

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ НАВЕСНЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ

Типовая навесная фасадная система (НФС) представляет собой конструкцию (рис. 1), состоящую из слоя минераловатного утеплителя, закрепленного на несущей стене тарельчатыми дюбелями, несущего каркаса (подсистемы), который, в свою очередь, крепится к стене с помощью анкеров, а так же материалов внешней облицовки (панелей, плит или листовых материалов и др.), устанавливаемых так, чтобы между ней и утеплителем оставался воздушный зазор порядка 40...80 мм.

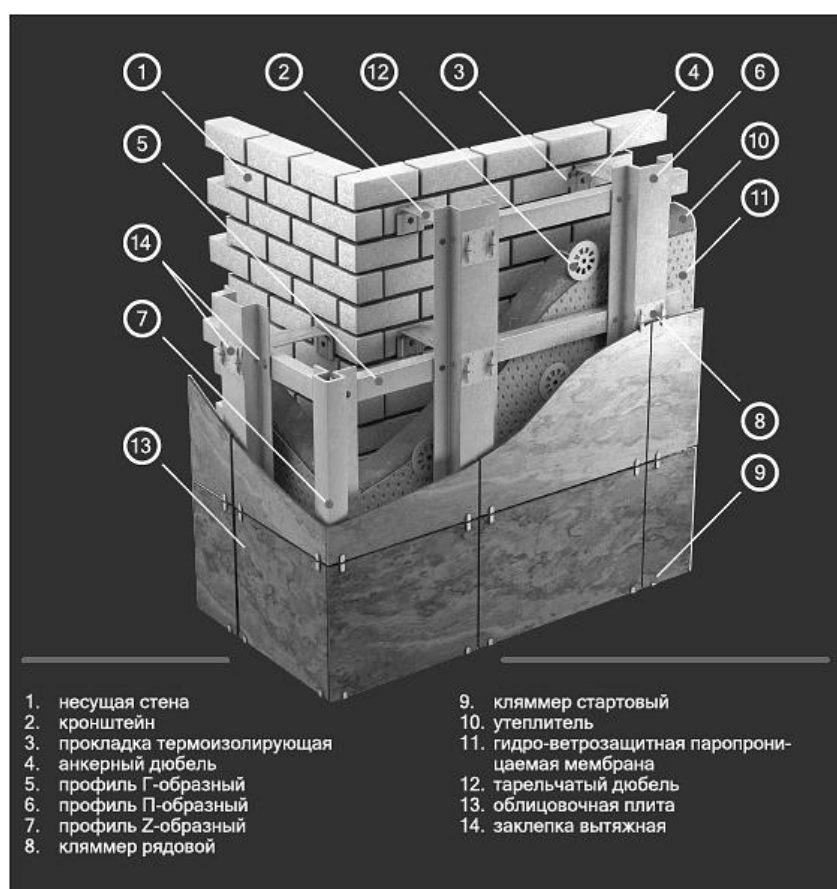


Рис. 1. Принципиальная схема НФС с облицовочным слоем из искусственного керамогранита (слой утеплителя не показан)

Для надежной и безопасной долгосрочной работы НФС в процессе проектирования зданий (при новом строительстве) или дополнительно перед началом работ (при капитальном ремонте) должны проводиться прочностные расчеты элементов ее конструкции, а также крепежных элементов системы (анкерных креплений). Расчеты должны вестись на основе максимально полной информации о материалах и элементах НФС, а также ее конструктивных особенностях, с учетом всего комплекса нагрузок и воздействий, действующих на здание, в т.ч. с учетом динамических нагрузок по его высоте. Качество расчетов напрямую зависит от правильного определения комплекса

действующих на конструкцию фасадной системы усилий, а также от правильного выбора расчетных схем элементов (в т.ч. с учетом кинематического анализа) проектируемой конструкции НФС.

При проведении расчетов и выборе расчетных схем необходимо учитывать следующее [1]:

1) схема в виде многопролетной неразрезной балки с одной шарнирно неподвижной и остальными шарнирно-подвижными опорами не учитывает нагрузки от линейных температурных деформаций. Отсутствуют сведения о прочностных испытаниях, подтверждающих эту расчетную схему и правомерность использования общепринятых формул для расчета усилий и прогибов;

2) в расчетах, как правило, отсутствуют: проверка прочности элементов подсистемы, общей устойчивости направляющих (особенно для профилей несимметричного сечения), а также местной устойчивости стенок и полок элементов НФС, что особенно важно при низком модуле упругости алюминия. В редких случаях, когда проверка прочности формально выполнена, не учитывают усилия кручения, связанные с асимметрией сечения направляющей. Данные характеристики могут быть также предметом прочностных испытаний;

3) прогибы направляющих должны определяться в местах их максимального значения с учетом поворота кронштейнов и влияния собственного веса облицовки. Необходимо учитывать нормативные значения нагрузок и гололедную нагрузку.

4) расчетная схема кронштейнов должна быть обоснована независимо от типа их исполнения (в виде уголка, тавра или трубы) и должна согласовываться с расчетом направляющей. В случае отступления от этого требования можно получить неверные значения нагрузок на анкерные элементы, особенно при несимметричных кронштейнах, фактически работающих на кривой изгиб. Для таких узлов контрольные испытания крайне необходимы;

5) особенно тщательно надо подходить к расчетам узлов конструкции, не допускать совмещения в одном узле болтов и заклепок, вольного назначения коэффициентов трения в опорных кронштейнах, якобы компенсирующих температурные перемещения;

6) должен быть учтен поворот сечения направляющей в несущих кронштейнах. Не выполнение этого требования в сочетании с температурными деформациями приводит к «закусыванию» и, как следствие, к быстрому разрушению крепления кронштейна к стене;

7) особое внимание необходимо уделять расчету вытяжных заклепок (на срез и смятие) в узлах крепления направляющих к опорным кронштейнам, где заклепки установлены в овальные отверстия, а овалы размещены поперек усилия; вытяжным заклепкам, которые используются для «стягивания в пакет», а также их расчетным характеристикам (при отсутствии их в нормах определять экспериментальным путем);

8) в обязательном порядке учитывать отличия свойств алюминия (по сравнению со свойствами стали): втрое меньший модуль упругости, вдвое

большой коэффициент линейного расширения, втрое меньшее относительное удлинение при разрыве и отсутствие площадки текучести. Данные характеристики также должны подтверждаться результатами лабораторных исследований.

Очевидно, что многие показатели прочности деталей конструкции, ее узлов и элементов крепления должны быть подтверждены результатами комплекса испытаний, который можно охарактеризовать как процедуру определения конструкционной надежности НФС. Кроме того, расчетная часть проекта должна базироваться на комплексе испытательных процедур (для отдельных элементов и сборочных узлов), который должен учитывать фактические условия эксплуатации НФС (натурные испытания).

В качестве примера таких испытаний ниже рассмотрим натурные испытания анкерного узла крепления НФС к основанию как одного из наиболее важных элементов конструкции в целом.

В настоящей статье применены приведенные ниже термины и их определения, а также другие термины с определениями в соответствии с действующими стандартами и нормативными документами по проектированию и строительству, а также данные изложенные в СТО ФЦС – 44416204-010—2010. Крепления анкерные. Метод определения несущей способности по результатам натурных испытаний. М., 2010.

1. Термины и определения

1.1. Анкерное крепление (или – анкерное соединение) – узел строительной конструкции здания, в котором посредством анкера соединяются с необходимой прочностью строительное основание и прикрепляемый к основанию конструктивный элемент.

1.2. Анкер – изделие, предназначенное для крепления конструктивных элементов различного назначения к строительному основанию и состоящее из заделываемой в основание обоймы (гильзы) и распорного элемента (или шпильки), обеспечивающих необходимое сцепление анкера с основанием.

Примечание. В навесных фасадных системах применяются анкеры следующих видов (в соответствии с материалом обоймы): анкеры стальные (распорные и с подрезкой), анкеры химические, анкеры с полимерной обоймой и тарельчатые анкеры (также с полимерной обоймой). По сложившейся практике под термином «анкер» часто объединяют только стальные и химические анкеры, а для анкеров с полимерной обоймой применяют термины «анкерные дюбели» и «тарельчатые дюбели».

1.3. Глубина анкеровки – расстояние от поверхности строительного основания до самой глубокой точки, в которой нагрузка на анкер передается строительному основанию. Глубина анкеровки не соответствует глубине отверстия в основании или глубине погружения конечной точки анкера.

1.4. Основание строительное (или - основание) – несущая или ограждающая конструкция здания, к которой с помощью анкеров крепятся элементы

конструкций навесной фасадной системы и которая воспринимает передаваемые на нее нагрузки от системы.

1.5. Несущая способность анкера (на вытягивание) – характеристика механической безопасности анкера, зависящая от свойств анкера, материала основания и типа взаимодействия анкера с основанием, которая определяется сопротивлением анкерного крепления (значением усилия в нем)нагрузке, соответствующей окончанию зоны упругих деформаций.

2. Общие положения

2.1 Сущность метода состоит в том, что проводимыми испытаниями анкерных креплений на вытягивающую нагрузку, прикладываемую к анкеру вдоль его оси, определяют сопротивление крепления нагрузке и деформации, соответствующие характерным для него предельным состояниям, а затем обработкой результатов испытаний вычисляют несущую способность анкеров данного типа на вытягивание применительно к реальному основанию из условия обеспечения работы анкерного крепления в упругой стадии.

2.2 Испытания проводят непосредственно на объекте капитального строительства, для проектирования фасадной системы которого предназначаются их результаты, после возведения строительного основания и набора им проектной прочности.

Для определения несущей способности анкеров применительно к основанию, возводимому из штучных материалов, допускается проведение испытаний в лабораторных условиях на образцах изделий, отобранных на строительной площадке.

2.3 До начала испытаний в стенах или других конструкциях (колоннах, перекрытиях и т.п.), на которые по проекту предусматривается крепить элементы навесной системы, выборочным обследованием, в т.ч. с применением неразрушающих методов, определяют участки с наименьшей прочностью, на которых в местах по указанию испытательной лаборатории устанавливают необходимое для испытаний число анкеров.

Если строительное основание неоднородно и предусматривается устройство анкерных креплений на участках различных типов, отделяемых друг от друга четкими границами (например, тяжелый и легкий бетон, тело изделий каменной кладки и горизонтальные швы, монолитные участки с различным качеством бетона и т.п.), то испытания проводят отдельно для каждого из характерных типов участков основания, по каждому из которых представляются самостоятельные результаты. На стенах из каменной кладки, закрытой штукатурным слоем, места установки анкеров определяют произвольно с увеличением числа испытываемых креплений, исходя из необходимости отбраковки (при испытаниях и на монтаже) отверстий под анкеры, выпадающих по характеру прохождения сверла. Для определения несущей способности анкеров на стенах из ячеистых бетонов использовать оштукатуренные участки не допускается.

В случае технической невозможности проведения испытаний анкерных креплений на внешней стороне стен, допускается установка анкеров для испытаний на внутренней стороне при условии аналогичности типа конструкции и состояния стен с внешней и внутренней сторон.

2.4. Общее число испытываемых анкерных креплений для всех однородных участков основания определяет испытательная организация по согласованию с заказчиком на проведение испытаний, но не менее 15, а при установке стальных и химических анкеров в основание из тяжелого бетона – не менее 10. Для проведения лабораторных испытаний число образцов может быть сокращено по усмотрению лаборатории с учетом данных табл.1.

2.5. Каждый образец смонтированного для испытаний анкерного крепления доводят до разрушения с построением графика зависимости деформаций от нагрузки.

Полученные при испытаниях единичные результаты значений разрушающей нагрузки обрабатывают в соответствии с требованиями стандартов и вычисляют:

среднее в серии единичных результатов испытаний значение разрушающей нагрузки;

нормативное сопротивление, принимаемое равным нижней доверительной границе значений разрушающей нагрузки при требуемом уровне обеспеченности (95%);

расчетное сопротивление анкерного крепления при нагрузке, соответствующей окончанию зоны упругих деформаций, определяемое делением нормативного сопротивления на установленный для этого случая коэффициент надежности.

Единичные значения разрушающей нагрузки определяют по графику зависимости деформаций от нагрузки с учетом характера кривой.

2.6. При проведении лабораторных испытаний может применяться метод ступенчатого нагружения со сбросом нагрузки на каждой степени, позволяющий по графику зависимости деформаций от нагрузки определять непосредственно значения нагрузки, соответствующие окончанию зоны упругих деформаций и использовать их в качестве единичных результатов испытаний.

2.7. В качестве допускаемой нагрузки на анкеры при проектировании навесной фасадной системы конкретного здания принимают полученное значение расчетного сопротивления анкерного крепления, соответствующее окончанию зоны упругих деформаций, умноженное на коэффициент условий его работы.

3. Оборудование и приборы

3.1. Для проведения испытаний должны применяться серийно или индивидуально изготовленные устройства, состоящие из:

опорной рамы, способной без существенных для результатов испытаний деформаций воспринимать испытательные нагрузки и имеющей возможность регулирования высоты опор;

тягового элемента достаточной прочности, снабженного приспособлением для захвата головки анкера;

домкрата или иного приспособления для создания нагрузки; приборов для измерения прикладываемых к анкеру усилий и деформаций анкерного крепления и последующего построения по их показаниям вручную графика зависимости деформаций от нагрузки.

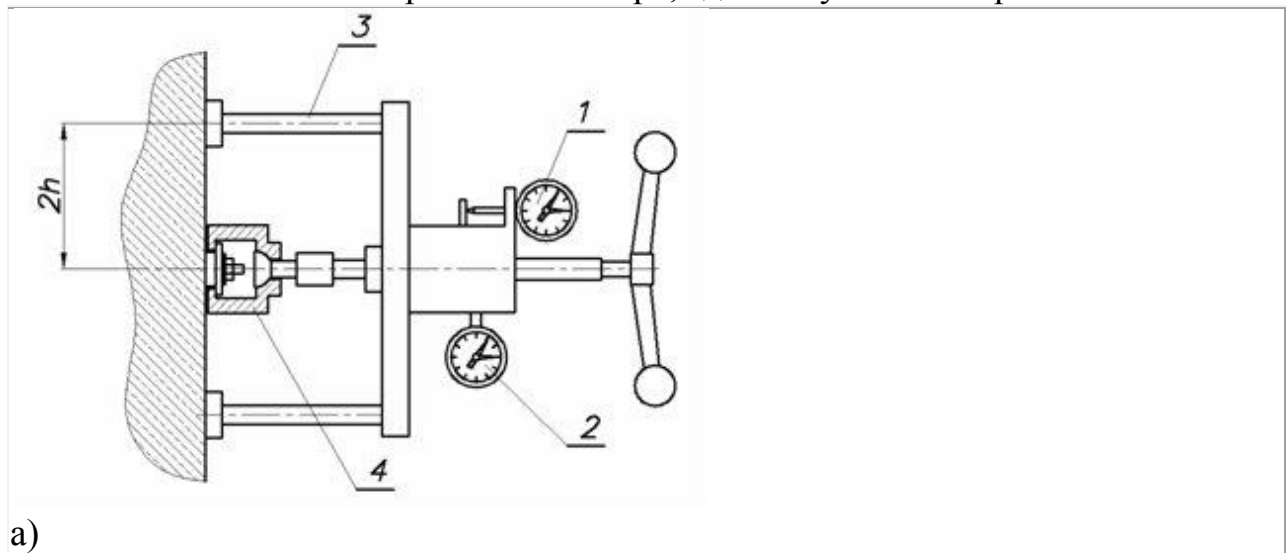
Испытательное устройство может иметь возможность автоматической в процессе проведения испытания записи зависимости деформаций испытываемого анкерного крепления от прикладываемой к анкеру нагрузки.

Принципиальная схема испытательного устройства и приспособлений для захвата головки анкера приведены на рисунке 1.

3.2. Испытательное устройство должно развивать тяговое усилие, достаточное для разрушения испытываемых анкерных креплений, и иметь достаточный ход исполнительных механизмов.

3.3. При визуальном считывании показаний приборов в процессе проведения испытания для измерения нагрузки должны применяться жидкостные манометры ДМ, класс точности 1,5 по ГОСТ 2405-88, от тарированные в единицах силы или импортные аналоги, а для измерения деформаций – индикаторы часового типа ИЧ 0-10мм по ГОСТ 577-68 с ценой деления 0,01мм. При автоматической записи параметров относительная погрешность приборов для измерения усилий должна быть не более $\pm 2\%$, а абсолютная погрешность приборов для измерения деформаций – не более $\pm 0,1$ мм.

3.4. Опорные элементы испытательного устройства должны иметь приспособления для регулирования его расположения, обеспечивающие с допустимой погрешностью приложение испытательной нагрузки в продольном направлении по оси анкера и расположение опорных элементов на расстоянии не менее $R=2h$ от точки крепления анкера, где h – глубина анкеровки.



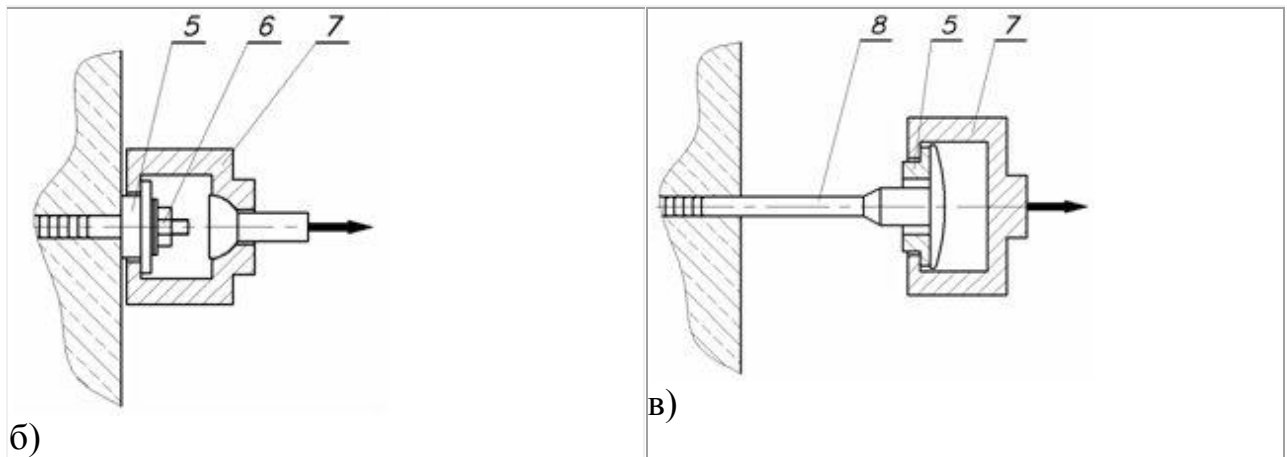


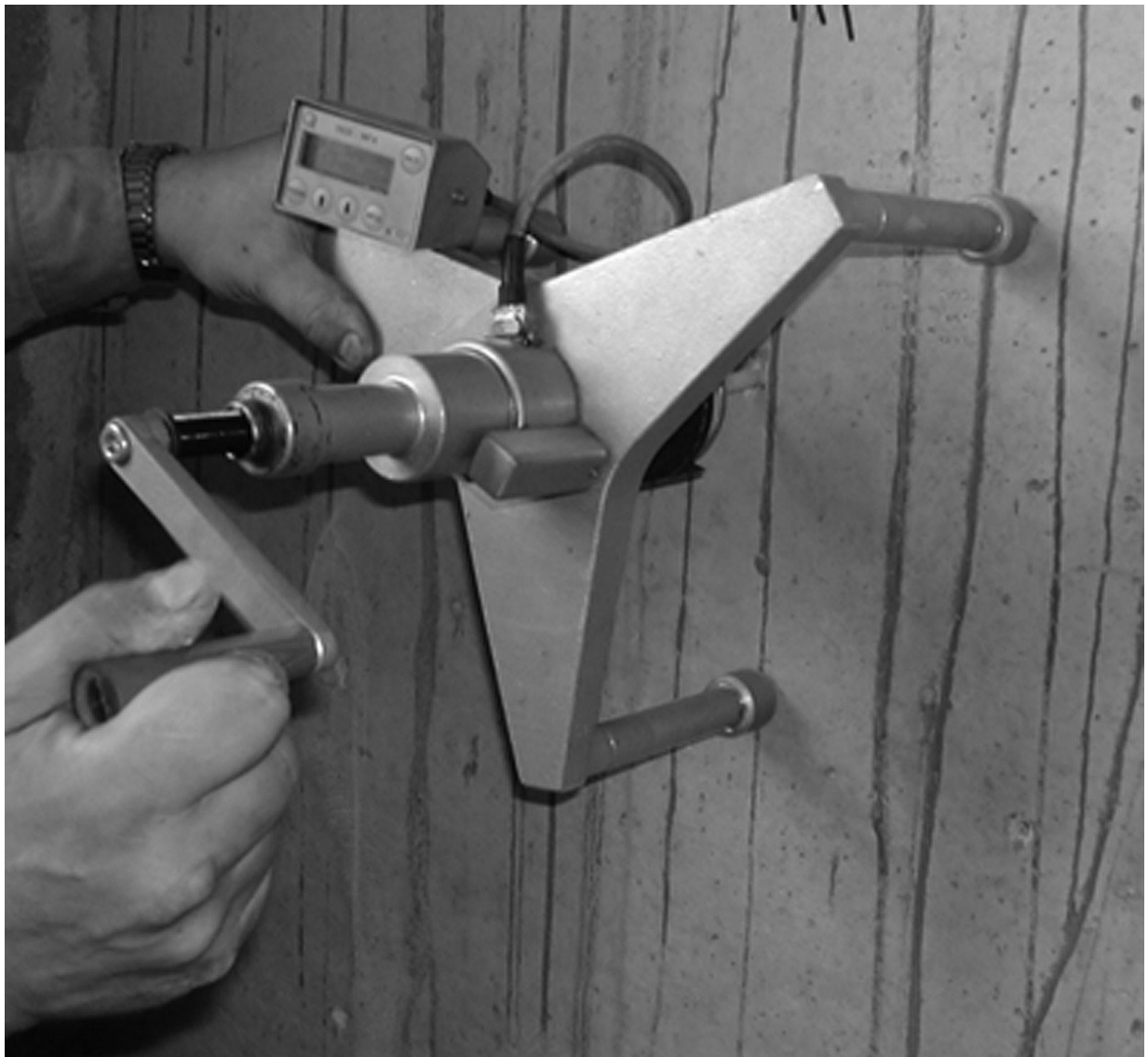
Рис.1

а) Испытательное устройство для определения несущей способности анкерных креплений.

б) Приспособление для захвата анкера.

в) Приспособление для захвата тарельчатого дюбеля.

1 – индикатор часового типа для измерения деформаций; 2 – гидравлический манометр, от тарированный в единицах силы; 3 – регулируемые опоры; 4 – приспособление для захвата анкеров; 5 – шайба (адаптер) для захвата головки (гайки) анкера или тарельчатого дюбеля; 6 – головка (гайка) анкера; 7 – захват; 8 – тарельчатый дюбель.



3.5. Приспособление для захвата головки анкера должно иметь достаточную прочность и жесткость для того, чтобы его деформации не могли сказаться на результатах испытания.

3.6. Измерительные приборы, входящие в состав испытательного устройства должны быть поверены в установленном порядке.

4. Подготовка к испытаниям

4.1. В соответствии с указаниями, приведенными в разделе 2 настоящего стандарта, на строительном основании определяют участки для проведения испытаний и производят установку предназначенных для испытаний анкеров.

4.2. Места для устройства испытываемых анкерных креплений должны соответствовать требованиям проекта на строительство, определяемым с учетом рекомендаций поставщиков анкеров по расстояниям между анкерами, от анкеров до края изделия и т.д.

4.3. Установку анкеров производят в полном соответствии с тем, как это предусмотрено в проекте на строительство для крепления навесной фасадной системы данного объекта по рекомендациям поставщиков. Работы по устройству испытываемых анкерных креплений должны выполняться

работниками монтажной организации, которые будут осуществлять монтаж системы, по принятой в этой организации технологии и с применением тех же материалов, изделий и инструмента. Возможно проведение работ по устройству испытываемых анкерных креплений силами испытательной лаборатории. К началу испытаний анкерное крепление должно находиться в рабочем состоянии.

4.4. До проведения испытания определяют теоретическое значение разрушающей нагрузки на анкерное крепление, в качестве которого принимают данные производителя о максимальной разрушающей нагрузке для анкеров этого типа при аналогичном основании. При отсутствии таких данных в качестве теоретического принимают значение разрушающей нагрузки, полученное при испытаниях первого анкерного крепления.

5. Проведение испытаний

5.1. Испытательное устройство располагают над смонтированным анкерным креплением, обеспечивая соосность анкера и направления приложения нагрузки, а также расстояния от оси анкера до опорных деталей устройства в соответствии с требованиями, указанными в разделе 3.

Испытания проводят при температуре, соответствующей установленной в документации поставщика температуре применения анкеров.

5.2. Нагружение производят равномерно с постоянной скоростью до разрушения ступенями размером $1/10$ от теоретического значения разрушающей нагрузки. На каждой ступени фиксируют максимальные значения нагрузки и соответствующие им значения перемещения распорного элемента анкера, по которым затем вручную строится график зависимости деформаций от нагрузки. На каждой ступени образец выдерживают под нагрузкой не менее времени, необходимого для снятия показаний.

При наличии приборного обеспечения с автоматическим построением графиков, нагружение производят равномерно с постоянной скоростью, доводя соединение до разрушения в течение 1-2 мин.

В качестве единичных результатов испытаний анкерного крепления (N_i) принимают максимальное значение вытягивающей нагрузки на анкер, при котором происходит полное разрушение крепления или значение нагрузки, которое на графике зависимости деформаций от нагрузок характеризуется резким изменением динамики зависимости деформаций от нагрузки (переломом кривой) вследствие начала проскальзывания анкера с гильзой по поверхности сопряжения гильзы с основанием или вытягивания распорного элемента из гильзы (рис.2),

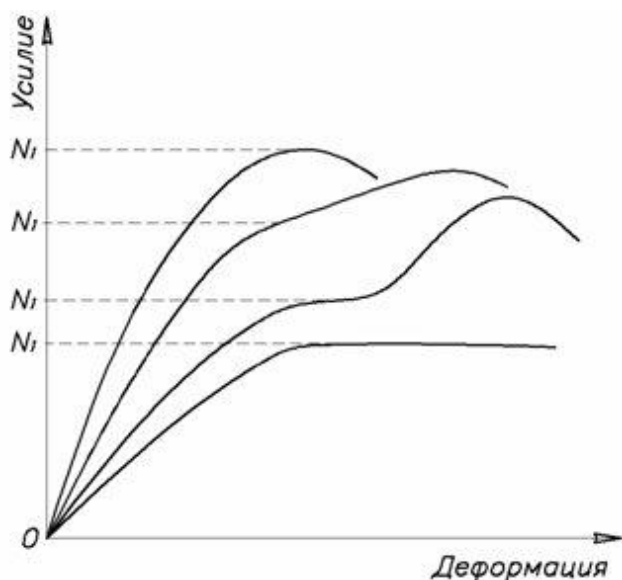


Рис.2

5.3. Для непосредственного измерения нагрузки, соответствующей окончанию зоны упругих деформаций, осуществляют ступенчатое нагружение анкера до разрушения со сбросом нагрузки на каждой ступени в интервале нагружения от 0 до 50% от теоретического значения разрушающей нагрузки. При этом на каждой ступени образец выдерживают под нагрузкой в течение 1,5 мин., фиксируют значения нагрузок и деформаций, включая наличие и значения остаточных деформаций после снятия нагрузки.

Для исключения систематических погрешностей (влияния начальных зазоров, люфта и т.п. на результаты испытаний) осуществляют предварительную преднагрузку анкерного крепления силой, соответствующей 10-15% от теоретического значения разрушающей нагрузки с последующей полной разгрузкой. Полученное при этом значение остаточной деформации принимают за начало отсчет остаточных деформаций.

В качестве единичных результатов испытаний (N_i) в этом случае принимают первое значение нагрузки, после снятия которой остаточные деформации, начинают превышать значения деформаций, принятые за начало отсчета отклонений более, чем на 0,1 мм (рис.3). Это значение нагрузки считают нагрузкой, соответствующей окончанию зоны упругих деформаций.

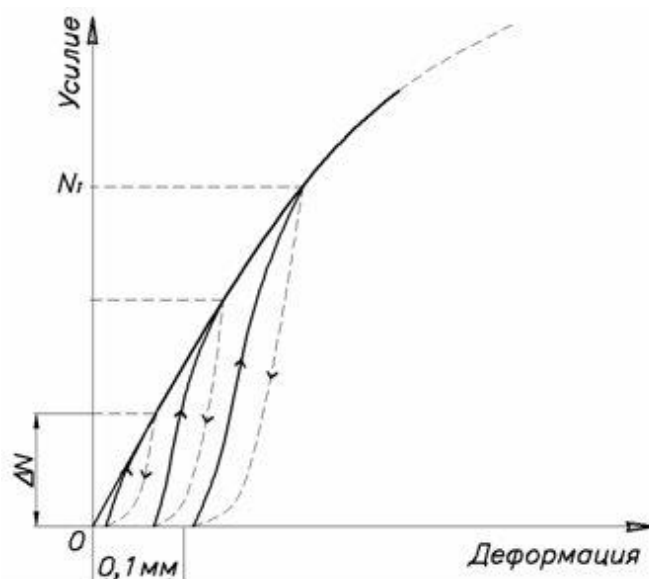


Рис.3

6. Обработка и оформление результатов испытаний

6.1. Характеристики несущей способности анкера в зависимости от метода приложения нагрузки определяют, исходя из единичных значений разрушающей нагрузки (п.5.2) или исходя из единичных значений нагрузки, соответствующей окончанию зоны упругих деформаций (п.5.3).

6.2. Из общего ряда полученных при испытаниях единичных результатов N_i исключают один или оба крайние значения N_i , если они явно выпадают из ряда, резко отличаясь по абсолютному значению и (или) характеру разрушения.

6.3. По формулам [1], [2] и [3] в серии оставшихся единичных результатов испытаний N_i , кН, рассчитывают среднее значение нагрузки N , среднее квадратическое отклонение единичных значений нагрузки s , кН, и коэффициент вариации v , %.

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{n} \quad (1)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_i - N)^2}{n-1}} \quad (2)$$

$$v = \frac{s}{N} 100 \quad (3), \text{ где}$$

N_i – единичное значение нагрузки в серии результатов испытаний, кН.

n – число результатов в серии испытаний;

6.4. Если исключенные из общего ряда единичные результаты N_i выходят за пределы, равные $N \pm 3s$, их окончательно отбраковывают. Если исключенные единичные результаты N_i не выходят за указанные пределы, то значения N , s и v пересчитывают по результатам всей серии единичных испытаний.

6.5. Расчетное сопротивление анкерного крепления R , кН, по результатам натурных испытаний анкерных креплений на данном объекте определяется по формуле [4]:

$$R = \frac{N(1 - tv)}{m} \quad (4), \text{ где}$$

N – среднее значение нагрузки, (разрушающей или соответствующей окончанию зоны упругих деформаций по п. 5.3), определяемое в серии результатов испытаний после исключения выпадающих результатов, кН.;

t – коэффициент, соответствующий нижней границе несущей способности анкера с обеспеченностью 0,95 при достоверности 90%. Принимается по таблице 1;

$N(1 - tv)$ – нормативное сопротивление анкерного крепления;

m - коэффициент надежности по материалу, характеризующий, в том числе, среднее соотношение между разрушающей нагрузкой и нагрузкой, соответствующей окончанию зоны упругих деформаций. Принимается по табл.2.

Таблица 1

Число оставшихся результатов испытаний n	Значение коэффициента t
5	3.400
6	3.091
7	2.894
8	2.755
9	2.649
10	2.568
11	2.503
12	2.448
13	2.403
14	2.363
15	2.329
16	2.299
17	2.272
18	2.249
19	2.228
20	2.208

Таблица 2

Тип анкера	Значения коэффициента m при расчетах величины R по формуле (4)	
	по разрушающей нагрузке (п.5.2)	по нагрузке, соответствующей окончанию зоны упругих деформаций (п.5.3)
Стальные и химические анкеры	3,0*	1,0

Анкерные тарельчатые дюбели	и	5,0	1,1
-----------------------------	---	-----	-----

* В случае разрушения анкерного крепления только по стали анкера или только по материалу заделки, допускается применять другие значения коэффициента надежности по материалу m .

6.6. В качестве значения допускаемой вытягивающей нагрузки на анкеры данного типа для данного реального основания принимают значение расчетного сопротивления, полученное по формуле (4) в зависимости от разрушающей нагрузки или в зависимости от нагрузки, соответствующей найденному при испытаниях окончанию зоны упругих деформаций, деленное на коэффициент условий работы, но не более рекомендуемого изготовителем значения допускаемой нагрузки для данного типа анкеров и основания. Коэффициент условий работы принимают равным 1,0, если испытываемые анкерные крепления устанавливались монтажной организацией, или 1,1, если крепления устанавливались испытательной лабораторией, но может уточняться проектной организацией с учетом конкретных условий.

Допускаемую вытягивающую нагрузку на анкерные крепления в основании из ячеистого бетона прочностью, соответствующей классам по прочности на сжатие В 2,5 и менее, необходимо определять с привлечением компетентных организаций, учитывая одновременное действие продольных вытягивающих и поперечных срезающих сил, если принятые в проекте на строительство проектные решения конструкций навесной системы не исключают действия поперечных срезающих сил на анкерные крепления.

Результаты испытаний оформляют протоколом, в котором должна содержаться следующая информация:

- общая характеристика объекта и фасадной системы;
- конструктивная характеристика основания с оценкой прочности материала испытываемых участков;
- характеристика анкеров (типы, размеры и рекомендуемая поставщиком несущая способность);
- расположение анкерных креплений;
- характеристика сверлильного инструмента и диаметра сверла;
- дата испытаний, температура воздуха;
- название организаций, выполняющей установку анкеров и выполняющих испытания;
- результаты испытаний (в том числе тип разрушения соединения, графики зависимостей, единичные значения нагрузок, соответствующих заданным предельным состояниям, среднее арифметическое результатов, оставшихся после исключения выпадающих результатов, оценка среднего квадратического отклонения и коэффициент вариации, а также значения расчетного сопротивления анкерного крепления и допускаемой нагрузки на анкер);
- ответственные за проведение и контроль испытаний, подписи.

Библиографический список

1. СТО ФЦС – 44416204-010—2010. Крепления анкерные. Метод определения несущей способности по результатам натурных испытаний. М., 2010.
2. МДС 20-1.2006. Временные рекомендации по назначению нагрузок и воздействий, действующих на многофункциональные высотные здания и комплексы в Москве. М., 2006.