен анкер.

Таким образом, общий коэффициент запаса прочности, например на вырыв анкера при низкой надежности монтажа, может составить:

$$\gamma = \gamma_M \cdot \gamma_F = \gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_F = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,4 = 3,528$$

Это значение и можно использовать для определения допускаемой нагрузки.

Метод расчета СС *Hilti* по идеологии близок методу А *Fischer*, но расчет ведется не по восьми, а по пяти возможным случаям разрушения:

- разрыв анкера,
- вырыв анкера из основания
- разрушение бетона,
- срез тела анкера,
- слом края основы.

Конечно, представленные точные методы расчетов весьма трудоемки. *Fischer* в технической документации для расчета по способу А вообще рекомендует применять компьютерные системы расчета, для чего разработана специальная программа СС-

COMPUFIX с банком данных на основные анкеры, последняя версия которой 6.4 весьма наглядно и быстро позволяет провести все расчеты, сделать выводы и корреспондировать их в AutoCAD.

Конечно, такие сложные расчеты отпугивают широкого покупателя, так как требуют времени и специальной подготовки. *Fischer* в этой связи предлагает упрощенный метод расчетов – **способ В**, в котором применяется одно понятие допускаемой нагрузки независимо от направления ее воздействия и вида отказа R_r^* (см. рис.1.10). Конечно, эта допускаемая нагрузка меньше чем допускаемые нагрузки, определяемые для каждого вида нагрузки отдельно (растягивающее усилие, поперечная сила), и тем более определяемого для каждого вида разрушения (вырыв анкера, срез анкера и т.д.). Однако методика определения параметров крепежной системы оказывается весьма простой и легко реализуемой. При этом допускаемые нагрузки для упрощенного расчета предлагаются свои, обеспечивающие гарантию безопасности, и R_r^* обычно меньше R_r в 1.15...1.35 раза.

К сожалению стройная и четкая система определения предельной, расчетной и допускаемой нагрузок вкупе с методиками расчетов хорошо представлена только у ведущих производителей (*Fischer, Hilti*), упрощенно и несколько бессистемно ее можно обнаружить также у *Sormat, Mungo*. Большинство же производителей публикуют только значения нагрузок (а то и одной нагрузки), предельные краевые и осевые расстояния (и то далеко не все) без описания методики их получения и применения. Редко можно встретить и рекомендуемые моменты затяжки анкерных креплений. Это серьезно затрудняет профессиональное их использование. Наконец существуют производители (не будем показывать пальцем), которые вообще не приводят нагрузочных и установочных параметров своей крепежной техники, и остается только гадать, где и в каких условиях ее можно использовать.

Еще хуже обстоит дело по характеристикам дюбельной техники. Производителей очень много (некоторые из них приводятся в разделе 3 настоящего обзора), а тех, кто предоставляет строителям нагрузочные и установочные данные для дюбелей, можно сосчитать по пальцам. Естественно это вышеупомянутые *Fischer, Hilti, Sormat, Mungo*, а также *Tox, KEW, Technox* и некоторые другие.

* * *

В дальнейшем рассматриваются конструктивное исполнения и особенности применения различных видов анкерной и дюбельной техники. Следует оговорить, что в настоящем обзоре не рассматриваются закладные анкеры, т.е. крепежные устройства, вставляемые в бетон до затвердевания, или укладываемые в стены в процессе кирпичной кладки.