

---

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ  
ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»**

---

**САМОРЕГУЛИРУЕМАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО  
«ОБЪЕДИНЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИЙ ВЫПОЛНЯЮЩИХ СТРОИТЕЛЬСТВО,  
РЕКОНСТРУКЦИЮ И КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ  
ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ «СОЮЗАТОМСТРОЙ»**

---

**УТВЕРЖДЕНО**

решением общего собрания членов  
СРО НП «СОЮЗАТОМСТРОЙ»  
Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_ года № \_\_

**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ**

**ОБЪЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ**

**Проектирование анкеров, устанавливаемых в затвердевший бетон  
железобетонных конструкций**

**СТО XX XXX-2014**

Настоящий проект стандарта не подлежит  
применению до его утверждения

Москва  
2014

## **Предисловие**

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [1], а правила применения стандарта организации – ГОСТ Р 1.4–2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения».

### **Сведения о стандарте**

- 1 РАЗРАБОТАН ООО «Центр технических компетенций атомной отрасли»
- 2 ВНЕСЁН Советом СРО НП «СОЮЗАТОМСТРОЙ»
- 3 УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ Протоколом общего собрания СРО НП «СОЮЗАТОМСТРОЙ» № \_\_\_ от \_\_\_\_\_ 201\_\_ г
- 4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведён, тиражирован и распространён в качестве официального издания без разрешения Госкорпорации «Росатом» и СРО НП «Союзатомстрой»

## Содержание

1. Область применения.....	5
2. Нормативные ссылки.....	6
3. Термины, определения и обозначения.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4. Требования к расчету. Общие положения.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5. Расчет прочности анкеров.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.1. Расчет анкера на действие осевой растягивающей силы.	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.1.1. Разрушение по стали.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.1.2. Разрушение по контакту анкера с основанием .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.1.3. Разрушение от выкалывания бетона основания .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.1.4. Разрушение от раскалывания основания .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.1.5. Комбинированное разрушение по контакту и выкалыванию бетона основания .	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.2. Расчет на сдвиг .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.2.1. Разрушение по стали.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.2.2. Разрушение от выкалывания бетона основания за анкером.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.2.3. Разрушение от откалывания края основания .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.3. Расчет анкеров на совместное воздействие растяжения и сдвига.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
6. Расчет эксплуатационной пригодности (по деформациям)....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Приложение А .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Стандарт разработан с учетом обязательных требований, установленных в Федеральных законах от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и содержит требования к расчету и проектированию анкеров, устанавливаемых в затвердевший бетон железобетонных и бетонных конструкций.

Проект стандарта разработан с учетом положений и требований российских норм, а также нормативных региональных европейских и международных стандартов:

- ETAG – 001 Guideline for European technical approval of metal anchors for use in concrete. Annex C: design methods for anchorages - EOTA, 2008
- ACI 318-11 Building Code Requirements for Structural Concrete. Anchoring to concrete. Appendix D. Anchoring to concrete - American Concrete Institute, 2011

# 1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. Настоящий стандарт организации (далее СТО) устанавливает требования к проектированию анкерных креплений при строительстве зданий и сооружений объектов использования атомной энергии нормального и пониженного уровня ответственности. Уровень ответственности зданий и сооружений определяется в соответствии с п.8 статьи 4 Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

1.2. СТО устанавливает и дополняет требования по проектированию и устройству анкерных креплений опорных и подпорных конструкций технологического оборудования и систем, а также элементов строительных конструкций с существующими железобетонными конструкциями.

1.3. СТО предназначен для организаций, осуществляющих проектирование, сооружение и эксплуатацию объектов использования атомной энергии.

1.4. Для атомных станций СТО распространяется на проектирование анкерных креплений:

- элементов АС, относящихся ко 2, 3 и 4 классам безопасности по классификации НП-001-97[3] ;

- в зданиях и сооружениях I, II и III категорий ответственности за радиационную и ядерную безопасность по классификации ПиН АЭ -5.6;

- элементов АС, относящихся к I, II и III категориям сейсмостойкости по классификации НП-031-01[4].

1.5. СТО устанавливает требования к расчету прочности и деформативности одиночных анкеров и групп анкеров, а также конструктивные требования к их установке в основание из тяжелого или мелкозернистого бетона классов В25-В60.

1.7 СТО распространяется на анкера и группы анкеров, воспринимающие при статических и динамических нагрузках усилия осевого растяжения и поперечного сдвига, в том числе при их совместном действии.

1.8 СТО распространяется на условия эксплуатации анкеров при нарушении трещиностойкости бетонного основания. Образование и развитие трещин в бетоне может быть обусловлено как общим деформированием основания, так и местным напряженно-деформированным состоянием в зоне анкерного крепления.

1.9. Настоящий стандарт устанавливает общие требования к проектированию анкеров, представляющими собой вновь разработанную, модернизированную или ввозимую из-за рубежа продукцию, от которой зависят безопасность, надежность и долговечность зданий и сооружений, а также оборудования, и возможность безопасного применения которой в условиях строительства на территории Российской Федерации не подтверждена российскими нормативными документами и практикой отечественного строительства, имеющей техническое свидетельство (ТС) ФАУ «ФЦС».

## 2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем стандарте организации использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния

ГОСТ Р 52544-2006 Прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов А500С и В500С для армирования железобетонных конструкций. Технические условия

ГОСТ Р 54257-2010 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия (актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*)

СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. (актуализированная редакция СНиП 52-01-2003)

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

## 3 ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

**3.1** В настоящем стандарте использованы термины и определения по сборнику «Официальные термины и определения в строительстве, архитектуре и жилищно-коммунальном хозяйстве». (М.: Минрегион России, ВНИИТПИ, 2009) и по нормативным документам, на которые имеются ссылки в тексте, а также следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1.1. основание бетонное** – несущая или ограждающая бетонная или железобетонная конструкция, которая воспринимает передаваемые на нее нагрузки;

- 3.1.2. **анкерное крепление (attachment)** – узел строительной конструкции в котором посредством анкера или группы анкеров соединяются бетонное основание и прикрепляемый к нему конструктивный элемент;
- 3.1.3. **анкер (anchor)** – стальной элемент, предназначенный для крепления конструктивных элементов различного назначения к бетонному основанию, который или закладывается в основание или впоследствии устанавливается в готовое бетонное основание и используется для передачи усилия на основание;
- 3.1.4. **механический анкер (mechanical anchor)** – анкер, в котором передача усилий со стального элемента на основание осуществляется только за счет механического взаимодействия (расклинивания, упора, зацепления, трения и т.п.);
- 3.1.5. **распорный анкер (expansion anchor)** – механический анкер, закрепление которого в основании осуществляется за счет принудительного расширения в просверленном отверстии;
- 3.1.6. **анкер с контролируемым моментом затяжки (torque-controlled anchor)** - распорный анкер, у которого распор создается за счет крутящего момента, действующего на винт или болт;
- 3.1.7. **анкер с контролируемым перемещением (deformation-controlled anchor)** - распорный анкер, у которого распор достигается за счет расклинивая конусом, перемещающимся внутри втулки;
- 3.1.8. **анкер с уширением (undercut anchor)** – механический анкер, закрепление которого в основании осуществляется за счет устройства уширения в теле бетонного основания и механической блокировки в нем анкера;
- 3.1.9. **анкер-шуруп (screw-anchor)** - механический анкер, закрепление которого в основании осуществляется за счет непосредственного вкручивания в просверленное отверстие с врезанием кромок резьбы в материал основания;
- 3.1.10. **химический анкер (adhesive anchor)** – анкер, состоящий из стального элемента и клеевого состава, в котором передача усилий со стального элемента на бетонное основание осуществляется через клеевой состав;
- 3.1.11. **клеевой состав (adhesive)** - химические компоненты, содержащие органические полимеры, или комбинацию органических полимеров и неорганических материалов, которые затвердевают при смешивании. Могут включать (но не ограничиваются) эпоксидные смолы, полиуретаны, полиэстеры, метилметакрилаты, сложные виниловые эфиры;
- 3.1.12. **общая длина заделки анкера (overall embedment depth)** – размер, соответствующий длине части стального элемента анкера, находящейся в теле бетонного основания. Измеряется от поверхности основания до наиболее заглубленной точки стального элемента анкера
- 3.1.13. **эффективная глубина анкерования (effective embedment depth)** – размер, соответствующий заглублению части анкера, посредством которой он передает или воспринимает усилия от бетонного основания. Измеряется от

поверхности основания или удаленного от поверхности сечения для химических анкеров в специально оговоренных случаях.

3.1.14. **нормативная (расчетная) сила сопротивления анкера** – значение внутреннего усилия в анкере, при котором с заданной обеспеченностью выполняются требования по несущей способности.

3.1.15. **опорная пластина крепежной детали** – металлическая пластина, прилегающая к поверхности бетонного основания, в опорной части прикрепляемого конструктивного элемента служит для передачи и перераспределения усилий на анкеры.

3.1.16. **анкерная группа** – совокупность анкеров, вовлеченных в работу анкерного крепления по рассматриваемому механизму разрушения.

3.2. В настоящем стандарте использованы следующие обозначения (см. совместно с рис. 3.1-3.2):

$a$  - расстояние между крайними анкерами смежных групп или между отдельными анкерами

$a_1$  - расстояние между крайними анкерами смежных групп или между отдельными анкерами в направлении 1

$a_2$  - расстояние между крайними анкерами смежных групп или между отдельными анкерами в направлении 2

$b, l$  - ширина и длина опорной пластины крепежной детали

$c$  - расстояние от анкера до края основания

$c_1$  - расстояние от анкера до края основания в направлении 1 (для анкера, работающего на сдвиг, направление 1 выбирают перпендикулярно краю в направлении сдвигающего усилия)

$c_2$  - расстояние от анкера до края основания в направлении 2 (направление 2 выбирают перпендикулярно направлению 1).

$c_{min}$  - минимально допустимое расстояние от анкера до края

$d$  - диаметр анкерного болта или диаметр резьбы

$d_1$  - диаметр установочного отверстия для анкера с уширением

$d_2$  - рабочий диаметр анкера с уширением

$d_f$  - диаметр установочного отверстия в опорной пластине крепежной детали

$d_{nom}$  - внешний диаметр механического и стального элемента химического анкера (номинальный диаметр для стержневой арматуры)

$d_o$  - диаметр отверстия для установки анкера

$h$  - толщина бетонного основания

$h_1$  - наибольшая глубина пробуренного отверстия

$h_{ef}$  - эффективная глубина анкеровки



$h_{min}$  - минимальная толщина бетонного основания

$h_{nom}$  - общая длина заделки анкера в бетон

$h_o$  - глубина цилиндрической части пробуренного отверстия

$l_f$  - приведенная глубина анкеровки при сдвиге

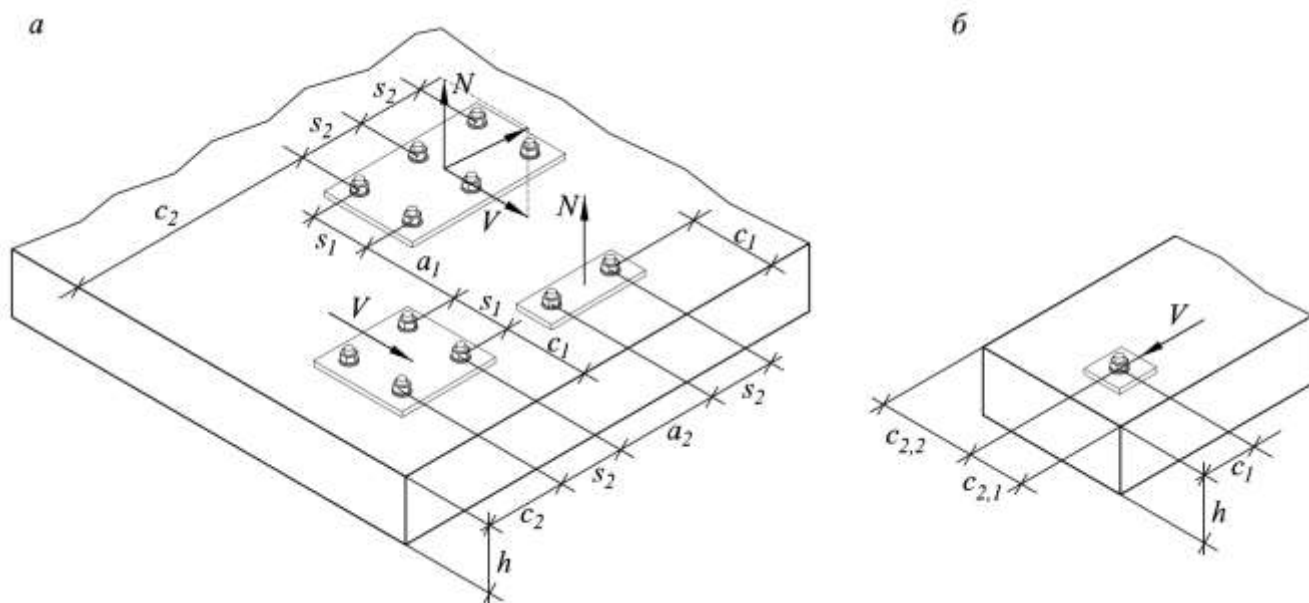
$s$  - расстояние (шаг) между анкерами в группе

$s_1$  - расстояние (шаг) между анкерами в группе в направлении 1

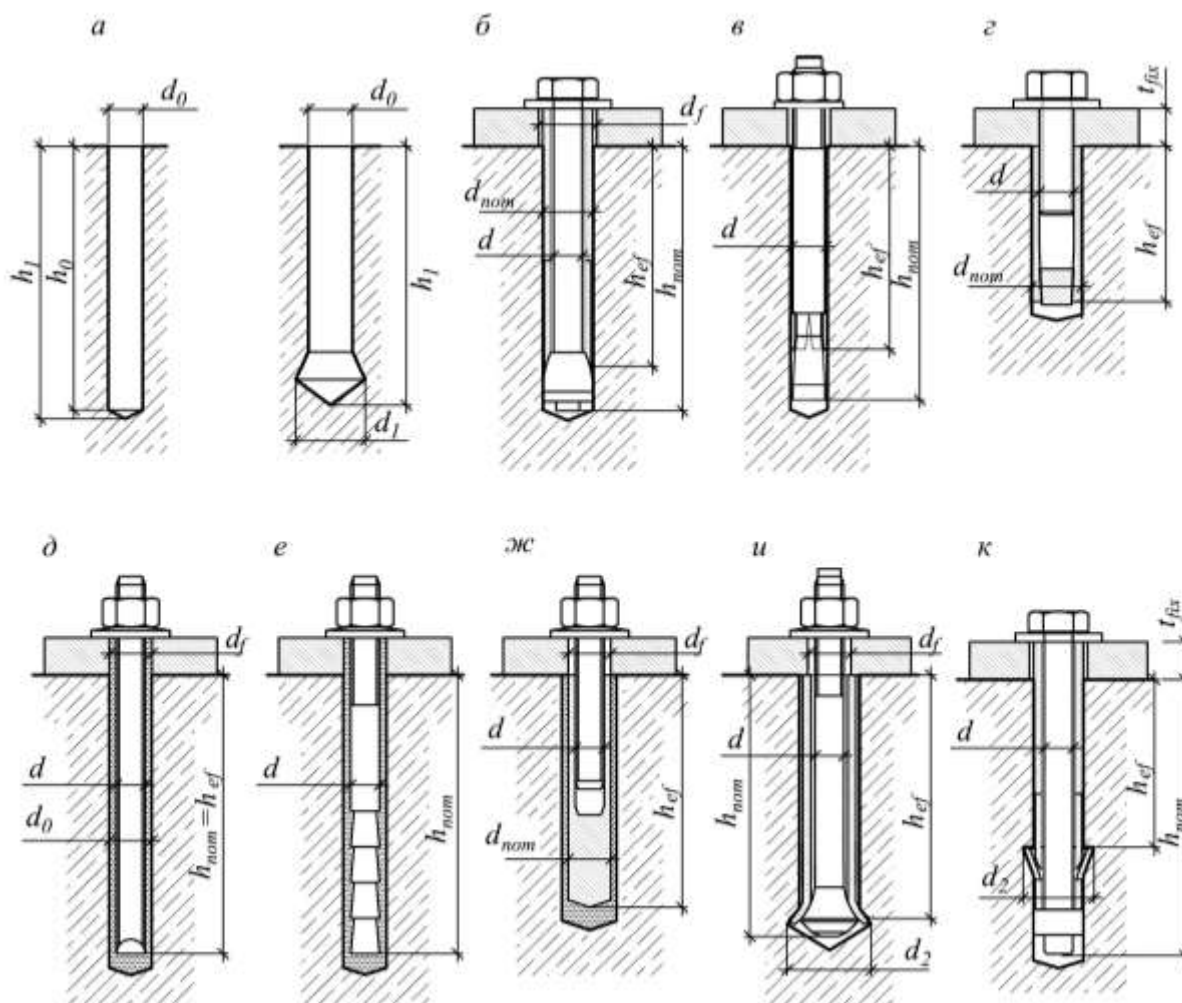
$s_2$  - расстояние (шаг) между анкерами в группе в направлении 2

$s_{min}$  - минимально допустимое расстояние (шаг) между анкерами в группе

$t_{fix}$  - толщина опорной пластины крепежной детали



**Рисунок 3.1 – Обозначение параметров взаимного расположения анкеров**



*a* – отверстия под анкеры; *б, в* – механические анкеры с контролируемым моментом затяжки; *г* – механический анкер с контролируемым перемещением; *д, е, ж* – химические анкеры; *и, к* – механические анкеры с уширением.

**Рисунок 3.2 - Основные типы анкеров и обозначения**

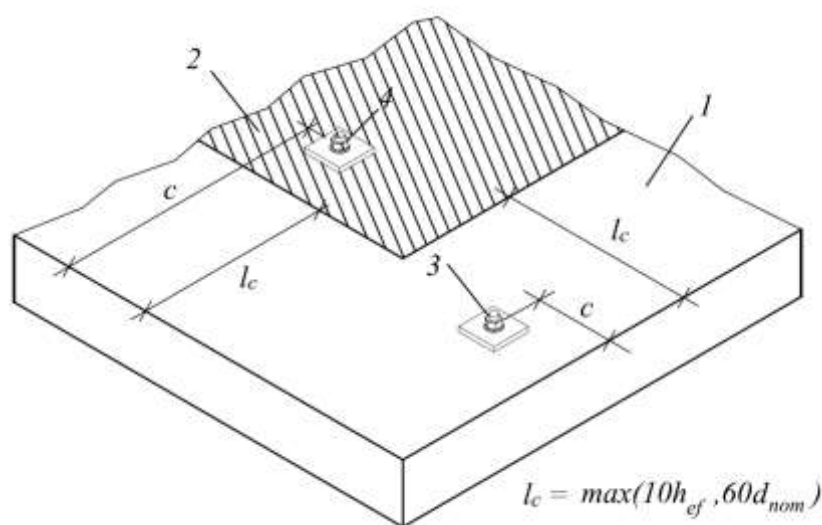
## 4 ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТУ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1. Расчет анкеров следует выполнять по предельным состояниям первой и второй группы согласно ГОСТ Р 54257. Расчеты по первой группе предельных состояний, превышение которых ведет к потере несущей способности, для анкеров включают расчеты по прочности в соответствии с разделом 5. Расчеты по второй группе предельных состояний, превышение которых ведет к нарушению нормальной эксплуатации строительных конструкций, исчерпанию ресурса долговечности или нарушению условий комфортности, включают расчеты по деформациям в соответствии с разделом 6.

4.2. Представленные в стандарте методики расчета анкеров применимы для видов и марок анкеров, а также условий их установки, имеющих ТС ФАУ «ФЦС».

4.3. Установка анкеров в основание должна быть предусмотрена в соответствии с техническими указаниями производителя. При размещении анкеров в основании должны быть соблюдены конструктивные требования к толщине основания, минимальным краевым и межосевым расстоянием установки анкеров (см. ТС).

4.4. При размещении анкеров выделяют зоны расположения анкеров и анкерных групп вблизи от края и вдали от края основания (см. рис. 4.1). Анкерная группа считается расположенной вблизи от края при попадании хотя бы одного из анкеров группы в соответствующую зону по рис. 4.1.

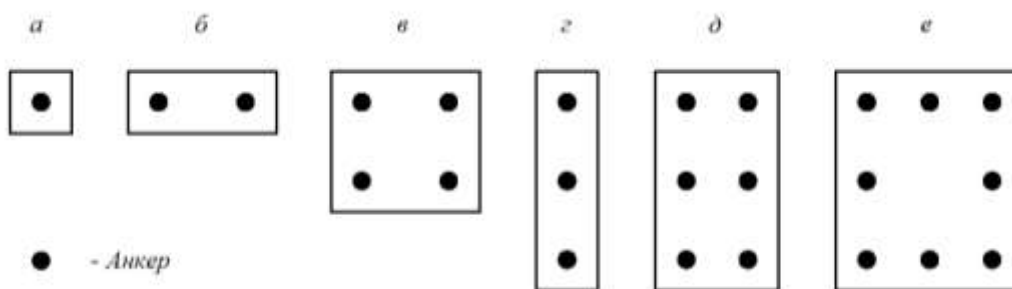


- $l_c$  – расстояние, определяющее границу зоны размещения анкеров вблизи от края;  
 $l$  – зона размещения анкеров вблизи от края; 2 – зона размещения анкеров вдали от края;  
3 - анкер, расположенный вблизи от края ( $c < l_c$ );  
4 - анкер, расположенный вдали от края ( $c \geq l_c$ ).

**Рисунок 4.1 – Зоны размещения анкеров в основании**

4.5. Представленные в стандарте методики охватывают расчет отдельных анкеров и групп анкеров (не более трех анкеров в ряду), представленных на рис. 4.2.

При расчете группы анкеров учитывается перераспределение усилий между анкерами, при этом в анкерную группу должны входить только анкера одного типа и размера. Представленные методики в общем виде применимы также при взаимном смещении анкеров внутри группы (расположение по треугольнику, по окружности и т.п.).



**Рисунок 4.2 – Основные формы расстановки анкеров в группе.**

4.6. Применимость представленных в стандарте методик расчета анкеров на сдвиг и комбинированное воздействие вблизи от края ограничивается только расчетом анкеров по форме расстановки поз. а, б, в рис. 4.2 (не более двух анкеров в ряду) с условием соблюдения требований п. 4.7.

4.7. Для распределения усилий в группе анкеров, работающих на сдвиг, диаметр установочных отверстий в опорной пластине крепежной детали не должен превышать величин, указанных в таблице 4.1. Зазоры, превышающие установленную величину, допускается заполнять раствором прочностью не ниже 35МПа.

Таблица 4.1

Диаметр анкера (мм) $d^{1)}$ или $d_{ном}^{2)}$	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	>30
Диаметр установочного отверстия в опорной пластине крепежной детали $d_f$ (мм)	7	9	12	14	16	18	20	22	24	26	30	33	$1,1d$ $1,1d_{ном}$
Максимальный зазор в отверстии (мм)	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	$0,1d$ $0,1d_{ном}$
<sup>1)</sup> если усилие воспринимается болтом / шпилькой													
<sup>2)</sup> если усилие воспринимается гильзой / втулкой													

4.8. Для применения химических анкеров должен быть определен температурный режим их эксплуатации по таблице 4.2.

Таблица 4.2

Температурный режим	Допустимый диапазон изменения температур, °С	Длительная температура эксплуатации*, °С	Максимальная временная температура при эксплуатации, °С
Температурный режим I	-43 ... +40	не более 24	40
Температурный режим II	-43 ... +58	не более 35	58
Температурный режим III	-43 ... +70	не более 43	70
Температурный режим IV	-43... +80	не более 50	80
Температурный режим	-43... +120	не более 72	120

V			
---	--	--	--

\* - длительная температура эксплуатации определяется как средняя суточная температура.

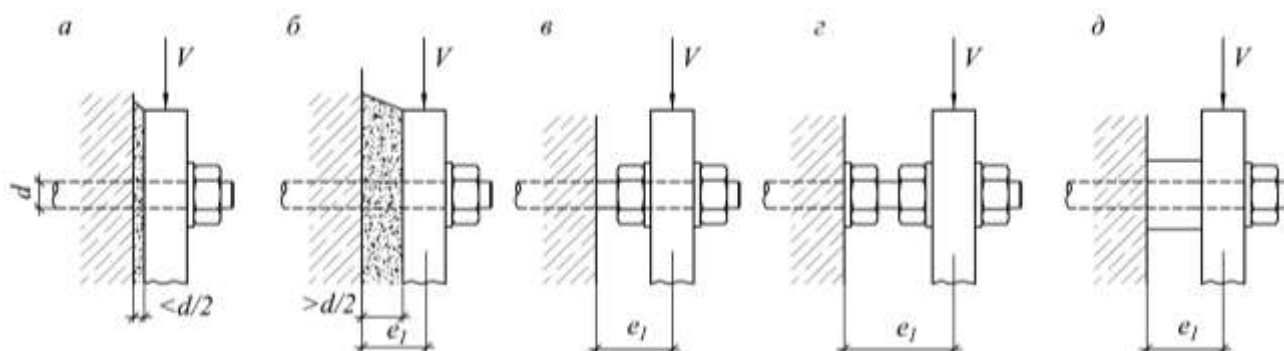
4.9. Бетонное основание в общем случае принимать с трещинами. Учитывать отсутствие трещин в зоне установки анкеров допускается только при соответствующем расчетном обосновании (расчет трещиностойкости согласно СП 63.13330) и после проведения визуального обследования конструкции основания согласно ГОСТ 31937 для выявления доэксплуатационных (температурно-усадочных) трещин.

4.10. Усилия для анкерного крепления следует определять из общего статического расчета прикрепляемой конструкции (системы). Расчет анкеров по прочности (несущей способности) и деформативности (перемещениям) следует выполнять, принимая расчетные и нормативные значения нагрузок и соответствующие им коэффициенты надежности согласно ГОСТ Р 54257 и СП 20.13330.

4.11. При одиночном анкере и действии только растягивающих или сдвигающих сил в анкерном креплении усилие в анкере следует принимать равным приложенному внешнему усилию с учетом возможных эксцентриситетов.

4.12. При расчете группы анкеров расчетные усилия на группу и отдельные анкеры следует устанавливать согласно Приложению А.

4.13. При расчете анкеров на сдвиг следует учитывать возникновение дополнительного момента в сечении стального элемента анкера от плеча сдвигающей силы (см. рис. 4.3).



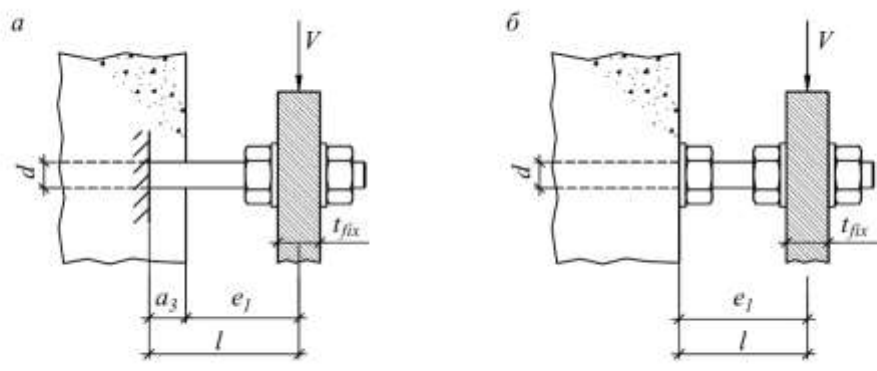
а – вплотную к основанию; б – вплотную с увеличенным выравнивающим слоем; в – с зазором; г – с зазором и установкой дополнительной гайки к бетону; д – через гильзу.

**Рисунок 4.3 – Типы установки опорной пластины крепежной детали.**

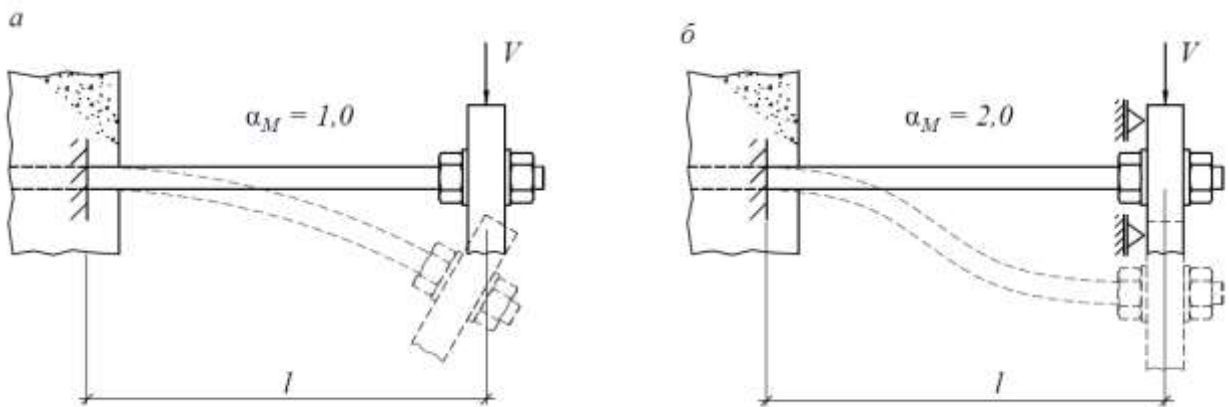
4.14. Расчетную величину плеча силы, следует определять по формуле:

$$l_s = \frac{a_3 + e_1}{\alpha_M}, \quad (4.1)$$

где  $e_1$  – расстояние между сдвигающей силой и поверхностью бетонного основания  
 $a_3$  – расстояние, определяющее податливость заделки, принимается:  $a_3 = d/2$  в общем случае;  $a_3 = 0$  если установлена шайба с гайкой, прилегающие к бетону основания как показано на рис. 4.4б; здесь  $d$  – диаметр анкера ( $d_{nom}$  если усилие передается на гильзу/втулку анкера)  
 $\alpha_M$  – безразмерный коэффициент, зависящий от степени защемления анкера в опорной пластине крепежной детали (см. рис. 4.5). При отсутствии защемления или в запас несущей способности  $\alpha_M = 1,0$ . При полном защемлении, когда поворот прикрепляемой детали невозможен и выполняются требования п. 4.7 принимается  $\alpha_M = 2,0$ . Анкер считается защемленным в прикрепляемой детали, если ее прочность достаточна для восприятия момента от защемления анкера.



**Рисунок 4.4 - Схема для определения плеча сдвигающей силы.**



**Рисунок 4.5 - Расчетная схема для определения степени защемления анкера.**

4.15. Дополнительные усилия от плеча сдвигающей силы допускается не учитывать при одновременном соблюдении следующих условий:

- а) опорная пластина крепежной детали должна быть стальной сплошного сечения по высоте анкера

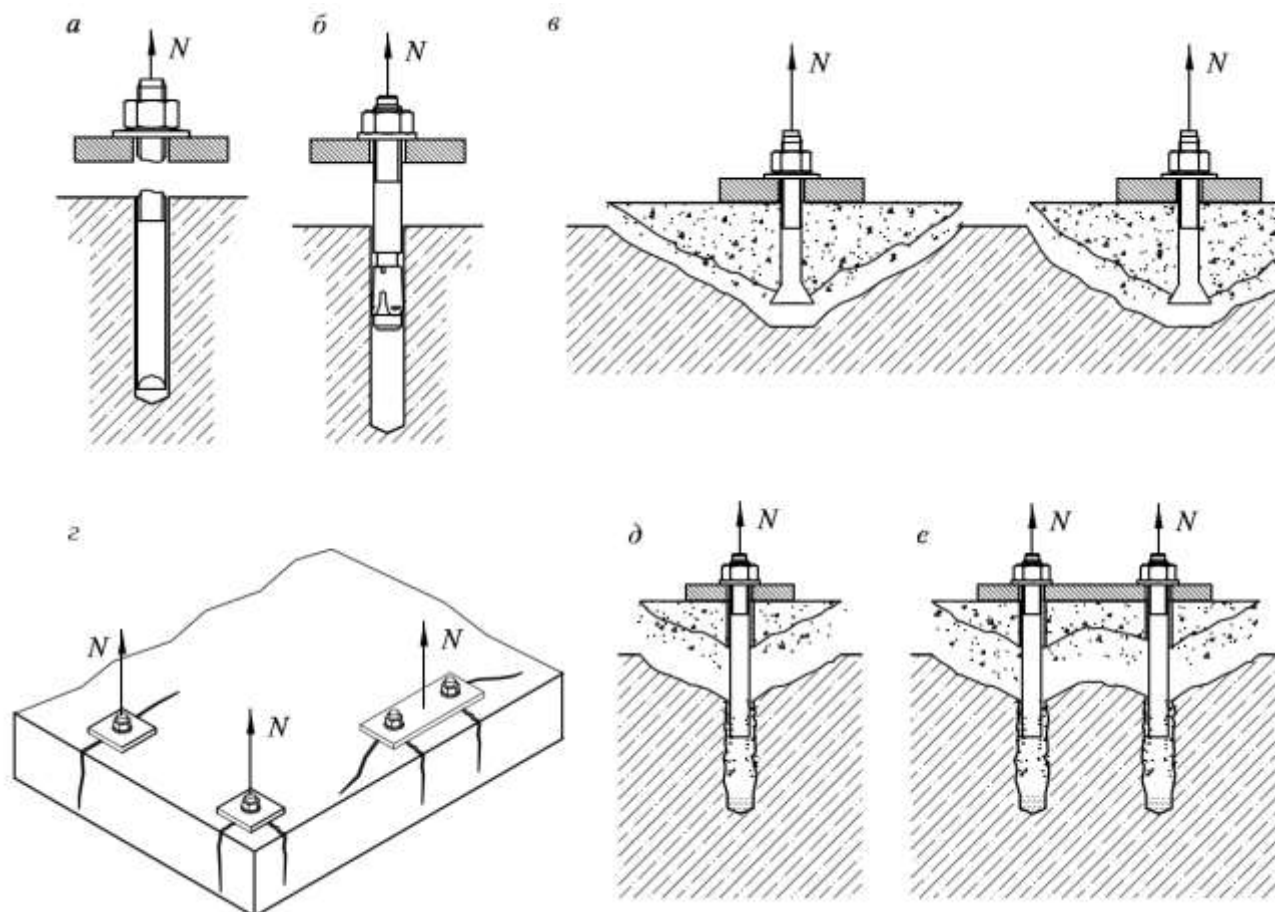
б) опорная пластина крепежной детали должна прилегать к бетону основания, без какого-либо промежуточного слоя или с выравнивающим слоем раствора прочностью на сжатие не ниже 30МПа толщиной не более  $d/2$  ( $d$  – диаметр анкера или  $d_{nom}$  если усилие передается на гильзу/втулку анкера).

в) диаметр установочных отверстий в опорной пластине крепежной детали не должен превышать величин, установленных в табл. 4.1

## 5 РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ АНКЕРОВ

Расчет анкера следует выполнять, рассматривая все действующие усилия – растяжение и сдвиг, при этом, следует выполнить следующие проверки прочности: разрушение по стальному элементу анкера (по стали), разрушение по контакту с основанием, разрушение от выкалывания бетона основания, комбинированное разрушение по контакту и выкалыванию бетона основания (только для химических анкеров), разрушение от раскалывания основания, разрушение от выкалывания бетона за анкером и откалывания края основания (см. рис. 5.1 – 5.2).

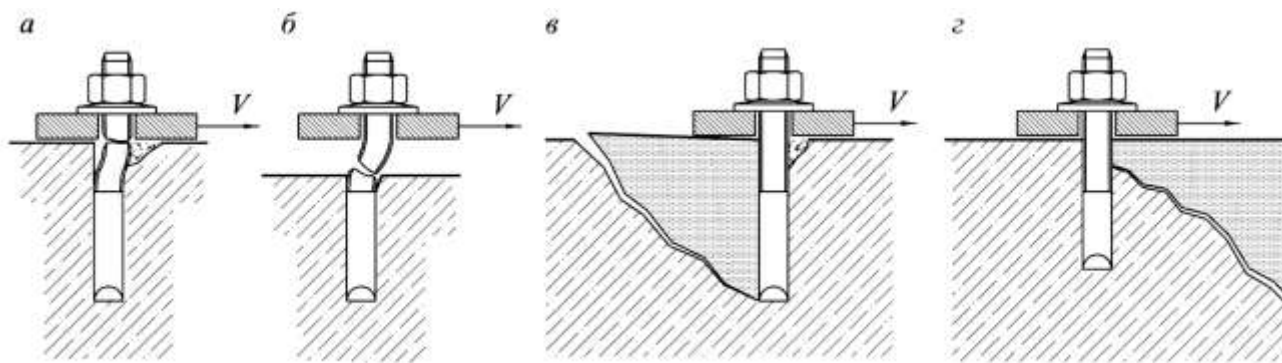
При совместном действии растягивающего и сдвигающего усилия должны выполняться требования по прочности согласно п.5.3.



*a* - разрушение по стали анкера; *б* - разрушение по контакту с основанием; *в* - разрушение от выкалывания бетона основания; *г* - разрушение от раскалывания основания; *д* – комбинированное разрушение по контакту анкера с основанием и выкалыванию бетона основания при одиночном анкере (для химических анкеров); *е* - то же для группы анкеров

**Рисунок 5.1 – Виды разрушения при растяжении анкеров.**





*a* - разрушение по стали анкера без плеча силы; *б* – разрушение по стали анкера с плечом силы *в* - разрушение от выкалывания бетона основания за анкером для одиночного анкера; *г* - разрушение от откалывания края основания.

**Рисунок 5.2 – Виды разрушения при сдвиге анкеров.**

### 5.1. Расчет анкера на действие осевой растягивающей силы

Для обеспечения несущей способности анкеров при действии растягивающей силы должны соблюдаться условия прочности, приведенные в таблицах 5.1, 5.2.

Таблица 5.1. Условия прочности для механических анкеров при растяжении

№ п.п.	Механизм разрушения	Одиночный анкер	Анкерная группа	
1	разрушение по стали (п. 5.1.1)	$N_{sd} \leq N_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$	$N_{sd}^h \leq N_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$	
2	разрушение по контакту с основанием (п.5.1.2)	$N_{sd} \leq N_{Rk,p}/\gamma_{Mp}$	$N_{sd}^h \leq N_{Rk,p}/\gamma_{Mp}$	
3	разрушение от выкалывания бетона основания (п.5.1.3)	$N_{sd} \leq N_{Rk,c}/\gamma_{Mc}$		$N_{sd}^g \leq N_{Rk,c}/\gamma_{Mc}$
4	разрушение от раскалывания основания (п.5.1.4)	$N_{sd} \leq N_{Rk,sp}/\gamma_{Msp}$		$N_{sd}^g \leq N_{Rk,sp}/\gamma_{Msp}$

Таблица 5.2. Условия прочности для химических анкеров при растяжении.

№ п.п.	Механизм разрушения	Одиночный анкер	Анкерная группа	
1	разрушение по стали (п. 5.1.1)	$N_{sd} \leq N_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$	$N^h_{sd} \leq N_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$	
2	разрушение от выкалывания бетона основания (п.5.1.3)	$N_{sd} \leq N_{Rk,c}/\gamma_{Mc}$		$N^g_{sd} \leq N_{Rk,c}/\gamma_{Mc}$
3	комбинированное разрушение по контакту анкера с основанием и выкалыванию бетона основания (п.5.1.5)	$N_{sd} \leq N_{Rk,p}/\gamma_{Mp}$		$N^g_{sd} \leq N_{Rk,p}/\gamma_{Mp}$
4	разрушение от раскалывания основания (п.5.1.4)	$N_{sd} \leq N_{Rk,sp}/\gamma_{Msp}$		$N^g_{sd} \leq N_{Rk,sp}/\gamma_{Msp}$

Обозначения, принятые в табл. 5.1-5.2:

$N_{sd}$  – расчетное значение растягивающей силы, действующей на анкер;

$N^h_{sd}$  – расчетное значение растягивающей силы, действующей на наиболее нагруженный анкер в анкерной группе;

$N^g_{sd}$  – расчетное значение растягивающей силы, действующей на анкерную группу;

$N_{Rk}$  – нормативное значение силы сопротивления анкера при растяжении в зависимости от механизма разрушения (см. п. 5.1.1-5.1.5);

$\gamma_M$  – коэффициенты надежности, в зависимости от механизма разрушения (см. п. 5.1.1-5.1.5).

### 5.1.1. Разрушение по стали

5.1.1.1 Нормативное значение силы сопротивления анкера при разрушении по стали  $N_{Rk,s}$  следует принимать в зависимости от типа и марки анкера по ТС.

Примечание – в общем случае нормативная сила сопротивления анкера по стали при растяжении определяется как произведение нормативного сопротивления стали растяжению на расчетную площадь поперечного сечения наиболее нагруженного конструктивного элемента анкера.

5.1.1.2 Коэффициент надежности при разрушении по стали  $\gamma_{M,s}$  принимается по ТС в зависимости от типа и марки анкера.

### 5.1.2. Разрушение по контакту анкера с основанием

5.1.2.1 Механизм разрушения по контакту с основанием предусмотрен только для механических анкеров.

5.1.2.2 Нормативное значение силы сопротивления анкера по контакту с основанием  $N_{Rk,p}$  следует принимать по ТС в зависимости от типа и марки анкера, а также состояния основания для которого предназначен анкер (с трещинами, без трещин).

5.1.2.3 Для основания из бетона класса выше В25 величину силы сопротивления анкера по контакту с основанием  $N_{Rk,p}$  следует умножать на коэффициент  $\psi_c$ , определяемый по формуле:

$$\psi_c = \sqrt{\frac{B}{25}}, \quad (5.1)$$

где  $B$  – численное значение класса бетона по прочности на сжатие в МПа, но не более 60.

5.1.2.4 Коэффициент надежности при разрушении по контакту с основанием  $\gamma_{Mp}$  принимается по ТС в зависимости от типа и марки анкера.

### 5.1.3. Разрушение от выкалывания бетона основания

5.1.3.1 Нормативное значение силы сопротивления для одиночного анкера или анкерной группы при разрушении от выкалывания бетона основания  $N_{Rk,c}$  следует определять по формуле:

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N}, \quad (5.2)$$

где  $N_{Rk,c}^0$  – номинальная сила сопротивления анкера при разрушении от выкалывания бетона основания определяется по формуле:

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{R_{b,n}} \cdot h_{ef}^{1.5}, \quad (5.3)$$

здесь:

$N_{Rk,c}^0$  – в Ньютонах;

$R_{b,n}$  – нормативное сопротивление бетона сжатию, в МПа;

$h_{ef}$  – эффективная глубина анкеровки, в мм – принимается по Приложению А в зависимости от типа и марки анкера.

$k_1$  коэффициент, зависящий от состояния основания в зоне анкера принимаемый равным:

8,4 – при возможном образовании трещин в бетоне основания;

11,8 – при отсутствии трещин в бетоне основания;

$\frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0}$  – отношение, учитывающее влияние межосевого расстояния в анкерной группе и расстояние до края основания

$A_{c,N}$  – фактическая площадь основания условной призмы выкалывания, с учетом влияния соседних анкеров (при  $s < s_{cr,N}$ ), а также влияния краевого расположения (при  $c < c_{cr,N}$ ) – см. рис. 5.3. Здесь и далее  $s_{cr,N}$ ,  $c_{cr,N}$  принимаются по п. 5.1.3.2

$A_{c,N}^0$  – номинальная площадь основания условной призмы выкалывания (для одиночного анкера, расположенного на значительном удалении от угла основания и соседнего анкера) вычисляется по формуле:

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N}, \quad (5.4)$$

$\psi_{s,N}$  – коэффициент влияния установки у края основания, вычисляемый по формуле:

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1,0, \quad (5.5)$$

при расположении анкера вблизи от края по нескольким направлениям (угол или торцевой участок основания), величину  $c$  в формуле (5.5) следует принимать наименьшей.

$\psi_{re,N}$  – коэффициент влияния установки в защитный слой густоармированных конструкций, вычисляется по формуле:

$$\psi_{re,N} = 0,5 + \frac{h_{ef}}{200} \leq 1,0, \quad (5.6)$$

здесь  $h_{ef}$  – эффективная глубина анкерования, в мм

при шаге продольной и (или) поперечной арматуры в зоне установки анкера  $s \geq 150$  мм ( $s \geq 100$  мм при диаметре арматуры  $d \leq 10$  мм) следует принимать  $\psi_{re,N} = 1,0$ .

$\psi_{ec,N}$  – коэффициент влияния неравномерного нагружения анкерной группы вычисляется по формуле:

$$\psi_{ec,N} = \left( \frac{1}{1 + 2 \cdot e_{N,1} / s_{cr,N}} \right) \cdot \left( \frac{1}{1 + 2 \cdot e_{N,2} / s_{cr,N}} \right) \leq 1,0, \quad (5.7)$$

где  $e_{N,1}$ ,  $e_{N,2}$  – эксцентриситет растягивающей силы относительно центра тяжести анкерной группы для соответствующего направления (см. п. А.1.1 – Приложения А). Для одиночного анкера  $\psi_{ec,N} = 1,0$ .

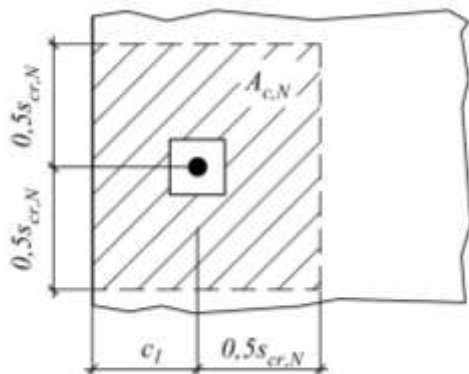
5.1.3.2 Критическое расстояние между анкерами (межосевое)  $s_{cr,N}$ , при котором отсутствует влияние соседних анкеров на прочность одиночного анкера для случая разрушения от выкалывания бетона основания при растяжении, принимается по формуле:

$$s_{cr,N} = 3 \cdot h_{ef} \quad (5.8)$$

Критическое краевое расстояние  $c_{cr,N}$ , при котором отсутствует влияние близкорасположенного края основания на прочность одиночного анкера для случая разрушения от выкалывания бетона основания при растяжении, принимается по формуле:

$$c_{cr,N} = 1,5 \cdot h_{ef} \quad (5.9)$$

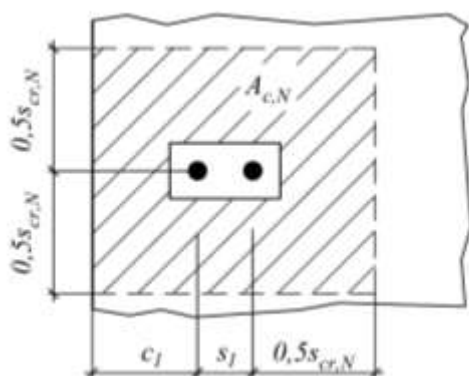
*a*



$$A_{c,N} = (c_1 + 0,5 s_{cr,N}) \cdot s_{cr,N}$$

$$c_1 \leq c_{cr,N} ;$$

*б*

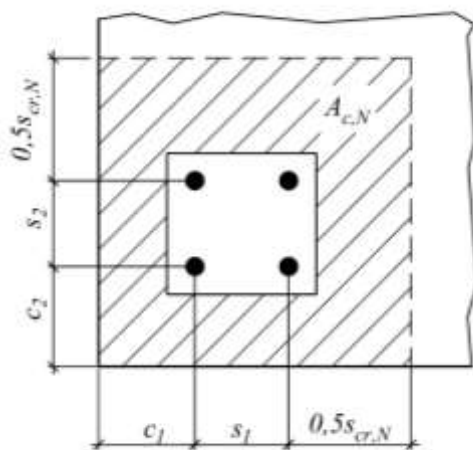


$$A_{c,N} = (c_1 + s_1 + 0,5 s_{cr,N}) \cdot s_{cr,N}$$

$$c_1 \leq c_{cr,N} ;$$

$$s_1 \leq s_{cr,N} ;$$

*в*



$$A_{c,N} = (c_1 + s_1 + 0,5 s_{cr,N}) \cdot (c_2 + s_2 + 0,5 s_{cr,N})$$

$$c_1 \leq c_{cr,N} ; c_2 \leq c_{cr,N} ;$$

$$s_1 \leq s_{cr,N} ; s_2 \leq s_{cr,N} ;$$

- a* – одиночный анкер у края бетонного основания;  
*б* – группа из двух анкеров у края бетонного основания;  
*в* – группа из четырех анкеров в углу бетонного основания;

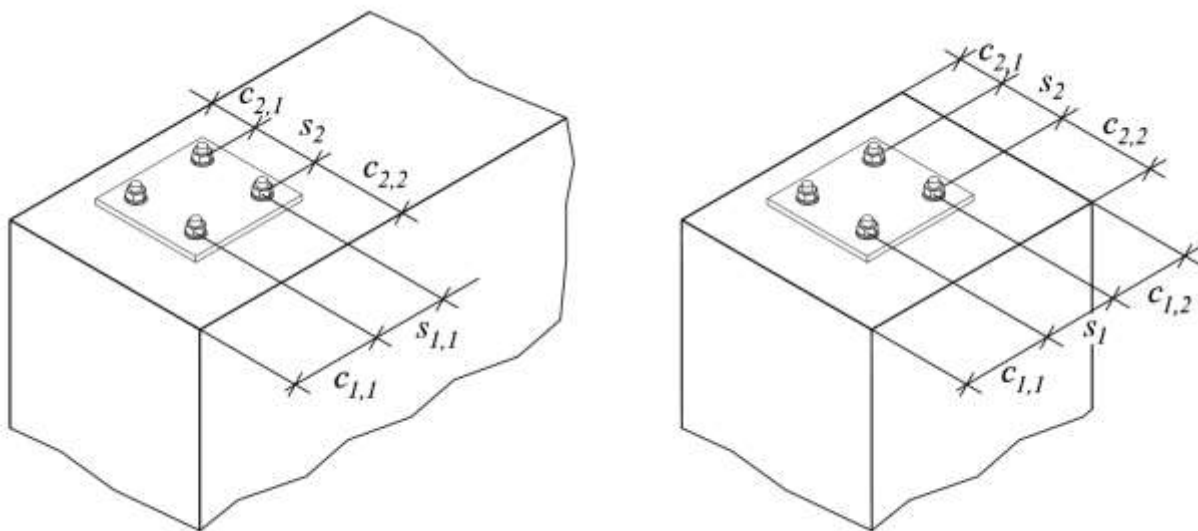
**Рисунок 5.3 - Фактическая площадь основания условной призмы выкалывания для одиночных анкеров и анкерных групп при растяжении.**

5.1.3.3 В случае расположения анкеров в стесненных условиях вблизи от края по трем или четырем направлениям (см. рис. 5.4) расчет по п. 5.1.3.1 допускается выполнять, принимая значения эффективной глубины анкеровки  $h_{ef,red}$  по формуле:

$$h_{ef,red} = \frac{c_{max}}{c_{cr,N}} \cdot h_{ef} = \frac{c_{max}}{1,5} \quad (5.12)$$

где  $c_{max}$  – наибольшее из краевых расстояний (от центра тяжести анкера до края основания) для рассматриваемого анкера или группы

при этом в расчетах по формулам (5.2) – (5.7) следует также использовать скорректированные значения критических расстояний  $s_{cr,N} = 3 \cdot h_{ef,red}$ ;  $c_{cr,N} = 1,5 \cdot h_{ef,red}$



$$c_{max} = \max(c_{1,1}; c_{1,2}; c_{2,1}; c_{2,2}) \quad (c_{1,1}; c_{1,2}; c_{2,1}; c_{2,2}) \leq c_{cr,N}$$

**Рисунок 5.4 – Схема расположения анкеров в стесненных условиях.**

5.1.3.4 Коэффициент надежности при разрушении от выкалывания бетона основания  $\gamma_{Mc}$  принимается по ТС в зависимости от типа и марки анкера.

#### 5.1.4. Разрушение от раскалывания основания

5.1.4.1. Нормативное значение силы сопротивления для одиночного анкера или анкерной группы при разрушении от раскалывания основания следует определять по формуле:

$$N_{Rk,sp} = N_{Rk,c}^{sp} \cdot \psi_{h,sp}, \quad (5.13)$$

где

$N_{Rk,c}^{sp}$  – сила сопротивления, вычисляемая по формуле (5.2) с использованием вместо величин  $s_{cr,N}$ ,  $c_{cr,N}$  критических расстояний  $s_{cr,sp}$ ,  $c_{cr,sp}$

$s_{cr,sp}$  - критическое расстояние между анкерами (межосевое), при котором отсутствует влияние соседних анкеров на прочность одиночного анкера для случая разрушения от раскалывания бетона основания при растяжении

$c_{cr,sp}$  - критическое краевое расстояние для анкера, при котором отсутствует влияние близкорасположенного края основания на прочность одиночного анкера для случая разрушения от раскалывания бетона основания при растяжении

величины  $s_{cr,sp}$ ,  $c_{cr,sp}$  принимаются согласно п.5.1.4.2

$\psi_{h,sp}$  – коэффициент, учитывающий фактическую толщину основания при раскалывании, вычисляемый по формуле:

$$\psi_{h,sp} = \left( \frac{h}{h_{min}} \right)^{2/3} \leq 1,5, \quad (5.14)$$

здесь:

$h$  - фактическая толщина основания

$h_{min}$  - минимальная толщина основания по конструктивным требованиям, принимаемая по ТС.

5.1.4.2. Величины  $s_{cr,sp}$ ,  $c_{cr,sp}$  принимаются для анкеров ТС в зависимости от типа и марки анкера;

5.1.4.3. Допускается не рассматривать разрушение бетонного основания от раскалывания в случаях:

а) если расстояние от анкера до края во всех направлениях  $c \geq c_{cr,sp}$  для одиночного анкера и  $c \geq 1,2 \cdot c_{cr,sp}$  для анкерной группы, при этом толщина элемента основания  $h \geq 2 \cdot h_{ef}$ ;

б) если расчетная ширина раскрытия трещин в основании не превышает 0,3мм при этом раскалывающее усилие в бетоне воспринимается армированием:

- не менее чем на 60% при расчетном значении растягивающей силы в анкере  $N \leq 30 \text{кН}$

- полностью при расчетном значении растягивающей силы в анкере свыше 30кН

Примечание – раскалывающее усилие в основании может быть принято в зависимости от растягивающего усилия в анкере  $N$ :

а) для анкеров с контролем момента затяжки -  $1,5 \cdot N$ ;

б) для анкеров с уширением –  $1,0 \cdot N$ ;

в) для анкеров с контролем перемещения –  $2,0 \cdot N$ ;

г) для химических анкеров –  $0,5 \cdot N$ ;

5.1.4.4. Коэффициент надежности при разрушении от раскалывания основания  $\gamma_{Msp}$  принимается по ТС в зависимости от типа и марки анкера.

### 5.1.5. Комбинированное разрушение по контакту и выкалыванию бетона основания

5.1.5.1. Механизм комбинированного разрушения по контакту анкера с основанием и выкалыванию бетона основания предусмотрен только для химических анкеров

5.1.5.2. Нормативное значение силы сопротивления для одиночного анкера или анкерной группы при комбинированном разрушении по контакту с основанием и выкалыванию бетона основания  $N_{Rk,p}$  следует определять по формуле (5.15)

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_c \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{g,Np}, \quad (5.15)$$

Где  $N_{Rk,p}^0$  - номинальная сила сопротивления анкера при комбинированном разрушении по контакту с основанием и выкалыванию бетона основания определяется по формуле:

$$N_{Rk,p}^0 = \pi \cdot d_{nom} \cdot h_{ef} \cdot \tau_{Rk}, \quad (5.16)$$

здесь:

$\tau_{Rk}$  - нормативное сцепление химического анкера с бетоном В25, принимаемое по ТС, в зависимости от типа анкера, а также состояния основания для которого предназначен анкер – с трещинами ( $\tau_{Rk,rc}$ ), либо без трещин в основании ( $\tau_{Rk,urc}$ );

$h_{ef}$  – эффективная глубина анкеровки

$d_{nom}$  – внешний диаметр анкера или номинальный диаметр арматуры

$h_{ef}$ ,  $d_{nom}$  принимается по ТС, в зависимости от типа и марки анкера.

$\frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0}$  - отношение, учитывающее влияние межосевого расстояния в анкерной группе и расстояние до края основания

$A_{p,N}$  – фактическая площадь основания условной призмы выкалывания, с учетом влияния соседних анкеров (при  $s < s_{cr,Np}$ ), а также влияния краевого расположения (при  $c < c_{cr,Np}$ ). Здесь и далее  $s_{cr,Np}$ ,  $c_{cr,Np}$  принимаются по п. 5.1.5.3

Примечание – правила определения фактической площади основания выкалывания бетона для комбинированного разрушения аналогичны правилам для определения площади выкалывания бетона  $A_{c,N}$  по рис. 5.3 с использованием вместо величин  $s_{cr,N}$ ,  $c_{cr,N}$  критических расстояний  $s_{cr,Np}$ ,  $c_{cr,Np}$

$A_{p,N}^0$  – номинальная площадь основания условной призмы выкалывания (для одиночного анкера, расположенного на значительном удалении от угла основания и соседнего анкера) вычисляется по формуле:

$$A_{p,N}^0 = s_{cr,Np} \cdot s_{cr,Np}, \quad (5.17)$$



$\Psi_c$  – коэффициент, учитывающий фактическую прочность бетона, принимается по ТС, в зависимости от типа анкера, а также от класса бетона основания по прочности на сжатие. Для промежуточных классов значение коэффициента определять интерполяцией. Для бетона класса В25  $\Psi_c = 1,0$ .

$\Psi_{g,Np}$  – коэффициент, учета групповой работы химических анкеров, принимаемый согласно п. 5.1.5.4

коэффициенты  $\Psi_{s,N}$ ,  $\Psi_{re,N}$ ,  $\Psi_{ec,N}$  принимаются по формулам (5.5), (5.6), (5.7) соответственно с использованием вместо величины  $c_{cr,N}$  критического расстояния  $c_{cr,Np}$

5.1.5.3. Критическое расстояние между анкерами (межосевое)  $s_{cr,Np}$ , при котором отсутствует влияние соседних анкеров на прочность одиночного анкера для случая комбинированного разрушения по контакту анкера с основанием и выкалыванию бетона основания при растяжении, следует определять по формуле:

$$s_{cr,Np} = 7,3 \cdot d_{nom} \cdot \sqrt{\tau_{Rk,urc}} \leq 3 \cdot h_{ef}, \quad (5.18)$$

где  $s_{cr,Np}$  - в миллиметрах

$\tau_{Rk,urc}$  - нормативное сцепление химического анкера с бетоном В25 без трещин, Н/мм<sup>2</sup>

$d_{nom}$  – внешний диаметр анкера или номинальный диаметр арматуры, мм

Критическое краевое расстояние  $c_{cr,Np}$ , при котором отсутствует влияние близкорасположенного края основания на прочность одиночного анкера для случая комбинированного разрушения по контакту анкера с основанием и выкалыванию бетона основания при растяжении, принимается по формуле:

$$c_{cr,N} = s_{cr,Np} / 2 \quad (5.19)$$

5.1.5.4. Коэффициент, учета групповой работы химических анкеров  $\Psi_{g,Np}$  вычисляется по формуле:

$$\Psi_{g,Np} = \Psi_{g,Np}^0 - \left( \frac{s}{s_{cr,Np}} \right)^{0,5} \cdot (\Psi_{g,Np}^0 - 1) \geq 1,0, \quad (5.20)$$

где  $\Psi_{g,Np}^0$  – базовый коэффициент, учета групповой работы химических анкеров, вычисляемый по формуле:

$$\Psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left( \frac{d_{nom} \cdot \tau_{Rk} \cdot \Psi_c}{k \cdot \sqrt{h_{ef}} \cdot R_{b,n}} \right)^{1,5} \geq 1,0, \quad (5.21)$$

здесь:

$\Psi_{g,Np}^0$  – безразмерная величина

$\tau_{Rk}$  - нормативное сцепление химического анкера с бетоном В25, принимаемое по ТС, в зависимости от типа анкера и состояния основания для которого предназначен анкер – с трещинами ( $\tau_{Rk,rc}$ ), либо без трещин в основании ( $\tau_{Rk,urc}$ ), в Н/мм<sup>2</sup>

$\Psi_c$  - коэффициент, учитывающий фактическую прочность бетона, принимается по ТС, в зависимости типа анкера и от класса бетона основания по прочности на сжатие. Для промежуточных классов значение коэффициента определять интерполяцией. Для бетона класса В25  $\Psi_c = 1,0$ .

$h_{ef}$  – эффективная глубина анкеровки, в мм

$d_{nom}$  – внешний диаметр анкера или номинальный диаметр арматуры, в мм

$k$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от состояния основания равным:

3,7 - для основания без трещин;

2,7 - для основания с трещинами

$R_{b,n}$  - нормативное сопротивление бетона сжатию, принимается по СП 63.13330 в зависимости от класса бетона на сжатие, в МПа

$n$  – количество анкеров в рассматриваемой анкерной группе (растянутые анкера)

$s$  – шаг анкеров в анкерной группе; при неравномерной расстановке анкеров принимается усредненное значение шага для группы в целом по двум направлениям.

5.1.5.5 Коэффициент надежности при комбинированном разрушении по контакту с основанием и выкалыванию бетона основания  $\gamma_{Mp}$  принимается по ТС в зависимости от типа и марки анкера.

## 5.2. Расчет на сдвиг

Для обеспечения несущей способности анкеров при действии сдвигающей силы должны соблюдаться условия прочности, приведенные в таблице 5.3.

Таблица 5.3. Условия прочности для механических и химических анкеров при сдвиге.

№ п.п.	Механизм разрушения	Одиночный анкер	Анкерная группа	
1	разрушение по стали без плеча силы (п.5.2.1.1)	$V_{sd} \leq V_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$	$V_{sd}^h \leq 0,8 \cdot V_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$	
2	разрушение по стали с плечом силы (п.5.2.1.2)	$V_{sd} \leq V_{Rkm,s}/\gamma_{Ms}$	$V_{sd}^h \leq V_{Rkm,s}/\gamma_{Ms}$	
3	разрушение от выкалывания бетона основания за анкером (п.5.2.2)	$V_{sd} \leq V_{Rk,cp}/\gamma_{Mc}$		$V_{sd}^g \leq V_{Rk,cp}/\gamma_{Mc}$
4	разрушение от откалывания края основания (п.5.2.3)	$V_{sd} \leq V_{Rk,c}/\gamma_{Mc}$		$V_{sd}^g \leq V_{Rk,c}/\gamma_{Mc}$

Обозначения, принятые в табл. 5.3:

$V_{sd}$  – расчетное значение сдвигающей силы, действующей на анкер;

$V_{sd}^h$  – расчетное значение сдвигающей силы, действующей на наиболее нагруженный анкер в анкерной группе

$V_{sd}^g$  – расчетное значение сдвигающей силы, действующей на анкерную группу;

$V_{Rk}$  – нормативное значение силы сопротивления анкера сдвигу в зависимости от механизма разрушения (см. п.5.2.1-п.5.2.3);

$\gamma_M$  – коэффициенты надежности, в зависимости от механизма разрушения (см. п.5.2.1-5.2.3).

### 5.2.1. Разрушение по стали

Проверку прочности анкера на сдвиг следует проводить в зависимости от условий крепления анкера к основанию с учетом или без учета дополнительного момента от плеча сдвигающей силы (см. п.4.13-4.15).

5.2.1.1. Нормативное значение силы сопротивления анкера по стали при сдвиге  $V_{Rk,s}$  без учета плеча силы в зависимости от типа и марки анкера следует принимать по ТС.

Примечание – в общем случае нормативная сила сопротивления анкера по стали при сдвиге определяется как произведение нормативного сопротивления стали при сдвиге на расчетную площадь поперечного сечения наиболее нагруженного конструктивного элемента анкера.

5.2.1.2. Нормативное значение силы сопротивления анкера по стали при сдвиге с учетом плеча силы  $V_{Rkm,s}$  следует определять по следующей формуле:

$$V_{Rkm,s} = \frac{M_{Rk,s}}{l_s}, \quad (5.21)$$

где  $M_{Rk,s}$  – приведенная величина предельного момента анкера по стали с учетом комбинированного воздействия определяется по формуле:

$$M_{Rk,s} = M_{Rk,s}^0 \cdot \left( 1 - \frac{N_{sd}^h}{N_{Rks} / \gamma_{Ms}} \right), \quad (5.22)$$

здесь:

$M_{Rk,s}^0$  - нормативный предельный момент для анкера, принимается по Приложению А в зависимости от типа и марки анкера;

$N_{sd}^h$  - расчетное значение растягивающей силы, действующей на рассматриваемый анкер;

$N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$  – расчетная сила сопротивления анкера по стали при растяжении по п.5.1.1

$l_s$  – расчетная величина плеча силы по п. 4.14

Примечание – в общем случае нормативный предельный момент анкера по стали определяется как произведение нормативного сопротивления стали при растяжении на пластический момент сопротивления поперечного сечения наиболее нагруженного конструктивного элемента анкера.

5.2.1.3. Коэффициент надежности при разрушении по стали с учетом и без учета плеча силы  $\gamma_{M,s}$  принимается по ТС, в зависимости от типа и марки анкера.

## 5.2.2. Разрушение от выкалывания бетона основания за анкером

5.2.2.1 Нормативное значение силы сопротивления для одиночного анкера или анкерной группы при разрушении от выкалывания бетона основания за анкером  $V_{Rk,cp}$  следует определять по формуле:

$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c}, \quad (5.21)$$

где

$N_{Rk,c}$  - нормативное значение силы сопротивления для одиночного анкера или анкерной группы при разрушении от выкалывания бетона основания, определяется по п.5.1.3.1.

$k$  - коэффициент, учитывающий глубину анкеровки, принимается по ТС в зависимости от типа и марки анкера

5.2.2.2 Проверку прочности от выкалывания бетона основания за анкером для анкерной группы в целом проводят только если сдвигающие силы, действуют на анкеры рассматриваемой группы в одном направлении.

Для случаев, когда силы, действующие на анкеры рассматриваемой группы, имеют различное направление, проверка прочности проводится только для каждого анкера в группе по условию (5.22).

$$V_{sd}^h \leq V_{Rk,cp}^h / \gamma_{Mc}, \quad (5.22)$$

где  $V_{sd}^h$  - расчетное усилие в анкере;

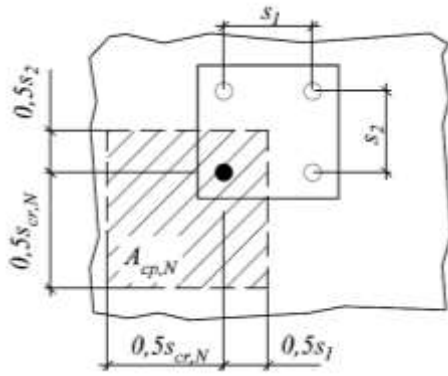
$V_{Rk,cp}^h$  - нормативное значение силы сопротивления для отдельного анкера группы при разрушении от выкалывания бетона основания за анкером, определяется согласно п. 5.2.2.3

Примечание – правила определения расчетных усилий для анкерных групп при сдвиге см. п.А.2. Приложение А.

5.2.2.3 Нормативное значение силы сопротивления для отдельного анкера группы при разрушении от выкалывания бетона основания за анкером  $V_{Rk,cp}^h$  определяется как для одиночного анкера по формуле (5.21) с использованием формулы (5.2), принимая вместо величины  $A_{c,N}$  значение ограниченной соседними анкерами фактической площади основания условной призмы выкалывания  $A_{cp,N}$  (см. рис. 5.5).

5.2.2.4. Коэффициент надежности при разрушении от выкалывания бетона основания за анкером  $\gamma_{Mc}$  принимается по ТС, в зависимости от типа и марки анкера.

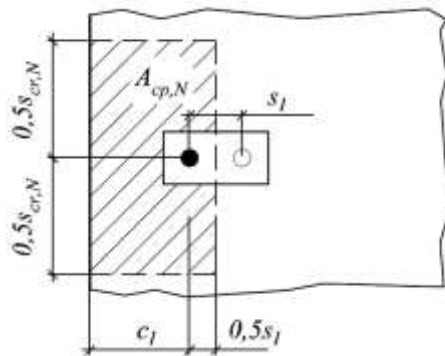
а



$$A_{cp,N} = (0,5s_{cr,N} + 0,5s_1) \cdot (0,5s_{cr,N} + 0,5s_2)$$

$$s_1 \leq s_{cr,N} ; s_2 \leq s_{cr,N} ;$$

б

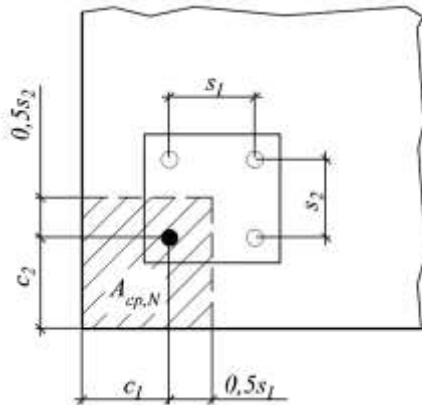


$$A_{cp,N} = (c_1 + 0,5s_1) \cdot s_{cr,N}$$

$$c_1 \leq c_{cr,N} ;$$

$$s_1 \leq s_{cr,N} ;$$

в



$$A_{cp,N} = (c_1 + 0,5s_1) \cdot (c_2 + 0,5s_2)$$

$$c_1 \leq c_{cr,N} ; c_2 \leq c_{cr,N} ;$$

$$s_1 \leq s_{cr,N} ; s_2 \leq s_{cr,N} ;$$

а – анкер в группе вдали от края;

б – анкер в группе из двух анкеров у края бетонного основания;

в – анкер в группе из четырех анкеров в углу бетонного основания;

**Рисунок 5.5 – Ограниченная площадь основания условной призмы выкалывания для отдельного анкера группы при растяжении.**

### 5.2.3. Разрушение от откалывания края основания

5.2.3.1. Нормативное значение силы сопротивления для одиночного анкера или анкерной группы при разрушении от откалывания края основания следует определять по формуле:

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,v}}{A_{c,v}^0} \cdot \psi_{s,v} \cdot \psi_{h,v} \cdot \psi_{a,v} \cdot \psi_{ec,v} \cdot \psi_{re,v}, \quad (5.23)$$

где  $V_{Rk,c}^0$  – номинальная сила сопротивления анкера, расположенного в бетоне с трещиной и без трещины при разрушении от откалывания края бетона основания, вычисляемая по формуле:

$$V_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot (d_{nom})^\alpha \cdot (l_f)^\beta \cdot \sqrt{R_{b,n}} \cdot c_1^{1,5}, \quad (5.24)$$

здесь:  $V_{Rk,c}^0$  в Ньютонах

$k$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от состояния основания равным:

2,8 - для основания без трещин;

2,0 - для основания с трещинами

$d_{nom}$  – внешний диаметр анкера или номинальный диаметр арматуры, в мм;

$l_f$  – приведенная глубина анкеровки при сдвиге, принимается в зависимости от типа и марки анкера по ТС, в мм;

$c_1$  – расстояние от анкера до края основания, в мм;

$R_{b,n}$  – нормативное сопротивление бетона, принимается по СП 63.13330 в зависимости от класса бетона на сжатие, в МПа

$\alpha$  – безразмерный коэффициент, вычисляемый по формуле:

$$\alpha = 0,1 \cdot \left( \frac{l_f}{c_1} \right)^{0,5}, \quad (5.25)$$

$\beta$  – безразмерный коэффициент, вычисляемый по формуле:

$$\beta = 0,1 \cdot \left( \frac{d_{nom}}{c_1} \right)^{0,2}, \quad (5.26)$$

$\frac{A_{c,v}}{A_{c,v}^0}$  – отношение, учитывающее влияние межосевого расстояния в анкерной группе и расстояние до края основания

$A_{c,v}$  – фактическая площадь основания условной призмы выкалывания с учетом влияния соседних анкеров (при  $s \leq 3 \cdot c_1$ ), а также влияния углового расположения анкера (при  $c_2 \leq 1,5 \cdot c_1$ ) и толщины основания (при  $h \leq 1,5 \cdot c_1$ ) - см. рис. 5.6.

$A_{c,V}^0$  – номинальная площадь основания условной призмы выкалывания (для одиночного анкера, расположенного на значительном удалении от угла основания и соседнего анкера) вычисляется по формуле (5.27):

$$A_{c,V}^0 = 3c_1 \cdot 1,5c_1 = 4,5 \cdot c_1^2, \quad (5.27)$$

$\Psi_{s,V}$  – коэффициент влияния установки у края основания, вычисляемый по формуле:

$$\Psi_{s,V} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5 \cdot c_1} \leq 1,0, \quad (5.28)$$

здесь:

$c_1$  – ближайшее расстояние от анкера до края основания в рассматриваемом направлении сдвигающей силы;

$c_2$  – расстояние от анкера до края основания, в перпендикулярном к  $c_1$  направлении (удаление анкера от угла);

$\Psi_{h,V}$  – коэффициент влияния толщины основания, вычисляемый по формуле:

$$\Psi_{h,V} = \sqrt{\frac{1,5 \cdot c_1}{h}} \geq 1,0, \quad (5.29)$$

здесь  $h$  – фактическая толщина основания.

$\Psi_{\alpha,V}$  – коэффициент учета направления сдвигающей силы, вычисляемый по формуле:

$$\Psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_V)^2 + (0,4 \cdot \sin \alpha_V)^2}}, \quad (5.30)$$

здесь:

$\alpha_V$  – угол между сдвигающей силой и перпендикуляром к рассматриваемому краю плиты, принимаемый от 0 до 90°;

Примечание – для сдвигающей силы, направленной в противоположную от края сторону (при  $\alpha_V > 90^\circ$ ) учитывается в расчете только компонента, действующая параллельно краю (см. п. А.2.6. Приложения А).

$\Psi_{ec,V}$  – коэффициент влияния неравномерного нагружения анкерной группы, вычисляемый по формуле:

$$\Psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \frac{e_V}{1,5 \cdot c_1}} \leq 1,0, \quad (5.31)$$

здесь  $e_V$  – эксцентриситет сдвигающей силы, относительно геометрического центра анкерной группы, определяемый согласно п.А.2. Приложения А; Для одиночного анкера  $\Psi_{ec,V} = 1,0$ .

$\Psi_{s,V}$  – коэффициент учета армирования основания, принимаемый равным:

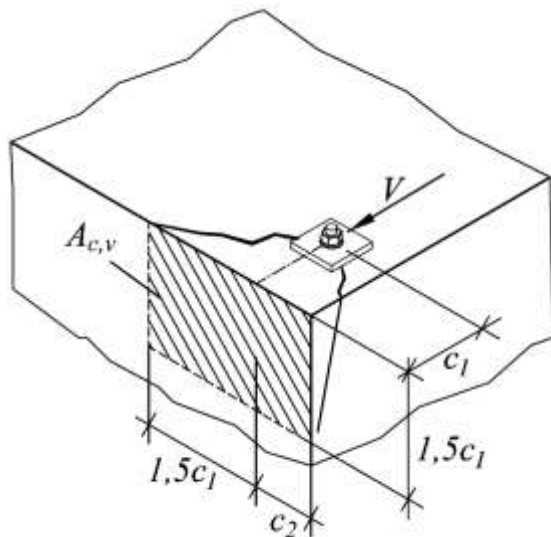
1,0 – при отсутствии у края обрамляющего армирования и хомутов



1,2 – при наличии у края обрамляющего армирования в виде продольных стержней вдоль края  $\varnothing \geq 12\text{мм}$

1,4 – при наличии у края обрамляющего армирования и часто установленных хомутов с шагом  $s \leq 100\text{мм}$

*a*

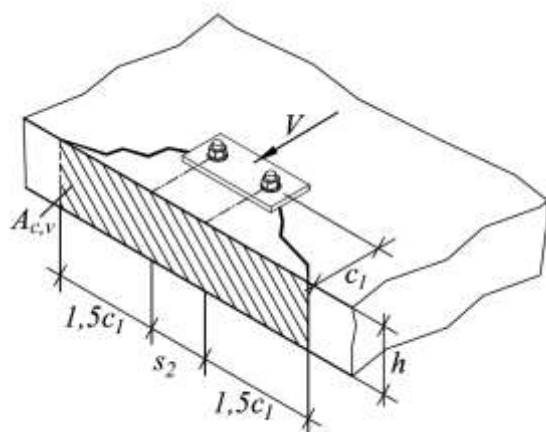


$$A_{c,v} = 1,5 \cdot c_1 \cdot (1,5 \cdot c_1 + c_2)$$

$$h > 1,5c_1 ;$$

$$c_2 \leq 1,5c_1 ;$$

*б*

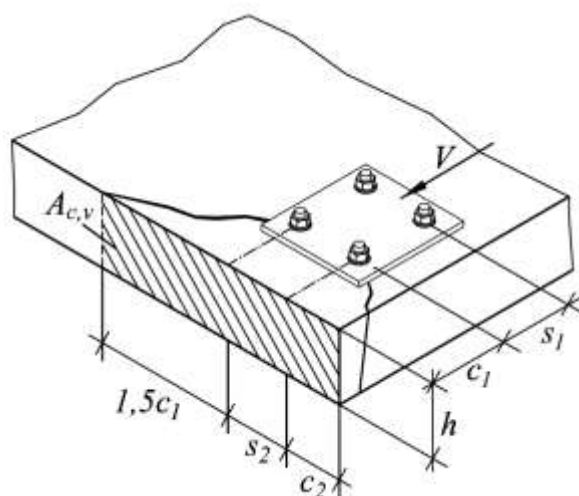


$$A_{c,v} = h \cdot (3 \cdot c_1 + s_2)$$

$$h \leq 1,5c_1 ;$$

$$s_2 \leq 3c_1 ;$$

*в*



$$A_{c,v} = h \cdot (1,5 \cdot c_1 + s_2 + c_2)$$

$$h \leq 1,5c_1 ;$$

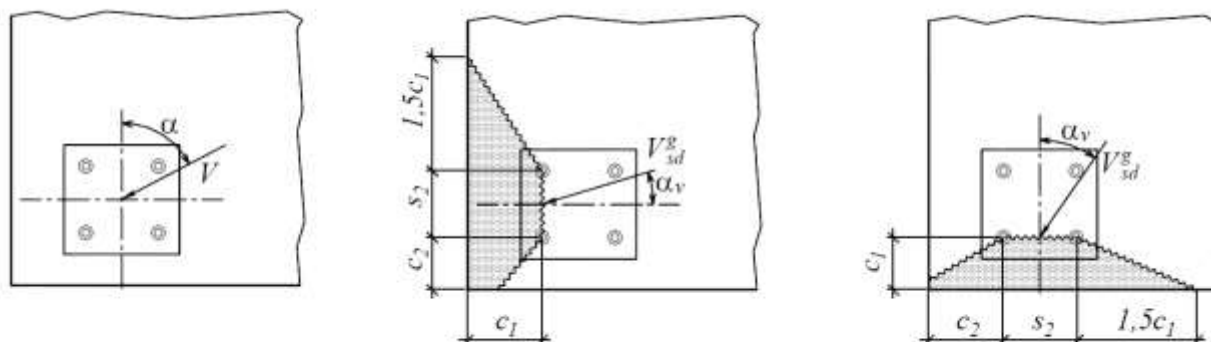
$$s_2 \leq 3c_1 ;$$

$$c_2 \leq 1,5c_1 ;$$

- a* – одиночный анкер в углу бетонного основания;
- б* – группа анкеров у края тонкого бетонного основания;
- в* – группа анкеров у края тонкого бетонного основания;

**Рисунок 5.6- Фактическая площадь основания условной призмы выкалывания для одиночных анкеров и анкерных групп при сдвиге.**

5.2.3.2. Расчет анкеров, расположении вблизи углов, при разрушении от откалывания края основания следует выполнять, рассматривая краевое расположение в двух направлениях независимо (см. рис. 5.7).



**Рисунок 5.7- Расчетные схемы при проверке откалывания края основания вблизи угла.**

5.2.3.3. В случае расположении анкеров в тонком основании ( $h \leq 1,5c_1$ ) в стесненных условиях (вблизи от края по трем направлениям, при  $c_{2,1} \leq 1,5c_1$  и  $c_{2,2} \leq 1,5c_1$  – см. рис. 3.1.б) расчет по п. 5.2.3.1 допускается выполнять, вычисляя фактическую  $A_{c,v}$  и номинальную  $A_{c,v}^0$  площадь основания условной призмы выкалывания с использованием приведенного расстояния до края  $c_{red}$  вместо величины  $c_1$ .

Приведенное расстояние  $c_{red}$  принимают по формуле (5.32), но не менее  $h/1,5$  и не менее  $s_2/3$  для анкерной группы.

$$c_{red} = c_{2,max} / 1,5, \quad (5.32)$$

здесь:  $c_{2,max}$  - наибольшее из расстояний  $c_{2,1}$ ,  $c_{2,2}$  по рис. 3.1(б)

$s_2$ - межосевое расстояние для анкерной группы

$h$  - фактическая толщина основания.

5.2.3.4. Для одиночных анкеров и анкерных групп, установленных вдали от края основания (согласно п.4.4), проверку прочности при разрушении от откалывания края основания допускается не проводить.

5.2.3.5. Коэффициент надежности при разрушении от откалывания края основания  $\gamma_{M,c}$  принимается по ТС, в зависимости от типа и марки анкера.

### 5.3. Расчет анкеров на совместное воздействие растяжения и сдвига

5.3.1. Для обеспечения несущей способности одиночных анкеров и анкерных групп при совместном действии усилий растяжения и сдвига должны соблюдаться условия прочности по формулам (5.33) – (5.35):

$$\beta_N \leq 1,0, \quad (5.33)$$

$$\beta_V \leq 1,0, \quad (5.34)$$

$$\beta_N + \beta_V \leq 1,2, \quad (5.35)$$

где  $\beta_N$  - коэффициент, определяемый как наибольшая величина из отношений расчетных усилий к расчетным силам сопротивления для каждого предусмотренного в разделе 5.1. механизма разрушения при растяжении:

$$\beta_N = \max \left\{ \frac{N_{Sd}}{N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}}; \frac{N_{Sd}}{N_{Rk,p} / \gamma_{Mp}}; \frac{N_{Sd}}{N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}}; \frac{N_{Sd}}{N_{Rk,cp} \cdot /_{Msp}} \right\} \quad (5.36)$$

здесь:

$N_{Sd}$  – расчетные значения растягивающей силы, действующей на анкер или анкерную группу, устанавливаемые при расчетах по п.5.1;

$N_{Rk}$  – нормативные значения силы сопротивления анкера или анкерной группы при растяжении в зависимости от механизма разрушения, устанавливаемые при расчетах по п.5.1;

$\gamma_M$  – коэффициенты надежности, в зависимости от механизма разрушения устанавливаемые при расчетах по п.5.1.

$\beta_V$  - коэффициент, определяемый как наибольшая величина из отношений расчетных усилий к расчетным силам сопротивления для каждого предусмотренного в разделе 5.2. механизма разрушения при сдвиге:

$$\beta_V = \max \left\{ \frac{V_{Sd}}{V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}}; \frac{V_{Sd}}{V_{Rk,cp} / \gamma_{Mc}}; \frac{V_{Sd}}{V_{Rk,c} / \gamma_{Mc}} \right\} \quad (5.37)$$

здесь:

$V_{Sd}$  – расчетные значения сдвигающей силы, действующей на анкер или анкерную группу, устанавливаемые при расчетах по п.5.2;

$V_{Rk}$  – нормативные значения силы сопротивления анкера или анкерной группы при сдвиге в зависимости от механизма разрушения, устанавливаемые при расчетах по п.5.2;

$\gamma_M$  – коэффициенты надежности, в зависимости от механизма разрушения устанавливаемые при расчетах по п.5.2.

Примечание – при определении расчетных величин для вида сдвигового разрушения анкера в составе анкерной группы по стали без плеча силы должен учитываться дополнительный коэффициент условий работы 0,8 (см. табл. 5.3).

#### 5.4. Расчет анкеров на сейсмическое воздействие

5.4.1. Этот раздел определяет дополнительные требования для расчета анкеров, применяемых в сейсмических районах для прикрепления несущих конструктивных элементов, а также не несущих элементов и оборудования.

Раздел распространяется на анкеры устанавливаемые с выравнивающим слоем и без него.

Раздел не предназначен для случаев работы анкеров в условиях многоциклового усталостной и ударной нагрузок.

5.4.2. При расчете несущей способности анкеров (анкерных групп) следует принимать, что анкер установлен в основании с трещиной.

5.4.3. Требования данного стандарта не гарантируют несущую способность анкеров, установленных в зоны с потенциальным образованием дробления и значительного трещинообразования бетона, например в зонах конструкций с потенциальным образованием пластических шарниров.

5.4.4. Перемещение анкеров должны учитываться в случаях, когда крепление несущих и не несущих элементов (оборудования) имеет важное значение или имеет особо опасный характер.

5.4.5. Распределение сил между анкерами в группе должно учитывать жесткость прикрепляемой детали и возможное перераспределение нагрузки других анкеров в группе при работе стали прикрепляемой детали за пределом текучести.

5.4.6. В сейсмических районах, в общем случае, необходимо избегать устройства зазоров между анкером и прикрепляемой деталью. Для малоответственных конструкций и элементов данные требования допускается не выполнять, при этом следует учитывать влияние зазоров на распределение сдвигающих сил в случае анкерных групп. Ослабление гаек и усилия затяжки должно регулироваться.

5.4.7. Расчетные значения сейсмических сил, действующие на элемент, следует определять в соответствии с СП 14.13330.

5.4.8. Коэффициенты надежности по материалам, в зависимости от механизма разрушения, следует принимать в соответствии с данными производителя.

5.4.9. Расчетное значение прочности анкера при сейсмическом воздействии следует вычислять, используя нормативное значение прочности, по формуле:

$$R_{d,seis} = \alpha_{seis} \frac{R_{Rk,seis}}{\gamma_{M,seis}}, \quad (5.38)$$

$\alpha_{eq}$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от механизма разрушения ( $\alpha_{seis} = 0,75$  при разрушении по бетону;  $\alpha_{seis} = 1,0$  при разрушении по стали);

$R_{Rk,seis}$  – нормативное значение прочности анкера, в зависимости от типа и механизма разрушения, определяемое по данным производителя.

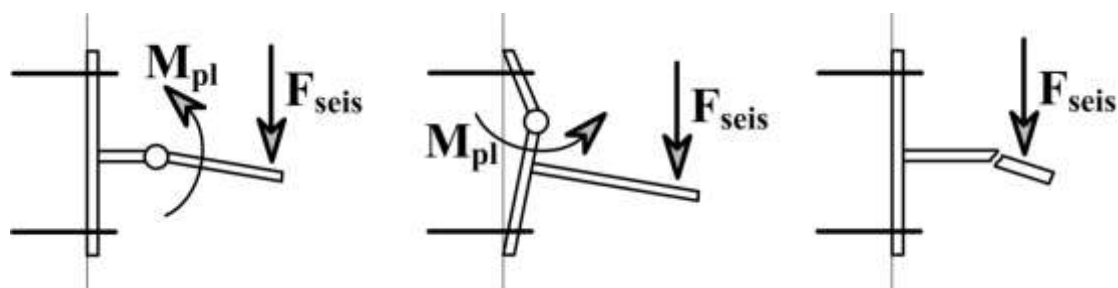
$\gamma_{M,seis}$  – коэффициент надежности анкера при сейсмическом воздействии, принимаемый в зависимости от вида разрушения по данным производителя.

8.4.10. Расчет анкеров на сейсмическое воздействие следует выполнять учитывая следующие положения:

а) анкеры следует рассчитывать на минимальное значение сил, соответствующих:

- предельной силе, соответствующей достижению предела текучести стали прикрепляемой детали (базы детали) (см. рис. 5.6.а и 5.6.б);

- предельной силе, передаваемой от прикрепляемой детали, равной несущей способности прикрепляемой конструкции (см. рис. 5.6.в).



а) достижение предела текучести в присоединяемом элементе; б) достижение предела текучести в базе детали; в) достижение предельной несущей способности присоединяемой конструкции.

Рисунок 5.6 - Сейсмические усилия, передаваемые на анкера

б) Анкеры следует рассчитывать с учетом пластичного разрушения стали. Для обеспечения пластичного разрушения стали должно удовлетворяться следующее выражение:

$$R_{Rk,s,seis} = 0,6 \frac{R_{Rk,conc,seis}}{\gamma_{inst}}, \quad (5.39)$$

$R_{k,conc,seis}$  – нормативное значение прочности анкера при разрушении отличных от разрушения по стали, таких как: разрушение основания по отрыву, разрушение основания от раскалывания, разрушение анкера от сдвига по контакту, разрушение от выкалывания бетона основания за анкером, разрушение от откалывания края основания.

$\gamma_{inst}$  – коэффициент, зависящий от условий установки анкера, принимаемый по ТС.

в) Хрупкое разрушение анкера для крепления неконструктивных элементов допускается, в случае если прочность анкера в 2,5 раза выше, чем действующее сейсмическое усилие (формулу 5.40). Для прикреплений несущих конструкций хрупкое разрушение анкеров не допускается.

$$2,5E_d \leq \alpha_{seis} \frac{R_{Rk,seis}}{\gamma_{M,seis}}, \quad (8.40)$$

8.4.11. Расчет анкеров на комбинированное воздействие растяжение и сдвига на анкер следует выполнять по формуле:

$$\frac{N_{Sd,seis}}{N_{Rd,seis}} + \frac{V_{Sd,seis}}{V_{Rd,seis}} \leq 1 \quad (8.41)$$

При этом, следует учитывать наибольшие значения отношений для различных механизмов разрушения.

## **6 РАСЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРИГОДНОСТИ (ПО ДЕФОРМАЦИЯМ)**

6.1. Расчет анкеров по деформациям проводят с учетом эксплуатационных требований, предъявляемых к прикрепляемым конструктивным элементам и анкерному креплению. При этом учитывают, что линейные и угловые перемещения анкерного крепления обусловлены деформациями анкеров, опорных пластин, а также податливостью и зазорами в соединениях.

6.2. Расчет по деформациям следует производить на действие нагрузок с расчетным значением, соответствующим второй группе предельных состояний.

6.3. Расчет анкеров по деформациям производят из условия:

$$\delta \leq \delta_{ult}, \quad (6.1)$$

где  $\delta$  – перемещение анкера в уровне соединения с опорной пластиной крепежной детали от действия внешней нагрузки.

$\delta_{ult}$  – значение предельно допустимого перемещения, обусловленного только деформациями анкера, устанавливается с учетом расчетных, конструктивных, технологических, и эстетико-психологических требований, предъявляемых к анкерному креплению.

6.3. Расчет по деформациям может проводиться на действие постоянных, временных длительных и кратковременных нагрузок (кратковременное нагружение) или на действие только постоянных и временных длительных нагрузок (длительное нагружение).

6.4. Допускается не проводить расчет анкеров по деформациям из условия (6.1), если деформативность анкерного крепления учтена в расчете прикрепляемой конструкции.

6.5. Перемещения одиночного анкера по направлению действующего в нем растягивающего усилия следует определять для случая кратковременного нагружения по формуле:

$$\delta_{N_{sk},0} = \frac{N_{sk}}{C_{N,0}}, \quad (6.2)$$

для случая длительного нагружения по формуле:

$$\delta_{N_{sk},\infty} = \frac{N_{sk}}{C_{N,\infty}}, \quad (6.3)$$

где  $N_{sk}$  – расчетное усилие в анкере;

$C_{N,0}$  – коэффициент жесткости анкера при растяжении (кратковременный)

$C_{N,\infty}$  – коэффициент жесткости анкера при растяжении (длительный)

коэффициенты  $C_{N,0}$ ,  $C_{N,\infty}$  определяются согласно п. 6.8

6.6. Перемещения одиночного анкера в направлении сдвигающей силы следует определять для случая кратковременного нагружения по формуле:

$$\delta_{V_{sk},0} = \frac{V_{sk}}{C_{V,0}}, \quad (6.4)$$

для случая длительного нагружения по формуле:

$$\delta_{V_{sk},\infty} = \frac{V_{sk}}{C_{V,\infty}}, \quad (6.5)$$

где  $V_{sk}$  – расчетное усилие в анкере;

$C_{V,0}$  – коэффициент жесткости анкера при сдвиге (кратковременный)

$C_{V,\infty}$  – коэффициент жесткости анкера при сдвиге (длительный)

коэффициенты  $C_{V,0}$ ,  $C_{V,\infty}$  определяются согласно п. 6.9

6.7. В случае комбинированного действия растягивающей и сдвигающей силы результирующее перемещение следует вычислять, учитывая компоненты перемещения в обоих направлениях согласно правил сложения векторов, по формуле:

$$\delta = \sqrt{\delta_{N_{sk},0(\infty)}^2 + \delta_{V_{sk},0(\infty)}^2}, \quad (6.6)$$

6.8. Коэффициенты жесткости анкера при растяжении  $C_{N,0}$ ,  $C_{N,\infty}$  принимаются в общем случае по формуле:

$$C_{N,0(\infty)} = \frac{N}{\delta_{N,0(\infty)}}, \quad (6.7)$$

где  $N$  – контрольное значение силы на анкер;

$\delta_{N,0}$  – перемещения анкера вдоль оси, от действия кратковременных растягивающих сил;

$\delta_{N,\infty}$  – перемещения анкера вдоль оси, от действия длительных растягивающих сил;

Для химических анкеров с переменной глубиной заделки жесткость анкеров определяется по формуле:

$$C_{N,0(\infty)} = \frac{\pi \cdot d_{nom} \cdot h_{ef}}{c_{N,0(\infty)}}, \quad (6.8)$$

где  $c_{N,0}$  – коэффициент податливости анкера при действии кратковременных растягивающих сил;

$c_{N,\infty}$  – коэффициент податливости анкера при действии длительных растягивающих сил;

$d_{nom}$  – внешний диаметр анкера или номинальный диаметр арматуры;

$h_{ef}$  – эффективная глубина анкеровки;

все указанные выше величины принимаются по ТС, в зависимости от типа и марки анкера, а также состояния основания, для которого предназначен анкер;

6.9. Коэффициенты жесткости анкера при сдвиге принимаются в общем случае по формуле:

$$C_{V,0(\infty)} = \frac{V}{\delta_{V,0(\infty)}}, \quad (6.9)$$

где  $V$  – контрольное значение силы на анкер

$\delta_{V,0}$  – перемещения анкера поперек оси, от действия кратковременных сдвигающих сил

$\delta_{V,\infty}$  – перемещения анкера поперек оси, от действия длительно действующих сдвигающих сил

все указанные выше величины принимаются по ТС, в зависимости от типа и марки анкера;



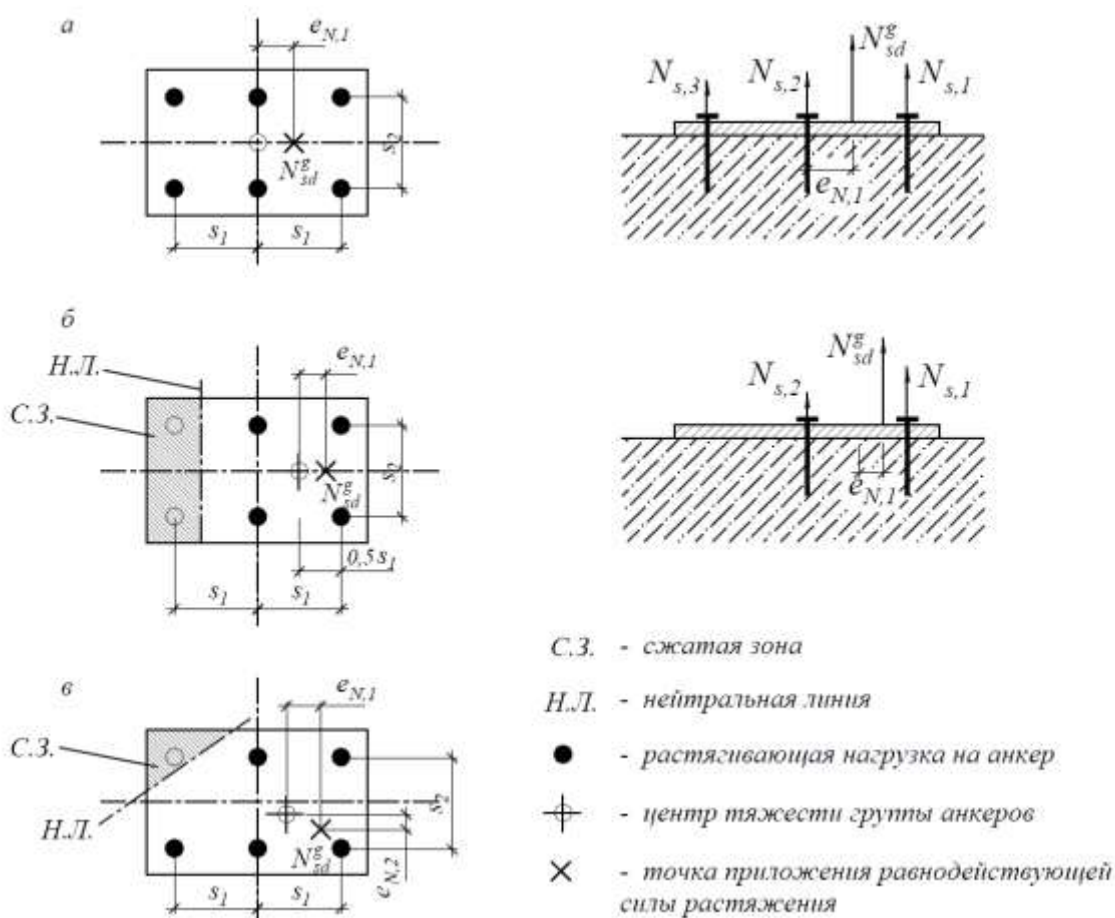
Примечание – жесткость анкеров на сдвиг, учитывает только упругие деформации анкера, определяется без учета податливости монтажных соединений и зазоров в отверстиях. Дополнительные деформации, связанные с податливостью, следует учитывать отдельно

## Приложение А (Обязательное)

### Определение расчетных усилий для анкеров в группе

#### А.1. Определение расчетных усилий для анкеров в группе при растяжении

А.1.1. Для расчета анкеров в группе определяется расчетное значение растягивающей силы в наиболее нагруженном анкере группы  $N_{sd}^h$ , а также значение суммарной силы  $N_{sd}^g$ , действующей на группу анкеров, и ее эксцентриситет  $e_{N,1}$ ,  $e_{N,2}$  относительно центра тяжести анкерной группы. При этом в рассматриваемую анкерную группу включают только растянутые анкера (см. рис. А.1).



$$N_{sd}^g = \sum N_{s,i} \quad N_{sd}^h = N_{s,1}$$

- а – эксцентриситет в одном направлении, все анкера растянуты;
- б - эксцентриситет в одном направлении, растяжение только для части анкеров;
- в – эксцентриситет в двух направлениях, растяжение только для части анкеров;

**Рисунок А.1 - Примеры распределения растягивающих усилий в анкерной группе.**

А.1.2. Расчет узла анкерного крепления следует проводить для сечения, проходящего по контакту основания и опорной плиты. Расчет следует выполнять методом конечных элементов или упрощенными методами, обеспечивающими приемлемую инженерную точность результатов.

А.1.3. Допускается распределение расчетных усилий на каждый анкер в группе при растяжении устанавливать из упругого расчета узла анкерного крепления с учетом следующих условий:

- а) опорная плита крепежной детали является абсолютно жесткой согласно п. А.1.5;
- б) работа анкеров на сжатие не учитывается за исключением случая монтажа опорной плиты с зазором к основанию;
- в) деформации и напряжения сжатия в основании распределяются по линейному закону (треугольная эпюра  $N_b = 0,5 \cdot b \cdot x \cdot E_b \cdot \varepsilon_b$ ); Максимальные напряжения бетона основания не должны превышать расчетного сопротивления бетона.
- г) модуль упругости и расчетное сопротивление бетона основания принимается по СП 63.13330
- д) связь между усилиями и относительными деформациями анкера принимают линейной по формуле (А.1) или с учетом фактической жесткости и податливости анкера по формуле (А.2):

$$N_{s,i} = E_s \cdot A_s \cdot \varepsilon_{s,i}; \quad (\text{А.1})$$

$$N_{s,i} = EA_s \cdot \varepsilon_{s,i}, \quad (\text{А.2})$$

где:  $E_s$  – модуль упругости стали,  $2 \cdot 10^5$  МПа;

$A_s$  – площадь сечения анкера ( $A_s = \pi d^2 / 4$ );

$\varepsilon_{s,i}$  – относительные деформации анкера;

$EA_s$  – жесткость анкера принимается по формуле:

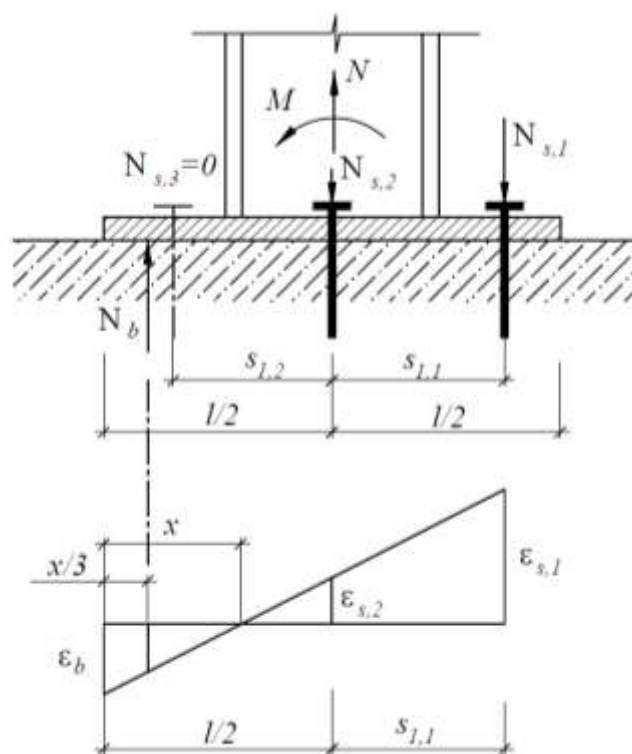
$$EA_s = C_N \cdot h_{ef}, \quad (\text{А.3})$$

здесь:  $C_N$  – коэффициент жесткости анкера при растяжении (кН/м) – принимается согласно п.6.8 настоящего стандарта;

$h_{ef}$  – эффективная глубина анкера принимается в зависимости от типа и марки анкера.

Жесткость всех анкеров в группе принимается одинаковой.

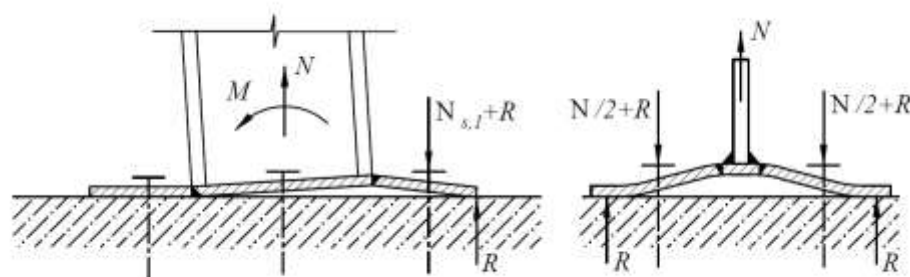
А.1.4. Усилия в анкерах в общем случае определяются из условий равновесия внешних и внутренних усилий в узле анкерного крепления и уравнений, определяющих распределение деформаций в расчетном сечении. Примеры распределения деформаций в расчетном сечении представлены на рис. А.2.



**Рисунок А.2 - Схемы усилий и деформаций в расчетном сечении анкерного крепления**

А.1.5. Опорная плита крепежной детали принимается абсолютно жесткой, если максимальные напряжения в ней не превышают расчетного сопротивления стали согласно СП 16.13330.

А.1.6 Если опорная плита крепежной детали не является достаточно жесткой ее гибкость следует учитывать при определении усилий в группе анкеров (см. рис. А.3).



**Рисунок А.3 – Схема возникновения дополнительных усилий для гибких опорных плит**

## А.2 Определение расчетных усилий для анкеров в группе при сдвиге

А.2.1. Для расчета анкеров в группе определяется расчетное значение сдвигающей силы в наиболее нагруженном анкере группы  $V_{sd}^h$ , а также значение суммарной силы  $V_{sd}^g$ , действующей на группу анкеров, ее эксцентриситет относительно центра тяжести анкерной группы и угол, соответствующий направлению силы  $V_{sd}^g$ .

А.2.2. В рассматриваемую анкерную группу, для которой вычисляется суммарная сила  $V_{sd}^g$ , включают только нагруженные анкера согласно указаниям п. А.2.3.

А.2.3. Распределение сдвигающих сил между анкерами в группе следует принимать в зависимости от рассматриваемого механизма разрушения и направления сдвигающей силы:

а) для случаев разрушения по стали и выкалыванию бетона за анкером, если отверстия в опорной плите крепежной детали не превышает величин, приведенных в таблице 4.1, распределение сдвигающих сил следует принимать равномерным между всеми анкерами (см. рис. А.4);

б) для случая разрушения от откалывания края основания при действии сдвигающей силы поперек края, усилие или его компоненты следует распределять наиболее невыгодным образом только на крайние анкера (см. рис. А.5).

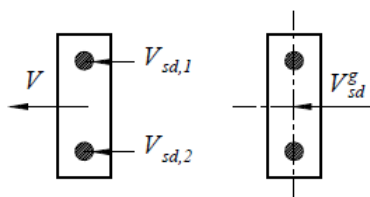
в) для случая разрушения от откалывания края основания при действии сдвигающей силы параллельно краю, усилие или его компоненты следует распределять равномерно на все анкера, при этом в анкерную группу включают только крайние анкера (см. рис. А.5).

А.2.4 Несущая способность при откалывании края основания может быть повышена при исключении передачи сдвига на крайний ряд анкеров. Передача сдвига на анкера может быть исключена путем выполнения овальных отверстий в опорной плите крепежной детали (см. рис. А.5в).

А.2.5 Определение сдвигающих сил в анкерах в составе анкерной группы от совместного действия сдвигающих сил и крутящего момента следует определять по общим правилам, принимая жесткость анкеров в группе равной между собой и из условия равновесия внешних и внутренних сил (см. рис. А.6).

А.2.6 Для случаев разрушения от откалывания края полученные усилия в одиночном анкере или его компоненты, действующие в противоположном от края направлении, не учитываются при определении суммарной силы  $V_{sd}^g$ , действующей на группу анкеров (см. рис. А.7).

а

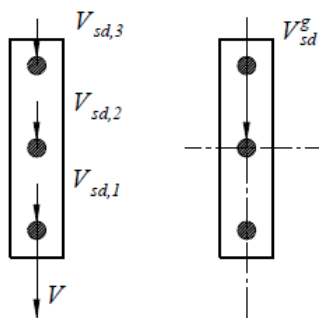


$$V_{sd}^h = V_{sd,1} = V_{sd,2} = V/2;$$

$$V_{sd}^g = V_{sd,1} + V_{sd,2} = V;$$

$$e_v = 0$$

б

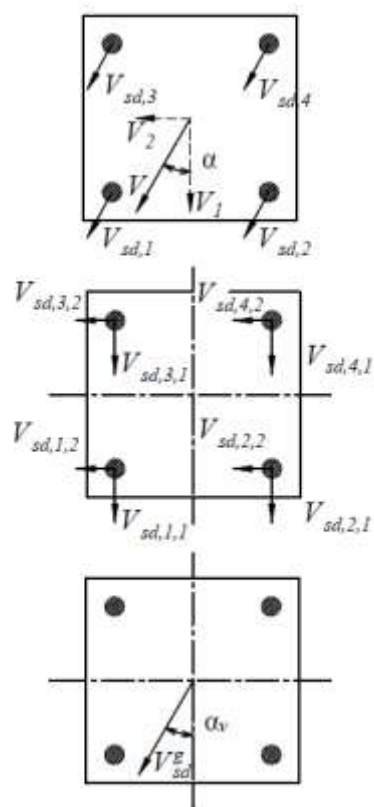


$$V_{sd}^h = V_{sd,1} = V_{sd,2} = V_{sd,3} = V/3;$$

$$V_{sd}^g = V_{sd,1} + V_{sd,2} + V_{sd,3} = V;$$

$$e_v = 0$$

в



$$V_1 = V \cdot \cos \alpha; \quad V_2 = V \cdot \sin \alpha;$$

$$V_{sd,1,1} = V_{sd,2,1} = V_{sd,3,1} = V_{sd,4,1} = V_1/4;$$

$$V_{sd,1,2} = V_{sd,2,2} = V_{sd,3,2} = V_{sd,4,2} = V_2/4;$$

$$V_{sd}^h = V_{sd,1} = V_{sd,2} = V_{sd,3} = V_{sd,4} = V/4;$$

$$V_{sd,1}^g = V_{sd,1,1} + V_{sd,2,1} + V_{sd,3,1} + V_{sd,4,1};$$

$$V_{sd,2}^g = V_{sd,1,2} + V_{sd,2,2} + V_{sd,3,2} + V_{sd,4,2};$$

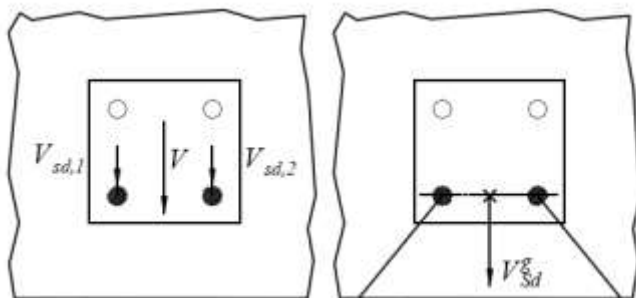
$$V_{sd}^g = [(V_{sd,1}^g)^2 + (V_{sd,2}^g)^2]^{0.5} = V$$

$$\alpha_v = \arctan(V_{sd,2}^g / V_{sd,1}^g) = \alpha;$$

$$e_v = 0$$

**Рисунок А.4 - Примеры равномерного распределения сдвигающих сил в анкерной группе.**

а

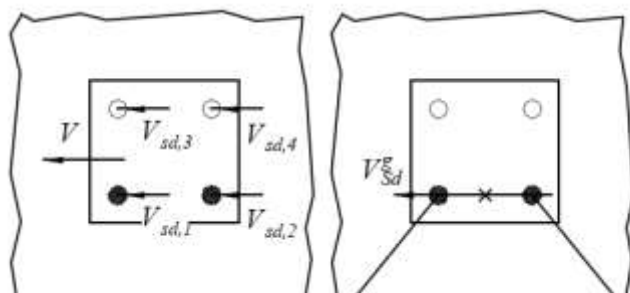


$$V_{sd,1} = V_{sd,2} = V/2;$$

$$V_{sd}^g = V_{sd,1} + V_{sd,2} = V;$$

$$e_v = 0$$

б



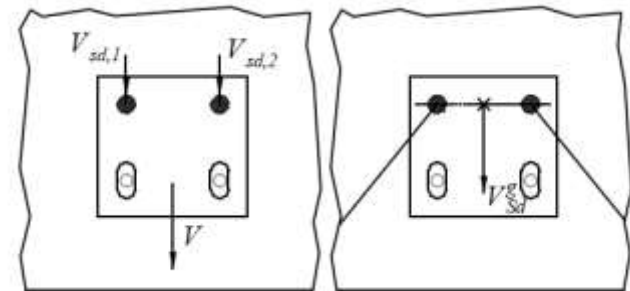
$$V_{sd,1} = V_{sd,2} = V_{sd,3} = V_{sd,4} = V/4;$$

$$V_{sd}^g = V_{sd,1} + V_{sd,2} = V/2;$$

$$e_v = 0;$$

$$\alpha_v = 90^\circ$$

в

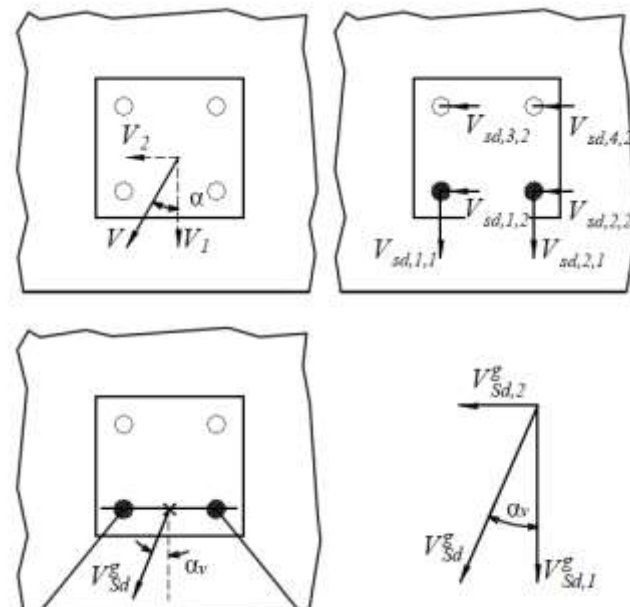


$$V_{sd,1} = V_{sd,2} = V/2;$$

$$V_{sd}^g = V_{sd,1} + V_{sd,2} = V;$$

$$e_v = 0$$

г



$$V_1 = V \cdot \cos \alpha; V_2 = V \cdot \sin \alpha;$$

$$V_{sd,1,1} = V_{sd,2,1} = V_1/2;$$

$$V_{sd,1,2} = V_{sd,2,2} =$$

$$= V_{sd,3,2} = V_{sd,4,2} = V_2/4;$$

$$V_{sd,1}^g = V_{sd,1,1} + V_{sd,2,1} = V_1;$$

$$V_{sd,2}^g = V_{sd,1,2} + V_{sd,2,2} = V_2/2;$$

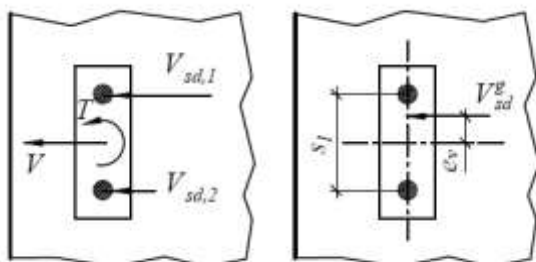
$$V_{sd}^g = [(V_{sd,1}^g)^2 + (V_{sd,2}^g)^2]^{0.5}$$

$$\alpha_v = \arctan(V_{sd,2}^g/V_{sd,1}^g);$$

$$e_v = 0$$

**Рисунок А.5 - Примеры распределения сдвигающих сил в анкерной группе для расчетов при откалывании края основания.**

а



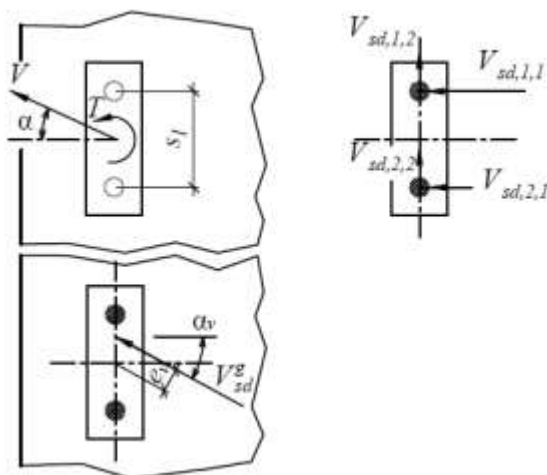
$$V_{sd,1} = V/2 + T/s_1;$$

$$V_{sd,2} = V/2 - T/s_1;$$

$$V_{sd}^g = V_{sd,1} + V_{sd,2} = V;$$

$$e_v = T / V_{sd}^g$$

б



$$V_1 = V \cdot \cos \alpha; \quad V_2 = V \cdot \sin \alpha;$$

$$V_{sd,1,1} = V_1/2 + T/s_1;$$

$$V_{sd,2,1} = V_1/2 - T/s_1;$$

$$V_{sd,1,2} = V_{sd,2,2} = V_2/2;$$

$$V_{sd,1}^g = V_{sd,1,1} + V_{sd,2,1} = V_1;$$

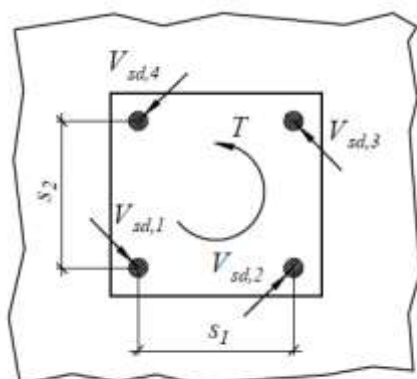
$$V_{sd,2}^g = V_{sd,1,2} + V_{sd,2,2} = V_2;$$

$$V_{sd}^g = [(V_{sd,1}^g)^2 + (V_{sd,2}^g)^2]^{0.5} = V$$

$$\alpha_v = \arctan(V_{sd,2}^g / V_{sd,1}^g) = \alpha;$$

$$e_v = T / V_{sd}^g$$

в



$$V_{sd}^h = V_{sd,1} = V_{sd,2} = V_{sd,3} = V_{sd,4} =$$

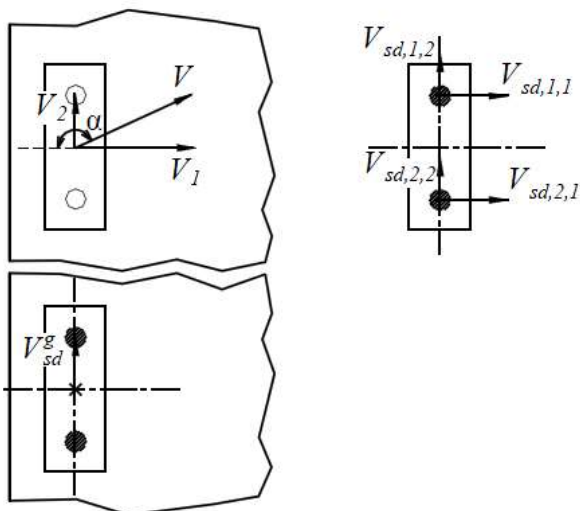
$$= \frac{T}{2 \sqrt{s_1^2 + s_2^2}}$$

$$V_{sd}^g = 0;$$

**Рисунок А.6 - Пример распределения сдвигающих сил в анкерной группе при действии крутящего момента**



а



$$V_1 = V \cdot \cos \alpha; \quad V_2 = V \cdot \sin \alpha;$$

$$\alpha \geq 90^\circ$$

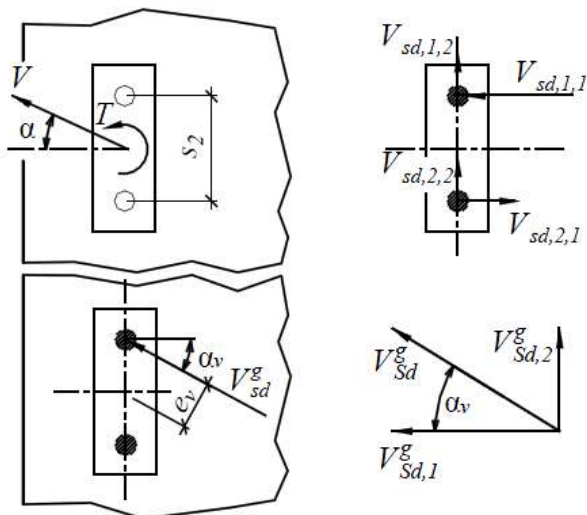
$$V_{sd,1,1} = V_{sd,2,1} = V_1/2 < 0;$$

*( $V_{sd,1,1}, V_{sd,2,1}$  не учитываются в расчете);*

$$V_{sd,1,2} = V_{sd,2,2} = V_2/2;$$

$$V_{sd}^g = V_{sd,1,2} + V_{sd,2,2} = V_2;$$

б



$$V_1 = V \cdot \cos \alpha; \quad V_2 = V \cdot \sin \alpha;$$

$$V_{sd,1,1} = V_1/2 + T/s_1;$$

$$V_{sd,2,1} = V_1/2 - T/s_1 < 0;$$

*( $V_{sd,2,1}$  не учитывается в расчете);*

$$V_{sd,1,2} = V_{sd,2,2} = V_2/2;$$

$$V_{sd,1}^g = V_{sd,1,1};$$

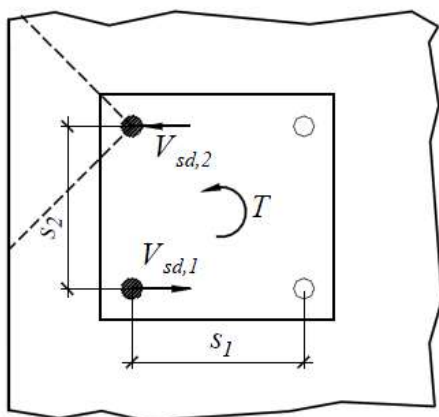
$$V_{sd,2}^g = V_{sd,1,2} + V_{sd,2,2} = V_2;$$

$$V_{sd}^g = [(V_{sd,1}^g)^2 + (V_{sd,2}^g)^2]^{0.5}$$

$$\alpha_v = \arctan(V_{sd,2}^g / V_{sd,1}^g) = \alpha;$$

$$e_v = T / V_{sd}^g$$

в



$$V_{sd,1} = -T/s_2 < 0$$

*( $V_{sd,1}$  не учитывается в расчете);*

$$V_{sd,2} = T/s_2;$$

$$V_{sd} = V_{sd,2}$$

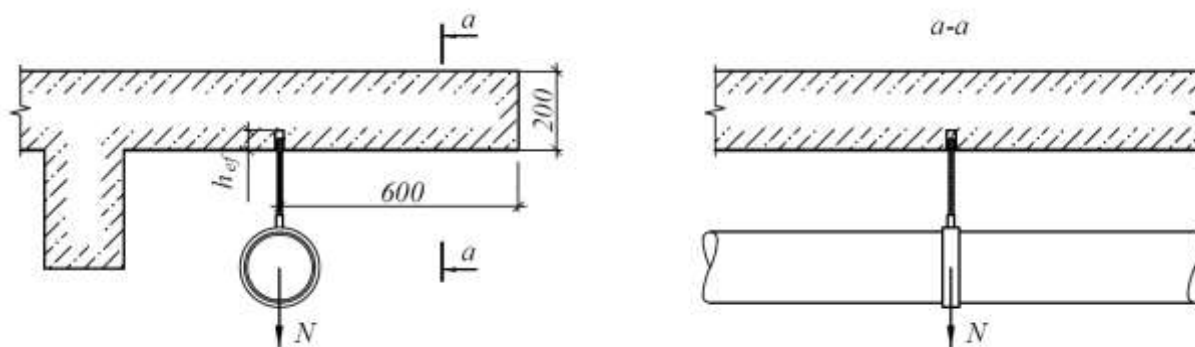
**Рисунок А.7 - Примеры учета направлений сдвигающих сил в анкерной группе для расчетов при откалывании края основания.**

## Приложение Б (Справочное)

### Примеры расчетов

**Пример 1.** Проверить несущую способность анкерного крепления при растяжении (см.рис.Б.1.1).

*Дано: Расчетное усилие, передаваемое на анкерное крепление, от веса коммуникаций  $N=10кН$ . Подвесной элемент крепится в сжатой зоне плиты с помощью анкера HILTI HKD M12x50 с резьбовой шпилькой M12 класса 4.6. Плита толщиной 200мм из тяжелого бетона класса по прочности В30 с армированием в зоне установки анкера  $\varnothing 10A400$  с шагом 200x200мм. Установка анкеров предусмотрена в зону конструкции без трещин.*



**Рисунок Г.1.1 - Пример 1. Схема анкерного крепления.**

#### Б.1.1. Общие положения. Расчетные усилия

Бетонное основание принимается без трещин по условиям установки.

Конструктивные требования к размещению анкеров HKD соблюдены (п.4.3):  
 $h=200мм$ ;  $c_1=600мм$ ;  $h>h_{min}=100мм$ ;  $c_1>c_{min}=175мм$ .

Расчетное значение растягивающей силы, действующей на одиночный анкер, определяется в отсутствии дополнительных эксцентриситетов  $N_{sd}=N=10кН$  (п.4.11)

#### Б.1.2. Проверка прочности при разрушении по стали (п.5.1.1)

Нормативное значение силы сопротивления анкера при разрушении по стали  
 $N_{Rk,s}=33,7кН$

Коэффициент надежности  $\gamma_{Ms} = 2,0$

Условие прочности при разрушении по стали  $N_{sd} \leq N_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$  (поз.1 табл.5.1) - выполнено

$$10кН < 33,7кН/2,0$$

$$10кН < 16,85кН$$

### Б.1.3. Проверка прочности при разрушении по контакту анкера с основанием (п.5.1.2)

Нормативное значение силы сопротивления анкера по контакту с основанием для анкера НКД М12х50 не установлено.

### Б.1.4. Проверка прочности при разрушении от выкалывания бетона основания (п.5.1.3)

Нормативное значение силы сопротивления для одиночного анкера при разрушении от выкалывания бетона основания по формуле (5.2):

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} = 19,6кН \cdot \frac{22500мм^2}{22500мм^2} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 19,6кН$$

$$\text{при } N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{R_{b,n}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 11,8 \cdot \sqrt{22} \cdot 50^{1,5} = 19566Н = 19,6кН$$

$$h_{ef} = 50мм$$

$$R_{b,n} = 22МПа \text{ (по табл.6.7. СП 63.13330.2012 для бетона В30):}$$

$$s_{cr,N} = 3 \cdot h_{ef} = 3 \cdot 50мм = 150мм; \quad c_{cr,N} = 1,5 \cdot h_{ef} = 1,5 \cdot 50мм = 75мм$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} = 150мм \cdot 150мм = 22500мм^2$$

$$A_{c,N} = A_{c,N}^0$$

$$\psi_{s,N} = 1,0 \text{ при } c \geq c_{cr,N}$$

$$\psi_{re,N} = 1,0 \text{ (арматура в зоне установки анкеров расположена с шагом более 150мм)}$$

$$\psi_{ec,N} = 1,0$$

Коэффициент надежности при разрушении от выкалывания бетона основания  $\gamma_{Mc} = 1,5$

Условие прочности при разрушении от выкалывания бетона основания  $N_{sd} \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$  (поз.3 табл.5.1) - выполнено

$$10кН < 19,6кН/1,5$$

$$10кН < 13,0кН$$

### Б.1.5. Проверка прочности при разрушении от раскалывания основания (п.5.1.4)

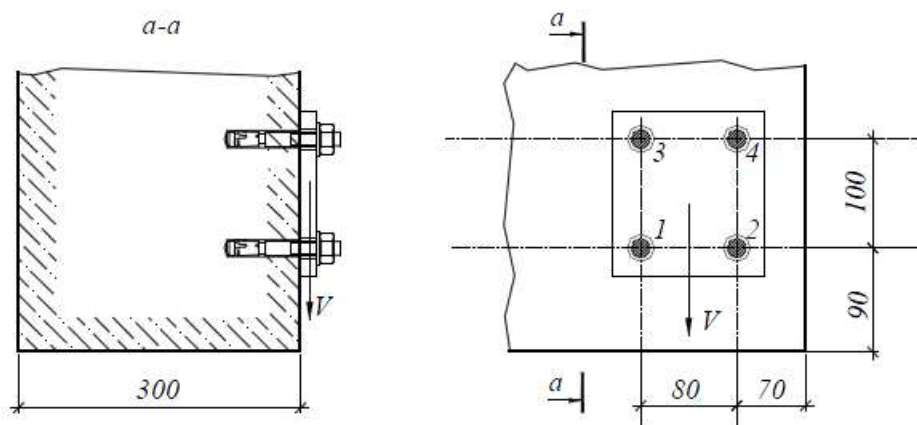
Критическое краевое расстояние для случая разрушения от раскалывания бетона основания при растяжении  $c_{cr,sp} = 175мм$ .

Согласно п.5.1.4.4 проверку прочности при разрушении от раскалывания основания для одиночного анкера при удалении от края  $c \geq c_{cr,sp}$  ( $600мм > 175мм$ ) и толщине основания  $h \geq 2 \cdot h_{ef}$  ( $200мм > 2 \cdot 50мм$ ) допускается не проводить.

*Таким образом, несущая способность анкера при действии растягивающей силы по всем предусмотренным согласно п.5.1 видам проверки прочности обеспечена.*

**Пример 2.** Проверить несущую способность анкерного крепления при сдвиге (см.рис.Б.2.1).

*Дано: Расчетное сдвигающее усилие, передаваемое на анкерное крепление  $V=8кН$ . Крепление осуществляется с помощью четырех анкеров HILTI HSA M12 ( $h_{ном}=79мм$ ) к бетонному основанию толщиной 300мм из тяжелого бетона класса по прочности В25. Установка анкеров предусмотрена в зону конструкции без трещин. Опорная пластина крепежной детали толщиной 15мм с 4 отв.Ø13мм плотно без зазоров прилегает к основанию.*



**Рисунок Г.2.1 - Пример 2. Схема анкерного крепления.**

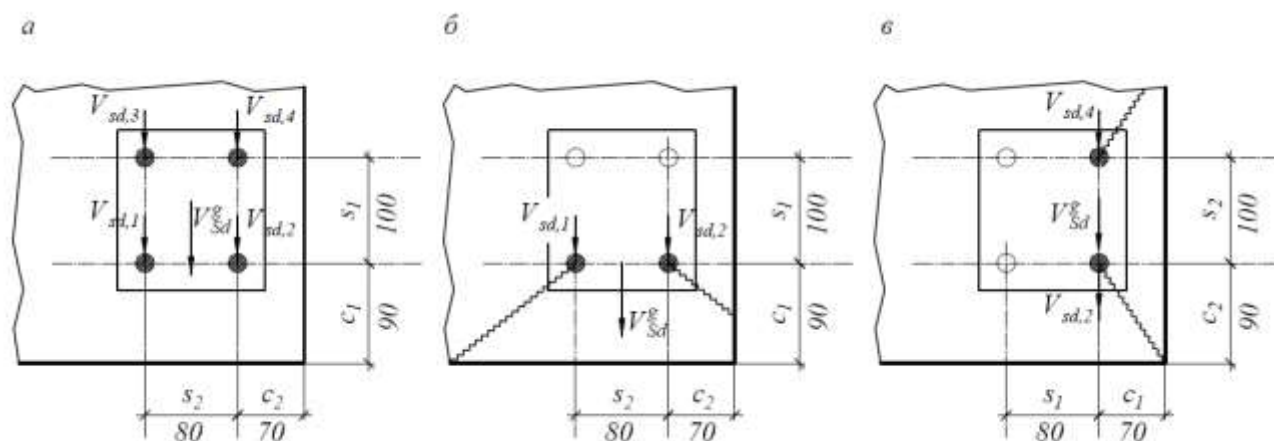
### Г.2.1. Общие положения. Расчетные усилия

Бетонное основание принимается без трещин по условиям установки.

Конструктивные требования к размещению анкеров HSA по табл. Б.1 соблюдены (п.4.3):  $h=300мм$ ;  $c_1=90мм$ ;  $c_2=70мм$ ;  $s_1=100мм$ ,  $s_2=80мм$ ;  $h>h_{мин}=140мм$ ;  $c>c_{мин}=65мм$ ;  
 $s>s_{мин}=70мм$ .

Дополнительные усилия в анкерах от плеча сдвигающей силы не учитываются (п.4.15).

Расчетные усилия для отдельных анкеров и анкерных групп определяются согласно Приложению А (см. рис. Б.2.2). Расчет для случая разрушения от откалывания края основания вблизи угла выполняется для двух направлений: в направлении нижней грани и боковой грани (п. 5.2.3.2).



$$V_{sd}^h = V_{sd,1} = V_{sd,2} = V_{sd,3} = V_{sd,4} = V/4 = 2кН$$

$$V_{sd}^g = \sum V_{sd,i} = 8кН$$

$$V_{sd,1} = V_{sd,2} = V/2 = 4кН$$

$$V_{sd}^g = V_{sd,1} + V_{sd,2} = 8кН$$

$$V_{sd,1} = V_{sd,2} = V_{sd,3} = V_{sd,4} = V/4 = 2кН$$

$$V_{sd}^g = V_{sd,2} + V_{sd,4} = 4кН$$

- а) разрушение по стали и выкалыванию бетона основания за анкером
- б) разрушение от откалывания края основания в направлении нижней грани.
- в) разрушение от откалывания края основания в направлении боковой грани.

**Рисунок Б.2.2 - Пример 2. Распределение расчетных сдвигающих сил в анкерной группе.**

### Б.2.2. Проверка прочности при разрушении по стали (п.5.2.1.1)

Нормативное значение силы сопротивления анкера при разрушении по стали при сдвиге  $V_{Rk,s} = 29,5кН$

Коэффициент надежности  $\gamma_{Ms} = 1,25$

Условие прочности при разрушении по стали  $V_{sd}^h \leq 0,8 \cdot V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$  (поз.1 табл.5.3) - выполнено

$$2кН < 0,8 \cdot 29,5кН / 1,25$$

$$2кН < 18,88кН$$

### Б.2.3 Проверка прочности при разрушении от выкалывания бетона основания за анкером (п.5.2.2)

Сдвигающие силы в пределах группы имеют одно направление, согласно п. 5.2.2.2 проверка прочности выполняется для анкерной группы в целом.

### Б.2.3.1 Определение нормативной силы сопротивления выкалыванию $N_{Rk,c}$ для анкерной группы (п.5.1.3.1)

Нормативное значение силы сопротивления для анкерной группы при разрушении от выкалывания бетона основания по формуле (5.2):

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} = 26,6кН \cdot \frac{71424.мм^2}{38025.мм^2} \cdot 0,91 \cdot 0,825 \cdot 1 = 37,5кН$$

$$\text{при } N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{R_{b,n}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 11,8 \cdot \sqrt{18,5} \cdot 65^{1,5} = 26590Н = 26,6кН$$

$$h_{ef} = 65мм$$

$$R_{b,n} = 18,5МПа \text{ (по табл.6.7. СП 63.13330.2012 для бетона В25)}$$

$$s_{cr,N} = 3 \cdot h_{ef} = 3 \cdot 65мм = 195мм; \quad c_{cr,N} = 1,5 \cdot h_{ef} = 1,5 \cdot 65мм = 98мм$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} = 195мм \cdot 195мм = 38025.мм^2$$

$$A_{c,N} = (70мм + 80мм + 98мм) \cdot (90мм + 100мм + 98мм) = 71424.мм^2 \text{ - см. рис. Б.2.3(а)}$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{70мм}{98мм} = 0,91$$

$$\psi_{re,N} = 0,5 + \frac{65}{200} = 0,825 \text{ (при отсутствии данных по фактическому армированию)}$$

$$\psi_{ec,N} = 1,0$$

### Б.2.3.2 Проверка прочности от выкалывания бетона основания при сдвиге

Нормативное значение силы сопротивления для анкерной группы при разрушении от выкалывания бетона основания за анкером по формуле (5.21):

$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} = 2,0 \cdot 37,5кН = 75кН,$$

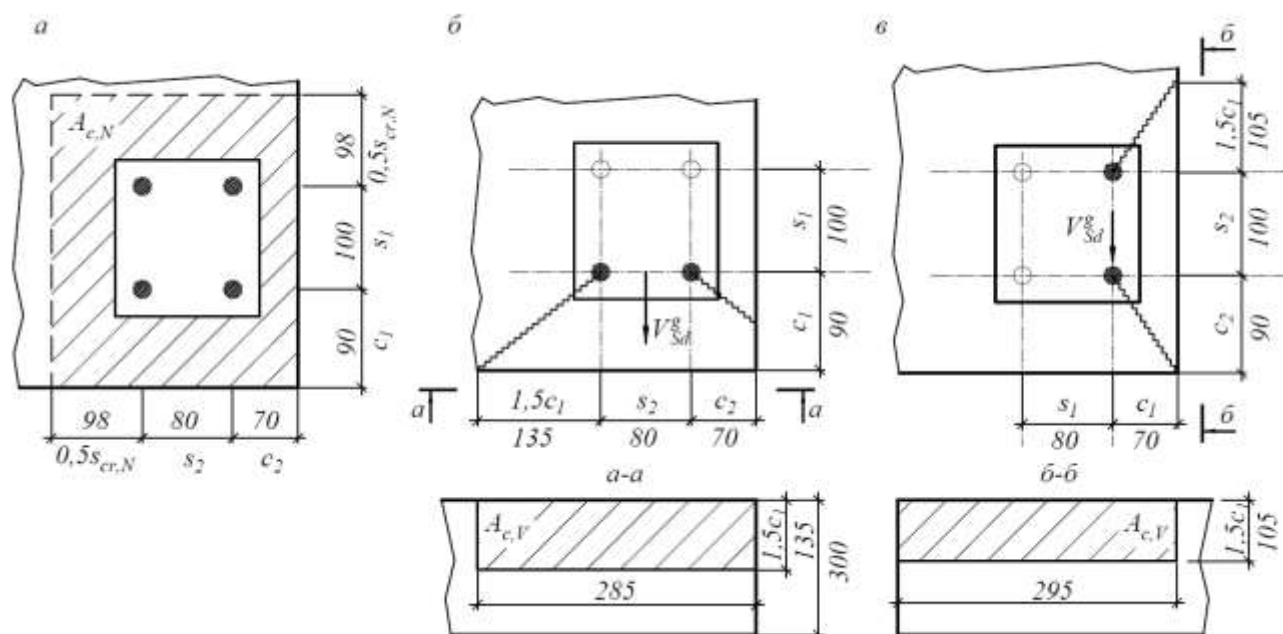
где  $N_{Rk,c}$  – см. п.2.3.1 рассматриваемого примера;  $k=2,0$

Коэффициент надежности при разрушении от выкалывания бетона основания  $\gamma_{Mc}=1,5$

Условие прочности при разрушении от выкалывания бетона основания  $V_{sd}^g \leq V_{Rk,cp}/\gamma_{Mc}$  (поз.3 табл.5.3) - выполнено

$$8кН < 75кН/1,5$$

$$8кН < 50кН$$



а) фактическая площадь  $A_{c,N}$  к расчету выкалывания бетона основания за анкером; б) фактическая площадь  $A_{c,V}$  к расчету при разрушении от откалывания края основания в направлении нижней грани; в) фактическая площадь  $A_{c,V}$  к расчету при разрушении от откалывания края основания в направлении боковой грани.

**Рисунок Б.2.3 - Пример 3. Фактическая площадь основания условной призмы выкалывания.**

#### **Б.2.4. Проверка прочности при разрушении от откалывания края основания (п.5.2.3)**

##### **Б.2.4.1. Разрушение от откалывания края основания в направлении нижней грани**

Рассматривается схема разрушения по рис. Б.2.2(б). Расчетное усилие  $V_{sd}^g = 8\text{кН}$ ,  $\alpha_v = 0^\circ$ ,  $c_1 = 90\text{мм}$ ,  $c_2 = 70\text{мм}$ ,

Нормативное значение силы сопротивления для анкерной группы при разрушении от откалывания края основания по формуле (5.23):

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,v} \cdot \psi_{h,v} \cdot \psi_{\alpha,v} \cdot \psi_{ec,v} \cdot \psi_{re,v} = 16,78\text{кН} \cdot \frac{38475\text{мм}^2}{36450\text{мм}^2} \cdot 0,855 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 15,1\text{кН}$$

при

$$V_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot (d_{nom})^\alpha \cdot (l_f)^\beta \cdot \sqrt{R_{b,n}} \cdot c_1^{1,5} = 2,8 \cdot 12^{0,085} \cdot 65^{0,067} \cdot \sqrt{18,5} \cdot 90^{1,5} = 16781H = 16,78кН$$

$$d_{nom} = 12мм; l_f = 65мм$$

$R_{b,n} = 18,5МПа$  (по табл.6.7. СП 63.13330.2012 для бетона В25);

$$\alpha = 0,1 \cdot \left(\frac{l_f}{c_1}\right)^{0,5} = 0,1 \cdot \left(\frac{65}{90}\right)^{0,5} = 0,085; \quad \beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c_1}\right)^{0,2} = 0,1 \cdot \left(\frac{12}{90}\right)^{0,2} = 0,067$$

$$A_{c,v}^0 = 3c_1 \cdot 1,5c_1 = 4,5 \cdot c_1^2 = 4,5 \cdot (90мм)^2 = 36450мм^2$$

$$A_{c,v} = 1,5 \cdot 90мм \cdot (1,5 \cdot 90мм + 80мм + 70мм) = 38475мм^2 - \text{см. рис. Б.2.3(б)}$$

$$\psi_{s,v} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5 \cdot c_1} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{70мм}{1,5 \cdot 90мм} = 0,855$$

$$\Psi_{h,v} = 1,0 \text{ (при } h > 1,5c_1); \quad \Psi_{\alpha,v} = 1,0 \text{ (при } \alpha_v = 0^\circ); \quad \Psi_{ec,v} = 1,0$$

$\Psi_{s,v} = 1,0$  – при отсутствии данных по фактическому армированию конструкции

Коэффициент надежности при разрушении от откалывания края основания  $\gamma_{Msp} = 1,5$

Условие прочности при разрушении от откалывания края основания в направлении нижней грани  $V_{sd}^s \leq V_{Rk,c} / \gamma_{Msp}$  (поз.4 табл.5.1) - выполнено

$$8кН < 15,1кН/1,5$$

$$8кН < 10кН$$

#### Б.2.4.2. Разрушение от откалывания края основания в направлении боковой грани

Рассматривается схема разрушения по рис. Б.2.2(в). Расчетное усилие  $V_{sd}^s = 4кН$ ,  $\alpha_v = 90^\circ$ ,  $c_1 = 70мм$ ,  $c_2 = 90мм$ ,

Аналогично п.3.4.1. нормативное значение силы сопротивления для анкерной группы при разрушении от откалывания края основания:

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,v}}{A_{c,v}^0} \cdot \psi_{s,v} \cdot \Psi_{h,v} \cdot \Psi_{\alpha,v} \cdot \Psi_{ec,v} \cdot \Psi_{re,v} = 12кН \cdot \frac{30975мм^2}{22050мм^2} \cdot 0,957 \cdot 1,0 \cdot 2,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 40,3кН$$

$$\text{при } V_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot (d_{nom})^\alpha \cdot (l_f)^\beta \cdot \sqrt{R_{b,n}} \cdot c_1^{1,5} = 2,8 \cdot 12^{0,096} \cdot 65^{0,07} \cdot \sqrt{18,5} \cdot 70^{1,5} = 11992H = 12,0кН$$

$$\alpha = 0,1 \cdot \left(\frac{l_f}{c_1}\right)^{0,5} = 0,1 \cdot \left(\frac{65}{70}\right)^{0,5} = 0,096; \quad \beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c_1}\right)^{0,2} = 0,1 \cdot \left(\frac{12}{70}\right)^{0,2} = 0,07$$

$$A_{c,v}^0 = 3c_1 \cdot 1,5c_1 = 4,5 \cdot c_1^2 = 4,5 \cdot (70мм)^2 = 22050мм^2$$

$$A_{c,v} = 1,5 \cdot 70мм \cdot (1,5 \cdot 70мм + 100мм + 90мм) = 30975мм^2 - \text{см. рис. Б.3.3(в)}$$

$$\psi_{s,v} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5 \cdot c_1} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{90мм}{1,5 \cdot 70мм} = 0,957$$



$$\Psi_{h,V} = 1,0 \text{ (при } h > 1,5c_1); \Psi_{ec,V} = 1,0; \Psi_{s,V} = 1,0$$

$$\Psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_V)^2 + (0,4 \cdot \sin \alpha_V)^2}} = \sqrt{\frac{1}{(0,4 \cdot 1)^2}} = 2,5 \text{ (при } \alpha_V = 90^\circ)$$

Условие прочности при разрушении от откалывания края основания в направлении боковой грани  $V_{sd}^s \leq V_{Rk,c} / \gamma_{Msp}$  (поз.4 табл.5.1) - выполнено

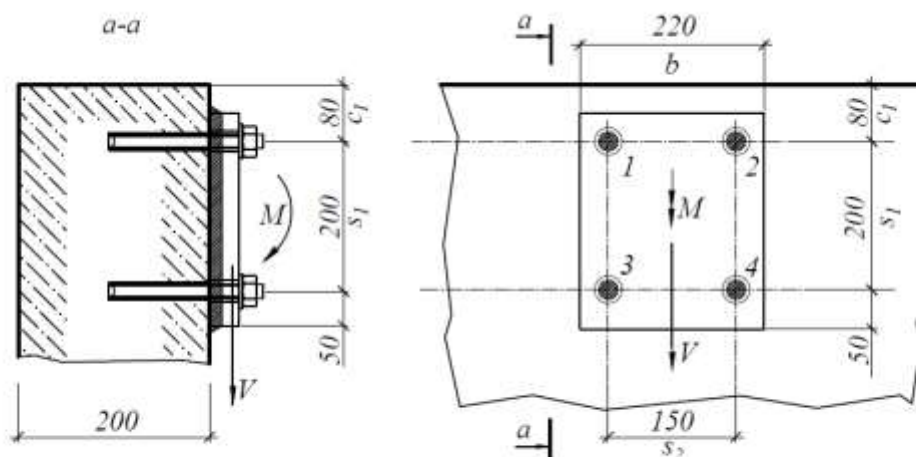
$$4кН < 40,3кН/1,5$$

$$4кН < 26,8кН$$

*Таким образом, несущая способность анкерного крепления при действии сдвигающей силы по всем предусмотренным согласно п.5.2 видам проверки прочности обеспечена.*

**Пример 3.** Проверить несущую способность анкерного крепления при комбинированном действии усилий (см.рис. Б.3.1).

*Дано: Металлическая деталь крепится к верхнему участку железобетонной стены с помощью четырех химических анкеров HILTI HIT-RE 500-SD со шпилькой HAS-5.8 M12 ( $h_{ef}=110$ мм). Стена толщиной 200мм, из тяжелого бетона класса по прочности В30 с армированием  $\varnothing 12A400$  с шагом 200x200мм. Опорная пластина крепежной детали толщиной 20мм с 4 отв. $\varnothing 14$ мм прилегает к основанию с выравнивающим слоем 10мм. Внешние расчетные усилия, действующие в анкерном креплении: сдвигающая сила  $V=4кН$ , изгибающий момент  $M=2кН\cdot м$ . Температурный режим эксплуатации от минус 43 до плюс 40°C.*



**Рисунок Б.3.1 - Пример 3. Схема анкерного крепления.**

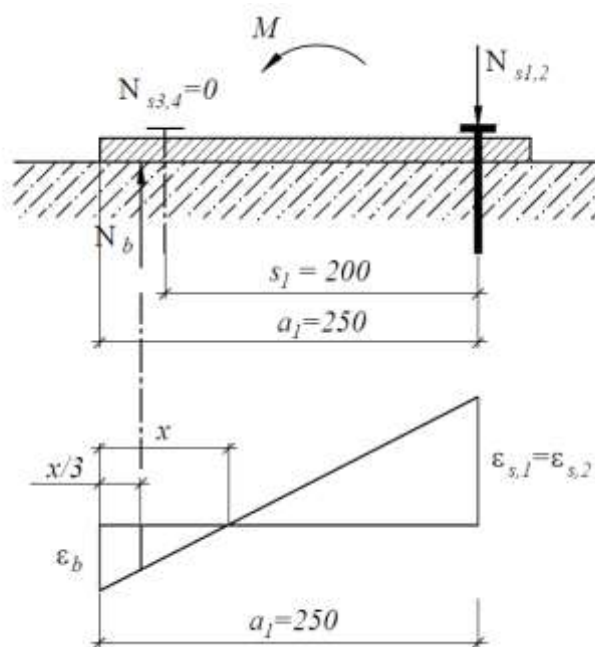
**Б.3.1. Общие положения. Расчетные усилия**

Бетонное основание принимается для общего случая с трещинами

Конструктивные требования к размещению анкеров HILTI HIT RE 500 + HAS M12 соблюдены (п.4.3):  $h=200\text{мм}$ ;  $c_1=80\text{мм}$ ;  $s_2=150\text{мм}$ ;  $h>h_{\min}=140\text{мм}$ ;  $c > c_{\min}=60\text{мм}$ ;  $s > s_{\min}=60\text{мм}$ .

Эксплуатация анкерного крепления осуществляется при температурном режиме I согласно табл. 4.2.

Расчетные усилия для отдельных анкеров и анкерных групп определяются согласно Приложению А. Растягивающие усилия в анкерах определяются согласно п.А.1.4. Расчетная схема усилий, действующих в анкерном креплении при растяжении представлена на рис. Б.3.2.



**Рисунок Б.3.2 - Пример 3. Расчетная схема усилий в анкерном креплении.**

Эпюра напряжений и деформаций в бетоне принята треугольной  $N_b = 0,5 \cdot b \cdot x \cdot E_b \cdot \epsilon_b$ . Модуль упругости и расчетное сопротивление бетона основания согласно СП 63.13330.2012  $E_b = 32000\text{МПа}$ ,  $R_b=17\text{МПа}$ .

Коэффициент жесткости химического анкера при растяжении по формуле (6.8) при  $c_{N0} = 0,05\text{мм/МПа}$  :

$$C_N = C_{N,0} = \frac{\pi \cdot d_{\text{ном}} \cdot h_{\text{ef}}}{c_{N,0}} = \frac{3,14 \cdot 12\text{мм} \cdot 110\text{мм}}{0,05 \cdot \text{мм/МПа}} = 82896 \cdot \text{кН/м}$$

Связь между усилиями и относительными деформациями анкера принята линейной по формуле (А.2):  $N_{s1,2} = EA_a \cdot \varepsilon_{s,1}$ , где  $EA_a^0 = C_N \cdot h_{ef} = 9118кН$  - жесткость одиночного анкера на растяжение согласно п. А.1.3. Для рассматриваемой группы крайних анкеров суммарная жесткость  $EA_a$  принимается удвоенной.

Высота сжатой зоны определяется из условия равновесия внутренних и внешних сил и соотношения относительных деформаций бетона и анкера:

$$\Sigma N=0: \quad N_b - N_{s,1,2} = 0 \rightarrow 0,5 \cdot b \cdot x \cdot E_b \cdot \varepsilon_b - EA_a \cdot \varepsilon_{s,1} = 0; \quad (3.a)$$

$$\Sigma M=0: \quad N_{s,1,2} \cdot (a_1 - x/3) = M; \quad (3.б)$$

$$\varepsilon_{s,1} = \frac{a_1 - x}{x} \cdot \varepsilon_b, \quad (3.в)$$

Высота сжатой зоны определяется из совместного решения уравнений (3.a) и (3.в):

$$\begin{aligned} x &= \frac{\sqrt{EF_a^2 + 2 \cdot E_b \cdot a_1 \cdot b \cdot EF_a} - EF_a}{E_b \cdot b} = \\ &= \frac{\sqrt{(18236кН)^2 + 2 \cdot 32 \frac{кН}{мм^2} \cdot 250мм \cdot 220мм \cdot 18236кН} - 18236кН}{32 \frac{кН}{мм^2} \cdot 220мм} = 33,5мм \end{aligned}$$

Усилие  $N_{s1,2}$  при этом определяется из уравнения равновесия (3.б) как:

$$N_{s1,2} = \frac{M}{(a_1 - x/3)} = \frac{2кН \cdot м}{0,238м} = 8,4кН$$

Максимальные напряжения в бетоне:

$$E_b \varepsilon_b = \frac{N_{s1,2}}{0,5 \cdot b \cdot x} = \frac{8400Н}{0,5 \cdot 220мм \cdot 33,5мм} = 2,28 \frac{Н}{мм^2} < R_b$$

Расчетное значение растягивающей силы для одиночного анкера и анкерной группы (два анкера крайнего ряда) соответственно:

$$N_{sd}^h = N_{s1,2} / 2 = 8,4кН / 2 = 4,2кН; \quad N_{sd}^g = N_{s1,2} = 8,4кН$$

Сдвигающие усилия в анкерах определяются согласно п.В.2.3. Для случая разрушения по стали и выкалыванию бетона за анкером принимается равномерное распределение сдвигающих усилий между четырьмя анкерами:  $V_{sd}^g = V = 4кН$ ,  $V_{sd}^h = V/4 = 1кН$ . Согласно п. А.2.6 суммарное усилие в анкерной группе при расчетах для случая разрушения от откалывания края  $V_{sd}^g = 0$  (сдвигающая сила действует в противоположную от края сторону).

При расчете на сдвиг учитывается возникновение дополнительного плеча сдвигающей силы согласно п.4.13 по формуле (4.1):

$$l_s = \frac{a_3 + e_l}{\alpha_M} = \frac{12\text{мм}/2 + 10\text{мм} + 20\text{мм}/2}{1,0} = 26\text{мм}$$

### Б.3.2. Определение расчетных сил сопротивления при растяжении (п. 5.1)

#### Б.3.2.1. Разрушение по стали (п.5.1.1)

Нормативное значение силы сопротивления анкера при разрушении по стали  $N_{Rk,s} = 38\text{кН}$

Коэффициент надежности  $\gamma_{Ms} = 1,5$

Расчетная сила сопротивления по стали  $N_{Rk,s}/\gamma_{Ms} = 38/1,5 = 25,3\text{кН}$

#### Б.3.2.2. Разрушение от выкалывания бетона основания (п.5.1.3)

Нормативное значение силы сопротивления для анкерной группы из двух крайних анкеров при разрушении от выкалывания бетона основания по формуле (5.2):

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} = 45,45\text{кН} \cdot \frac{117600\text{мм}^2}{108900\text{мм}^2} \cdot 0,845 \cdot 1 \cdot 1 = 41,5\text{кН}$$

при  $N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{R_{b,n}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 8,4 \cdot \sqrt{22} \cdot 110^{1,5} = 45454\text{Н} = 45,45\text{кН}$

$h_{ef} = 110\text{мм}$

$R_{b,n} = 22\text{МПа}$  (по табл.6.7. СП 63.13330.2012 для бетона В30):

$s_{cr,N} = 3 \cdot h_{ef} = 3 \cdot 110\text{мм} = 330\text{мм}$ ;  $c_{cr,N} = 1,5 \cdot h_{ef} = 1,5 \cdot 110\text{мм} = 165\text{мм}$

$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} = 330\text{мм} \cdot 330\text{мм} = 108900\text{мм}^2$

$A_{c,N} = (0,5s_{cr,N} + s_2 + 0,5s_{cr,N}) \cdot (c_1 + 0,5s_{cr,N}) = 117600\text{мм}^2$

$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{80\text{мм}}{165\text{мм}} = 0,845$

$\psi_{re,N} = 1,0$  (арматура в зоне установки анкеров расположена с шагом более 150мм)

$\psi_{ec,N} = 1,0$

Коэффициент надежности при разрушении от выкалывания бетона основания  $\gamma_{Mc} = 1,8$  для анкеров на основе HIT-RE 500 SD

Расчетная сила сопротивления при разрушении от выкалывания бетона основания  $N_{Rk,c}/\gamma_{Mc} = 41,5/1,8 = 23\text{кН}$

#### Б.3.2.3. Комбинированное разрушение по контакту и выкалыванию бетона основания (п.5.1.5)

Нормативное значение силы сопротивления для анкерной группы из двух крайних анкеров при разрушении по контакту с основанием и выкалыванию бетона основания по формуле (5.15):

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_c \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{g,Np} = 31,1кН \cdot \frac{117600мм^2}{108900мм^2} \cdot 1,01 \cdot 0,845 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,06 = 30,4кН$$

при  $N_{Rk,p}^0 = \pi \cdot d_{nom} \cdot h_{ef} \cdot \tau_{Rk} = 3,14 \cdot 12 \cdot 110 \cdot 7,5 = 31086Н = 31,1кН$

$$d_{nom} = 12мм$$

$$\tau_{Rk} = \tau_{Rk,rc} = 7,5Н/мм^2$$

$$\tau_{Rk,urc} = 16Н/мм^2$$

$$s_{cr,Np} = 7,3 \cdot d_{nom} \cdot \sqrt{\tau_{Rk,urc}} = 7,3 \cdot 12 \cdot \sqrt{16} = 350,4мм, \text{ но не более } 3h_{ef} = 330мм$$

$$c_{cr,Np} = s_{cr,Np} / 2 = 165мм$$

$$A_{c,Np}^0 = s_{cr,Np} \cdot s_{cr,Np} = 330мм \cdot 330мм = 108900мм^2$$

$$A_{c,Np} = (0,5s_{cr,Np} + s_2 + 0,5s_{cr,Np}) \cdot (c_1 + 0,5s_{cr,Np}) = 117600мм^2$$

$$\psi_c = 1,01 - \text{для бетона В30}$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{80мм}{165мм} = 0,845$$

$$\psi_{re,N} = 1,0; \quad \psi_{ec,N} = 1,0$$

$$\psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left( \frac{d_{nom} \cdot \tau_{Rk} \cdot \psi_c}{k \cdot \sqrt{h_{ef}} \cdot R_{b,n}} \right)^{1,5} = \sqrt{2} - (\sqrt{2} - 1) \cdot \left( \frac{12 \cdot 7,5 \cdot 1,01}{2,7 \cdot \sqrt{110} \cdot 22} \right)^{1,5} = 1,18$$

$$\psi_{g,Np} = \psi_{g,Np}^0 - \left( \frac{s}{s_{cr,Np}} \right)^{0,5} \cdot (\psi_{g,Np}^0 - 1) = 1,18 - \left( \frac{150мм}{330мм} \right)^{0,5} \cdot (1,18 - 1) = 1,06$$

Коэффициент надежности при разрушении от выкалывания бетона основания  $\gamma_{Mp}=1,8$  для анкеров на основе HIT-RE 500 SD

Расчетная сила сопротивления при разрушении от выкалывания бетона основания  $N_{Rk,p}/\gamma_{Mp} = 30,4/1,8 = 16,9кН$

### Б.3.2.4. Разрушение от раскалывания основания (п.5.1.4)

Критическое краевое расстояние для случая разрушения от раскалывания бетона основания при растяжении для химического анкера HIT-RE 500-SD согласно п. 5.1.4.2.

$$c_{cr,sp} = 4,6 \cdot h_{ef} - 1,8 \cdot h = 4,6 \cdot 110мм - 1,8 \cdot 200мм = 146мм \text{ при } h/h_{ef} = 1,81.$$

Согласно п.5.1.4.4 при  $c_1 < c_{cr,sp}$  ( $80мм < 146мм$ ) проверка прочности при разрушении от раскалывания обязательна.

$$s_{cr,sp} = 2 \cdot c_{cr,sp} = 2 \cdot 146мм = 292мм$$

Нормативное значение силы сопротивления для анкерной группы из двух крайних анкеров при разрушении от раскалывания основания по формуле (5.13):

$$N_{Rk,sp} = N_{Rk,c}^{sp} \cdot \psi_{h,sp} = 46кН \cdot 1,27 = 58,4кН$$

$$\text{при } N_{Rk,c}^{sp} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,sp}}{A_{c,sp}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} = 45,45кН \cdot \frac{99892мм^2}{85264мм^2} \cdot 0,864 \cdot 1 \cdot 1 = 46кН$$

$$N_{Rk,c}^0 = 45,45кН - \text{см. п. 3.2.2 рассматриваемого примера}$$

$$A_{c,sp}^0 = s_{cr,sp} \cdot s_{cr,sp} = 292мм \cdot 292мм = 85264мм^2$$

$$A_{c,sp} = (0,5s_{cr,sp} + s_2 + 0,5s_{cr,sp}) \cdot (c_1 + 0,5s_{cr,sp}) = 99892мм^2$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{80мм}{146мм} = 0,864$$

$$\psi_{re,N} = 1,0; \psi_{ec,N} = 1,0$$

$$\psi_{h,sp} = \left( \frac{h}{h_{min}} \right)^{2/3} = \left( \frac{200мм}{140мм} \right)^{2/3} = 1,27 \text{ при } h_{min}=140мм \text{ (табл.Б.12)}$$

Коэффициент надежности при разрушении от раскалывания основания  $\gamma_{Msp}=1,8$  для анкеров на основе HIT-RE 500 SD

Расчетная сила сопротивления при разрушении от раскалывания основания  $N_{Rk,sp}/\gamma_{Msp} = 58,4/1,8 = 32,4кН$

### Б.3.3. Определение расчетных сил сопротивления при сдвиге (п. 5.2)

#### Б.3.3.1. Разрушение по стали с плечом силы (п.5.2.1.2)

Нормативное значение силы сопротивления анкера при разрушении по стали при сдвиге с плечом силы по формуле (5.21):

$$V_{Rk,s} = M_{Rk,s} / l_s = 46,7 \text{ Н} \cdot \text{м} / 0,026\text{м} = 1830\text{Н} = 1,83кН$$

при

$$M_{Rk,s} = M_{Rk,s}^0 \cdot \left( 1 - \frac{N_{sd}^h}{N_{Rks} / \gamma_{Ms}} \right) = 56\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \left( 1 - \frac{4,2кН}{25,3кН} \right) = 46,7\text{Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{Rk,s}^0 = 56 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$  - по п. 3.2.1. рассматриваемого примера.

Коэффициент надежности  $\gamma_{Ms} = 1,25$

Расчетная сила сопротивления по стали  $V_{Rk,s}/\gamma_{Ms} = 1,83/1,25=1,46кН$

### Б.3.3.2 Разрушение от выкалывания бетона основания за анкером (п.5.2.2)

Сдвигающие силы в пределах группы имеют одно направление, согласно п. 5.2.2.2 проверка прочности выполняется для анкерной группы в целом.

Нормативное значение силы сопротивления для анкерной группы из четырех анкеров при разрушении от выкалывания бетона основания за анкером по формуле (5.21):

$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} = 2,0 \cdot 75,3кН = 150,6кН$$

при  $k=2$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} = 45,45кН \cdot \frac{213600мм^2}{108900мм^2} \cdot 0,845 \cdot 1 \cdot 1 = 75,3кН,$$

где  $A_{c,N} = (0,5s_{cr,N} + s_2 + 0,5s_{cr,N}) \cdot (c_1 + s_1 + 0,5s_{cr,N}) = 213600мм^2$  (для группы из четырех анкеров); остальные величины по п. 3.2.2 рассматриваемого примера.

Коэффициент надежности при разрушении от выкалывания бетона основания  $\gamma_{Mc}=1,5$

Расчетная сила сопротивления при разрушении от выкалывания бетона основания за анкером  $V_{Rk,c}/\gamma_{Mc} = 150,6/1,5 = 100,4кН$

### Б.3.4. Проверка прочности при совместном воздействии усилий растяжения и сдвига (п. 5.3)

Сводные данные по расчетным усилиям и расчетным силам сопротивления, а также их частным отношениям  $\beta$  по предусмотренным механизмам разрушения – см. табл. Б.3.1 – Б.3.2

Таблица Б.3.1

№ п.п.	Механизм разрушения при растяжении	Расчетное усилие $N_{sd}$	Расчетная сила сопротивления $N_{rd}$	$\beta = N_{sd}/N_{rd}$
1	разрушение по стали	$N_{sd}^h = 4,2кН$	$N_{Rk,s}/\gamma_{Ms} = 25,3кН$	0,17
2	разрушение от выкалывания бетона основания	$N_{sd}^g = 8,4кН$	$N_{Rk,c}/\gamma_{Mc} = 23кН$	0,36
3	комбинированное разрушение по контакту анкера с основанием и выкалыванию бетона основания	$N_{sd}^g = 8,4кН$	$N_{Rk,p}/\gamma_{Mp} = 16,9кН$	0,50
4	разрушение от раскалывания основания	$N_{sd}^g = 8,4кН$	$N_{Rk,sp}/\gamma_{Msp} = 32,4кН$	0,23

Таблица Б.3.2

№ п.п.	Механизм разрушения при сдвиге	Расчетное усилие $V_{sd}$	Расчетная сила сопротивления $V_{rd}$	$\beta = V_{sd} / V_{rd}$
1	разрушение по стали	$V_{sd}^h = 1кН$	$V_{Rk,s} / \gamma_{Ms} = 1,46кН$	0,68
2	разрушение от выкалывания бетона основания за анкером	$V_{sd}^g = 4кН$	$V_{Rk,cp} / \gamma_{Mc} = 100кН$	0,04
3	разрушение от откалывания края основания	$V_{sd}^g = 0$	-	0

Откуда коэффициенты  $\beta_N=0,5$ ;  $\beta_V = 0,68$  (максимальные значения).

Условия прочности (5.33)-(5.35) для анкеров при совместном воздействии растяжения и сдвига выполнены:

$$\begin{aligned} \beta_N &= 0,5 < 1,0, \\ \beta_V &= 0,68 < 1,0, \\ \beta_N + \beta_V &= 1,18 < 1,2 \end{aligned}$$

**Таким образом, несущая способность анкерного крепления при комбинированном действии усилий по всем предусмотренным согласно п.5.3 видам проверки прочности обеспечена.**