Министерство строительства и ЖКХ РФ
Федеральное агентство по управлению государственным имуществом
Открытое акционерное общество
'Научно-исследовательский центр "Строительство"
(ОАО "НИЦ "Строительство")
«Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций имени В.А. Кучеренко»

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

УТВЕРЖДАЮ:
Директор
ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко
доктор технических наук

_____ **И.И. Ведяков**

«___» _____ 2014г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по теме: **«Провести испытания стальных и химических анкеров установленных в монолитный железобетон и анкеров для скрытого крепления облицовки из натурального камня фирмы «FISCHER» на статические и динамические нагрузки для оценки возможности их применения в сейсмоопасных регионах РФ».**

(по договору № 953/24-35-14/ск от 7 августа 2014 года.)

Руководитель Центра исследований сейсмостойкости сооружений к.т.н. — В.И. Смирнов

Заведующий Лабораторией, к.т.н. — А.В.Грановский

Зав. сектором — А.И. Доттуев

Москва 2014г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение…… 3
2. Задачи проводимых экспериментальных исследований……. 8
3.Описание опытных образцов анкеров……. 9
4. Программа и методика испытаний анкерного крепежа……... 18
4.1. Статические испытания анкеров на вырыв …….. 18
4.2 Динамические испытания фасадной системы……... 19
5. Результаты испытаний анкеров и их анализ ……...23
5.1 Результаты статических испытаний на вырыв анкерного крепежа…….. 23
5.2 Результаты динамических испытаний анкерного крепежа…… 52
5.3 Результаты статических испытаний на вырыв анкерного крепежа после проведения динамических испытаний…….. 83
6. Заключение. Выводы и рекомендации……. 111
Список литературы……114
Приложение 1 Аттестат аккредитации испытательной лаборатории…… 115
Приложение 2 Свидетельство…….. 117
Приложение 3 Видеосъѐмка испытаний…… ….. 126

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящий технический отчѐт составлен по результатам экспериментальных исследований сейсмостойкости анкерного крепежа фирмы **«FISCHER»**, используемого как для крепления несущих элементов навесной фасадной системы с воздушным зазором к несущим железобетонным стенам здания (стальные анкера **- FAZ II 10/20 A4, FAZ II 12/20, FH II 15/10 B, Zykon FZA 12×50 M8/15;** химические анкера - **FIS SB 390 S, RSB 10, RM 10, FIS EM 390 S** и **FHB II M12**), так и для крепления облицовочных плит из натурального камня (травертин) к несущим элементам фасадной системы (**FZP II 13×26 M8/SO/17 AL**).

Динамические испытания анкерного крепежа фирмы **«FISCHER»** проводились по двум методикам:

- **I-я методика:** с помощью анкеров марок **FAZ II 10/20 A4, FIS SB 390 S, RSB 10, RM 10** и **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL** фрагменты навесной фасадной системы, включая облицовочные плиты из натурального камня толщиной 30 и 50мм, крепились к стеновым панелям железобетонного стенда из бетона класса B25 (рис. 1.1). Далее стенд устанавливался на виброплатформу маятникового типа и проводились испытания железобетонной модели на действие динамических нагрузок, моделирующих сейсмические воздействия интенсивностью 7-9 баллов по шкале MSK-64;
- **II-я методика** оценки сейсмостойкости анкерного крепежа, разработанная в ЦИСС ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, включала динамические испытания анкеров марок **FAZ II 12/20, FH II 15/10 B, Zykon FZA 12×50 M8/15, FIS EM 390 S** и **FHB II M12** на оборудовании Научно - исследовательского Центра компании **«FISCHER»** в

г. Тумлинген (Германия). Испытания на вырыв анкеров из железобетонных стеновых

фрагментов проводились на экспериментальной установке фирмы «Instron−200 кН» (рис.1.2) с рабочим интервалом динамических и статических нагрузок, соответственно, до 100 кН и 200 кН при максимальной амплитуде колебаний рабочего органа ±100 мм. Частотный спектр установки изменялся в интервале от 0 до 50 Гц.

Испытания анкеров указанных выше марок, установленных в железобетонную плиту, на срез проводились на установке «Seismic−Prufaulage» (рис.1.3) с рабочим интервалом динамических и статических нагрузок, соответственно, до 63 кН и 250 кН при максимальной амплитуде колебаний рабочего органа ± 50 мм и частотном спектре в пределах от 0 до 50 Гц.

Цель лабораторных испытаний – оценка пригодности и эксплуатационной надежности анкерного крепежа **«FISCHER»** при использовании его для крепления несущих элементов навесной фасадной системы с воздушным зазором, к несущим железобетонным стенам зданий, а также для крепления облицовочных плит толщиной 30 и 50мм из натурального камня (травертин) к несущим элементам фасадной системы зданий, возводимых в сейсмических районах с балльностью 7÷9 баллов по шкале MSK-64 [1].

Отчет оформлен в соответствии с требованиями нормативных документов, технических регламентов и стандартов. При описании методики и результатов экспериментально-технических исследований сейсмостойкости анкерного крепежа **«FISCHER»** использовались термины и определения, содержащиеся в действующих стандартах и нормативах [2,3].

Рис. 1.1 Общий вид экспериментальной модели.

а)

б)

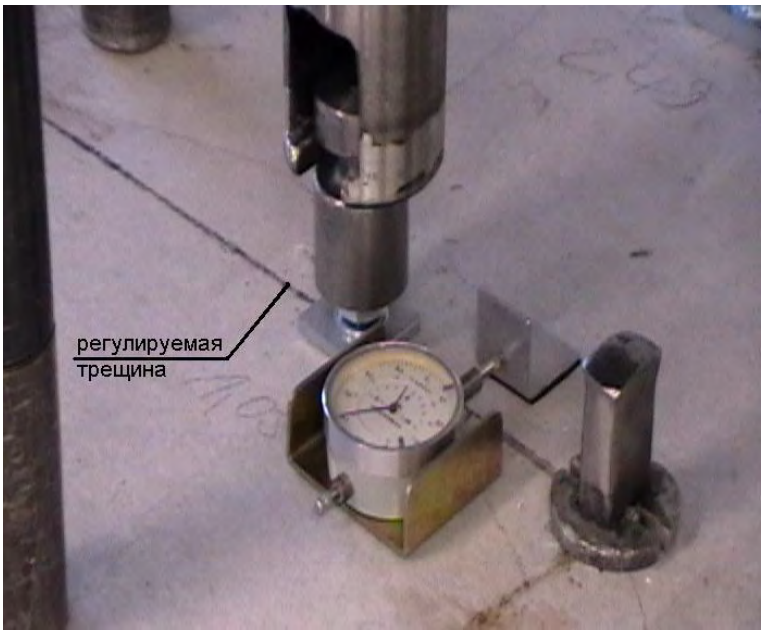


Рис. 1.2 Общий вид установки для динамических испытаний анкеров на вырыв из железобетонной плиты (а) и б) рабочего органа установки с прибором для измерения ширины раскрытия трещины.

а)

б)

Рис. 1.3 Общий вид а) установки для динамических испытаний анкеров на срез при установке в железобетонную плиту и б) рабочего органа установки с прибором для измерения ширины раскрытия трещины.

2. ЗАДАЧИ ПРОВОДИМЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» новая строительная продукция, разрабатываемая и передаваемая в массовое (серийное) производство подлежит обязательной оценке и подтверждению на соответствие требованиям безопасности.

Важным этапом таких исследований применительно к вопросам оценки сейсмической безопасности являются испытания, в том числе с применением динамического нагружения на специальных стендах, виброплатформах и с помощью специальных вибромашин.

Полученные в результате испытаний данные позволяют определить физико-механические, эксплуатационные и другие характеристики анкерного крепежа при воздействии на него динамических нагрузок моделирующих сейсмические воздействия. Полученные данные являются основанием для оценки возможности расширения области применения анкерного крепежа с учетом требований безопасности, эксплуатационной надежности и долговечности зданий, возводимых в сейсмических районах.

Оценка возможности применения стальных анкеров марок **FAZ II 10/20 A4**, **FAZ II 12/20, FH II 15/10 B, Zykon FZA 12×50 M8/15** анкеров для скрытого крепления облицовки из натурального камня (травертин) **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL** и химических анкеров **FIS SB 390 S, RSB 10, RM 10** и **FIS EM 390 S** и **FHB II M12**, фирмы **«FISCHER»** в сейсмических районах России на строительных площадках с балльностью 7÷9 баллов включает в себя следующие этапы:

1. Экспериментальные исследования работы анкерного крепежа **«FISCHER»** при динамических воздействиях.
2. Внесение рекомендаций по применению в сейсмоопасных районах строительства анкерного крепежа **«FISCHER»** в «Технический справочник» фирмы-производителя.

3. ОПИСАНИЕ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ АНКЕРОВ

Для проведения динамических испытаний Заказчиком были предоставлены анкеры **«FISCHER»** марок **FAZ II 10/20 A4**, **FAZ II 12/20, FH II 15/10 B, Zykon FZA 12×50 M8/15, FZP II 13×26 M8/SO/17 AL, FIS SB 390 S, RSB 10, RM 10, FIS EM 390 S** и **FHB II M12** включающие следующие элементы:

стальной клиновой анкер FAZ II 10/20 A4 (рис. 3.1 а)

- *распорный элемент* шпилька М10 с конусом, длиной 100 мм из нержавеющей стали;
- *распорная гильза* в виде 3-х лепесткового сегментного кольца.

стальной клиновой анкер FAZ II 12/20 (рис. 3.1 б)

- *распорный элемент* шпилька М12 с конусом, длиной 120 мм из нержавеющей стали;
- *распорная гильза* в виде 3-х лепесткового сегментного кольца.

стальной анкер FH II 15/10 B (рис. 3.2 а)

- *распорный элемент* шпилька М10, длиной 106 мм из нержавеющей стали;
- *распорный элемент* – в виде расклинивающегося сегментного кольца с конусной втулкой;

стальной анкер Zykon FZA 12×50 M8/15 (рис. 3.2 б)

- *распорный элемент* шпилька М8, длиной 114 мм с гальваническим покрытием;
- *распорный элемент* – в виде расклинивающегося сегментного кольца с конусной втулкой;

анкер для скрытого крепления натурального камня FZP II 13×26 M8/SO/17 AL (рис. 3.3)

- *распорный элемент* шпилька М8 с конусом, длиной 45 мм из нержавеющей стали А4;

- *распорная гильза* в виде 3-х лепесткового разжимного кольца со втулкой Ø12 и длиной 17мм.

химический анкер FIS SB 390 S (рис. 3.4 а)

- *анкерный элемент,* шпилька **FIS A** М10, длиной 130мм с гальваническим покрытием. Класс стали-5.8. Глубина анкеровки – 100 мм;
- двухкомпонентный синтетический состав на основе винилэстеровой смолы.

химический анкер RSB 10 (рис. 3.4 б)

- *анкерный элемент,* шпилька **RG** М10, длиной 130 мм с гальваническим покрытием. Класс стали-5.8. Глубина анкеровки 90 мм.
- **RSB 10** – стеклянная капсула с двухкомпонентным синтетическим составом на основе винилэстеровой смолы.

химический анкер RM 10 (рис. 3.5 а)

- *анкерный элемент,* шпилька **RG** М10, длиной 130 мм с гальваническим покрытием. Класс стали-5.8. Глубина анкеровки 90 мм.
- **RM 10** – стеклянная капсула с двухкомпонентным синтетическим составом на основе винилэстеровой смолы.

химический анкер FHB II M12 (рис. 3.5 б)

- *анкерный элемент,* шпилька **FHB II-AL M12×120**, длиной 145 мм с гальваническим покрытием. Глубина анкеровки – 120 мм;
- **FHB II P 12x120** – стеклянная капсула с двухкомпонентным синтетическим составом на основе винилэстеровой смолы.

химический анкер FIS EM 390 S (рис. 3.6)

- *анкерный элемент,* шпилька **FIS A** М12, длиной 260мм с гальваническим покрытием. Глубина анкеровки – 240 мм;
- двухкомпонентный синтетический состав на основе эпоксидной смолы.

При монтаже фасадной системы крепление несущих элементов фасадной системы осуществлялось с помощью указанных выше анкеров. Установка анкеров в бетон осуществлялось специалистами фирмы **ООО «Фишер Крепежные Системы Рус»** в соответствии с требованиями Технического справочника фирмы-производителя.

а)

б)

Рис. 3.1 Общий вид стальных клиновых анкеров **FAZ II 10/20 A4** (а) и **FAZ II 12/20** (б) фирмы **«FISCHER»**.

а)

б)

Рис.3.2 Общий вид стальных анкеров **FH II 15/10 B** (а) и **Zykon FZA 12×50 M8/15** (б) фирмы **«FISCHER»**.

Рис. 3.3 Общий вид стального анкера для скрытого монтажа камня **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL** фирмы **«FISCHER»**.

а)

б)

Рис. 3.4 Общий вид химического анкера **FIS SB 390 S** анкерной шпилькой **FIS A** М10 (а) и **RSB 10** (б) с анкерной шпилькой **RG** М10 фирмы **«FISCHER»**

а)

б)

Рис. 3.5 Общий вид химических анкеров **RM 10** с анкерной шпилькой **RG** M10 (а) и **FHB II M12 с анкерной шпилькой FHB II-AL M12×120** (б) фирмы **«FISCHER».**

Рис. 3.6 Общий вид химического анкера **FIS EM 390 S** с резьбовой шпилькой шпилька **FIS A M12x260** фирмы **«FISCHER».**

4. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ АНКЕРНОГО КРЕПЕЖА.

Программа испытаний анкеров **«FISCHER»** включала в себя следующие этапы:

<u>I-я методика испытаний</u>

1. Анализ конструктивных особенностей анкеров **«FISCHER»** с учетом возможности ее применения в сейсмоопасных районах РФ при действии на них сейсмических нагрузок.
2. На основе имеющегося опыта производился выбор и согласование с Заказчиком марок анкеров для проведения экспериментальных динамических испытаний.
3. До начала динамических испытаний фасадной системы, закреплѐнной с помощью анкеров **«FISCHER»,** проводятся статические испытания анкеров на вырыв из железобетонной панели и из натурального облицовочного камня (1-й этап) Результаты этих испытаний являются эталонными для последующей оценки влияния динамических воздействий при испытании железобетонного стенда на виброплатформе на несущую способность анкеров при вырыве.
4. Крепление фасадной системы с помощью исследуемых анкеров **«FISCHER»** к испытательному стенду из железобетонных панелей (рис. 4.1а,б) и установка опытного железобетонного фрагмента на виброплатформу (рис. 4.2).
5. Подготовка вибростенда и измерительного оборудования для проведения динамических испытаний.
6. Назначение режимов нагружения испытательного стенда динамической нагрузкой, соответствующей силовым

воздействиям на сооружения при землетрясениях различной интенсивности (от 7 до 9 баллов).

7. Проведение динамических испытаний, обработка и анализ результатов экспериментальных исследований анкерного крепежа при действии динамических нагрузок.
8. На основе обработки результатов динамических испытаний железобетонной модели на виброплатформе определяются динамические нагрузки на анкеры от веса несущих конструкций фасадной системы и облицовочных плит из натурального камня.
9. После завершения динамических испытаний производится демонтаж облицовки и направляющих фасадной системы с сохранением анкерного узла (рис. 4.3). Затем проводятся статические испытания анкеров на вырыв (3-й этап) из железобетонных стеновых панелей и облицовки из натурального камня. Данные испытания позволяют оценить возможные изменения несущей способности анкерного крепежа при вырыве его из стеновых железобетонных панелей и натурального облицовочного камня (травертин) после завершения этапа динамических испытаний.

<u>II-я методика испытаний</u>

Программа динамических испытаний марок анкеров, указанных в разделе 1 настоящего отчета включала в себя следующие этапы.

1. Каждый тип анкера устанавливался в бетон с трещиной при ширине ее раскрытия 0.33мм, класс бетона соответствовал С20/25 (В 30). Ширина раскрытия трещины (а=0.33 мм) фиксировалась с помощью индикатора часового типа после установки в нее анкера (рис.1.2б);
2. Для определения несущей способности анкера и возможности

оценки влияния динамических воздействий на его несущую способность на первом этапе проводились статические испытания на вырыв и срез первой группы анкеров (по 3 образца каждой марки). По результатам этих испытаний устанавливалась предельная разрушающая (ультимативная − по терминологии ETAG[4]) нагрузка;

3. Вторая группа анкеров после установки их в бетон с трещинами испытывалась на действие динамических нагрузок. При этом

   частота изменения нагрузки варьировалась в интервале 5÷15 Гц при количестве циклов, соответственно, 500÷1000;
4. При динамических воздействиях нагрузка изменялась в интервале от 2кН до $0.7\times N_{разр.}$ (при вырыве) и от 0.2кН до $0.2\times V_{разр.}$ (при срезе). Интервал нагрузок устанавливался на основе рекомендаций профессора Rainer Mallee [5].
5. После завершения динамических испытаний анкеров на вырыв и срез каждый анкер доводился до разрушения при статическом приложении нагрузки вырыва. По результатам статических испытаний проводилась оценка влияния динамических воздействий на несущую способность анкера.

По результатам статических и динамических испытаний составляется технический отчет с рекомендациями о возможности применения исследованных арок анкеров в сейсмоопасных регионах РФ.

а)

б)

Рис. 4.1 Общий вид испытательного стенда из железобетонных панелей.

Рис. 4.2

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ АНКЕРОВ И ИХ АНАЛИЗ

5.1. Статические испытания анкеров на вырыв и срез (до динамических испытаний)

Как уже отмечалось выше до начала проведения динамических испытаний анкеров была выполнена оценка прочности анкеров на вырыв (I-я и II-я методики испытаний) и срез (II-я методика) при установке их в железобетонные панели (плиты), в т.ч. с трещинами. Отдельно испытания анкеров по I-ой методике на срез не проводились, поскольку при испытаниях фасадной системы на виброплатформе на анкеры действуют как усилия, направленные вдоль их оси (вырыв), так и – поперек их продольной оси (срез).

5.1.1 Статические испытания анкеров на вырыв (I-я методика)

Испытания анкеров проводились в соответствии с требованиями действующего стандарта на испытания анкеров, разработанного специалистами ФАУ «ФЦС» с участием ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко [3].

Испытания анкеров проводились по двум методикам, приведенным в Стандарте [3]:

- путем непрерывного нагружения анкера до момента разрушения анкерного узла. Время нагружения 2-3 минуты с замером деформации анкера на каждом шаге нагружения;

- по методике ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко путем пошагового нагружения анкера с выдержкой 3-5 минут на каждом шаге нагружения и с разгрузкой на каждом шаге нагружения для определения упругой зоны работы анкера.

При проведении испытаний анкеров на вырыв из стенового материала использовался гидравлический домкрат HYDRAJAWS NH237 (сертификат №24-3 от 23.08.2014) мощностью 90кН. При испытаниях адаптер (захват головки анкера) крепился к ручному гидравлическому домкрату. Нагрузка

на головку анкеров подавалась ступенями, составляющими N≈1/10-1/15 от предполагаемой разрушающей нагрузки (нагрузки, при которой происходило вытягивание анкера из тела стены).

При испытаниях анкеров на вырыв из стенового материала по первой схеме нагружение анкера осуществлялось пошагово с замером на каждом шаге нагружения деформации анкера с помощью индикатора часового типа (точность 0.01мм). За разрушающую (предельную) принималась нагрузка, при которой увеличение деформации анкера происходило без роста усилия на него.

При первой схеме натурных испытаний за расчетное усилие вырыва анкеров принимается нагрузка, определяемая в соответствии с рекомендациями [3] по формуле:

$$\mathbf{R=N(1-t\times\upsilon)/m}$$

Для стальных клиновых анкеров марки **FAZ II 10/20 A4**, анкеров для скрытого крепления облицовки из натурального камня (травертин) **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL** и химических анкеров **FIS SB 390 S, RSB 10, RM 10** с анкерной шпилькой М10, коэффициент **m=3,** остальные коэффициенты определяются по формулам [3]:

$$S=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Ni-N)^2}{n-1}} \qquad v=\frac{S}{N}$$

Суть второй схемы испытаний, включенной в Стандарт [3], заключается в следующем:

- на каждом этапе нагружения величина усилия на анкер составляет $N_{i+1}=N_i+\Delta N$, где N_i - величина усилия на анкер на ***i*** -ом шаге нагружения; ΔN - величина прироста нагрузки на ***i***+1 шаге нагружения. составляющая $1/10\times N_{разр.}$

На каждом этапе нагружения дважды (после увеличения нагрузки и после ее выдержки) производится замер перемещения головки анкера;

– после завершения каждого этапа нагружения анкера производится его разгрузка и с помощью измерительных приборов определяется остаточная величина деформации анкера. Таким способом устанавливаются реальная область упругой работы анкера и величина расчетной нагрузки вырыва. По результатам ранее проведенных исследований предельное значение величины остаточных деформаций анкера, определяющей область упругой работы, принято равным Δ=0.1мм.

Анализ лабораторных испытаний анкеров на действие нагрузки, приложенной вдоль оси анкера (по первой методике), позволяет отметить следующее:

1. На рис. 5.1÷5.5 приведены графики зависимости «нагрузка-деформация» для образцов указанных выше марок анкеров, построенные по результатам лабораторных испытаний.
2. Величины предельных разрушающих нагрузок для анкеров установленных в монолитные железобетонные панели, составили:
   - **для стальных клиновых анкеров марки FAZ II 10/20 A4:**
     −46.5−47.0−46.0−48.0−46.5−46.0 кН (разрушение шпильки).
   - **для химических анкеров марки FIS SB 390S с анкерной шпилькой FIS A M10:**
     −42.0−42.5−43.0−42.0−42.5−42.0 кН (разрушение шпильки).
   - **для химических анкеров марки RSB 10 с анкерной шпилькой RG M10:**
     −41.5−42.5−41.0−42.0−41.5−42.0 кН (разрушение шпильки).

- **для химических анкеров марки RM 10 с анкерной шпилькой RG M10:**

  −41.5−42.0−41.5−41.0−41.5−41.5 кН (разрушение шпильки).

3. Величины предельных разрушающих нагрузок для анкеров скрытого крепления **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL,** установленных в облицовочные плиты из натурального камня (травертин), составили:

   −7.5−7.2−8.0−7.5−8.0−7.5 кН.

4. За расчетное усилие вырыва анкеров, установленных в монолитные железобетонные панели, в соответствии с рекомендациями [3] - по первой схеме испытаний принята нагрузка равная:

   - **для стальных клиновых анкеров марки FAZ II 10/20 A4:**

     $N_{расч.}$=14.77 кН (1477 кгс) при **m=3.0**, **υ=0.016 и S=0.75;**

   - **для химических анкеров марки FIS SB 390S с анкерной шпилькой FIS A M10:**

     $N_{расч.}$=13.69 кН (1369 кгс) при **m=3.0**, **υ=0.009 и S=0.40;**

   - **для химических анкеров марки RSB 10 с анкерной шпилькой RG M10:**

     $N_{расч.}$=13.37 кН (1337 кгс) при **m=3.0**, **υ=0.012 и S=0.52;**

   - **для химических анкеров марки RM 10 с анкерной шпилькой RG M10:**

     $N_{расч.}$=13.50 кН (1350 кгс) при **m=3.0**, **υ=0.007 и S=0.31.**

5. За расчетное усилие вырыва анкеров скрытого крепления **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL,** установленных в облицовочные плиты из натурального камня (травертин), в соответствии с рекомендациями [1] - по первой методике испытаний следует принимать нагрузку равную:

   $N_{расч.}$=2.21 кН (221 кгс) при **m=3.0**, **υ=0.041 и S=0.31.**

6. На рис. 5.6÷5.8 показан характер разрушения анкеров при вырыве из монолитного железобетона и натурального камня (травертин).

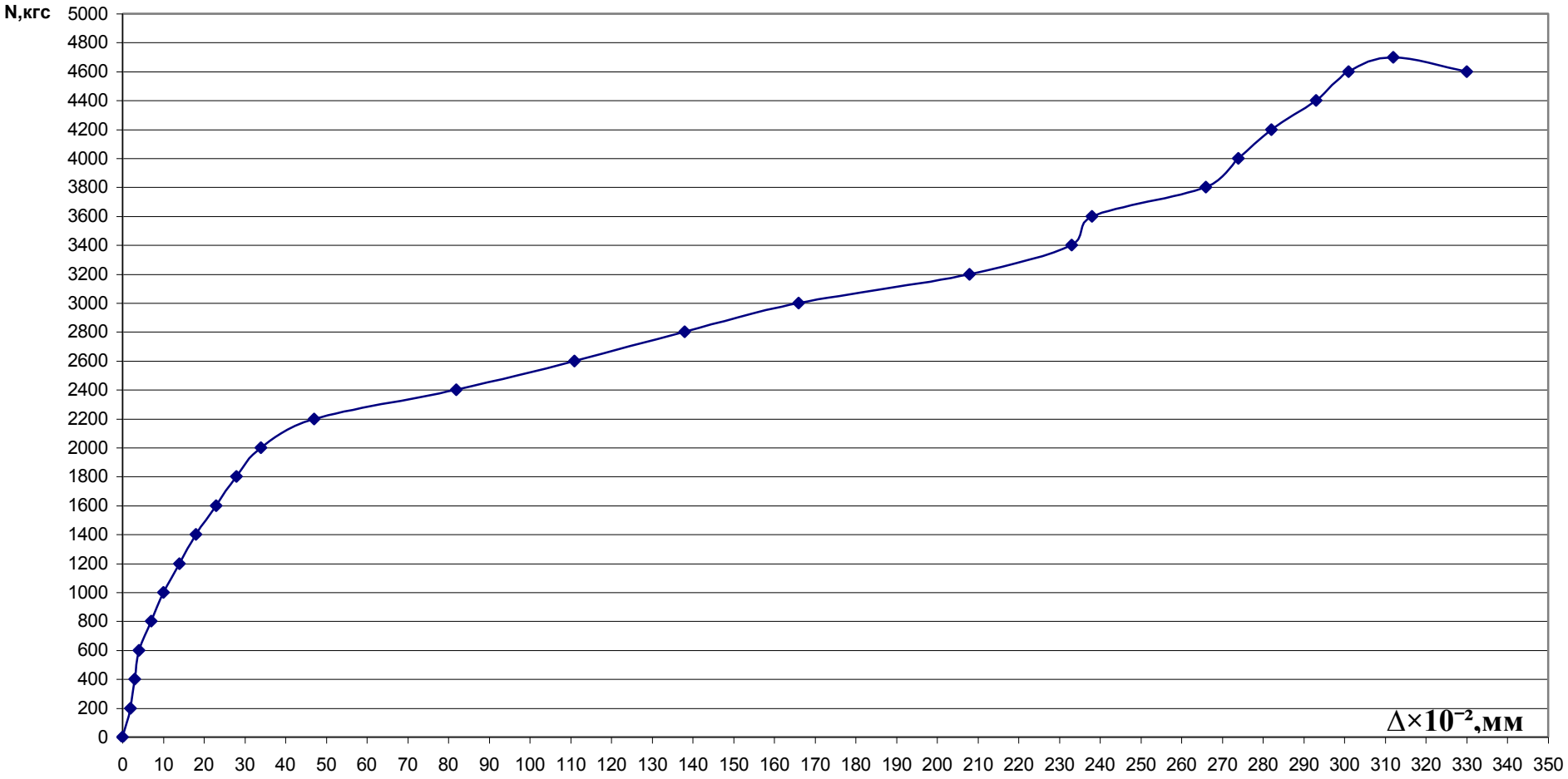


Рис. 5.1 График зависимости "нагрузка-перемещение" для стальных анкерных шпилек марки **FAZ II 10/21 A4 (FISCHER)** установленных в панели из монолитного железобетона.

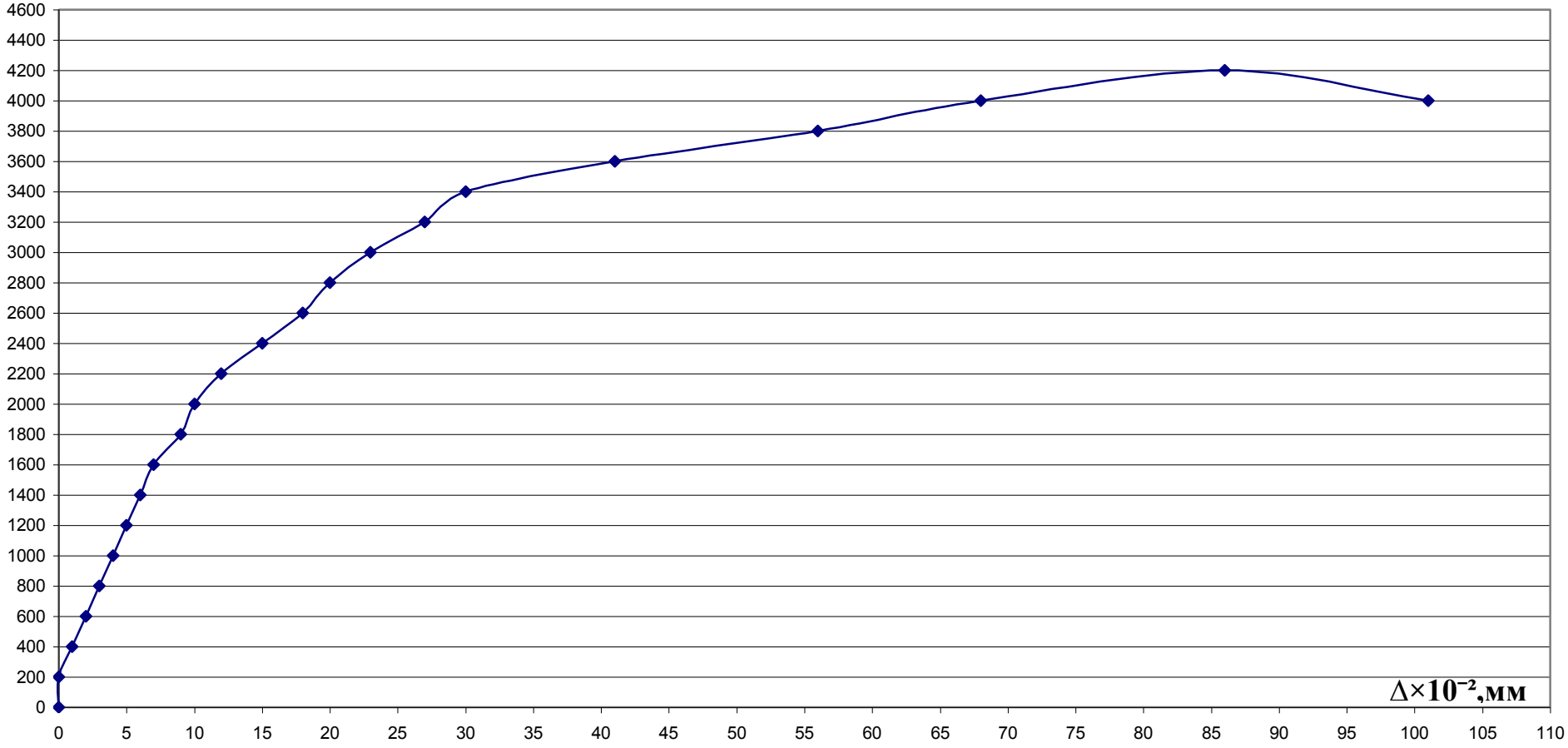


Рис. 5.2 График зависимости "нагрузка-перемещение" для химических анкеров марки **FIS SB 390S (FISCHER)** установленных в панели из монолитного железобетона.

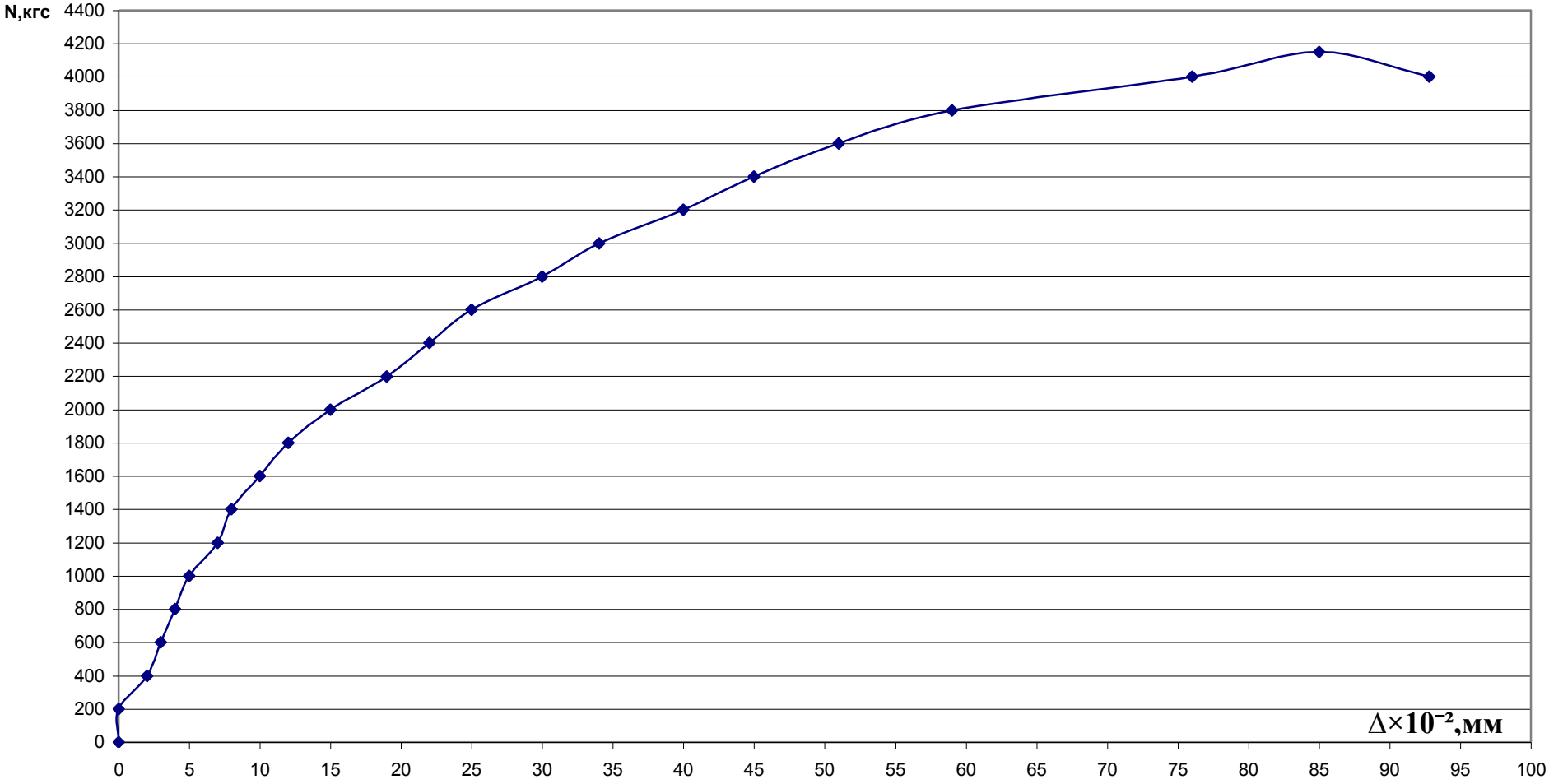


Рис. 5.3 График зависимости "нагрузка-перемещение" для химических анкеров марки **RSB 10 (FISCHER)** установленных в панели из монолитного железобетона.

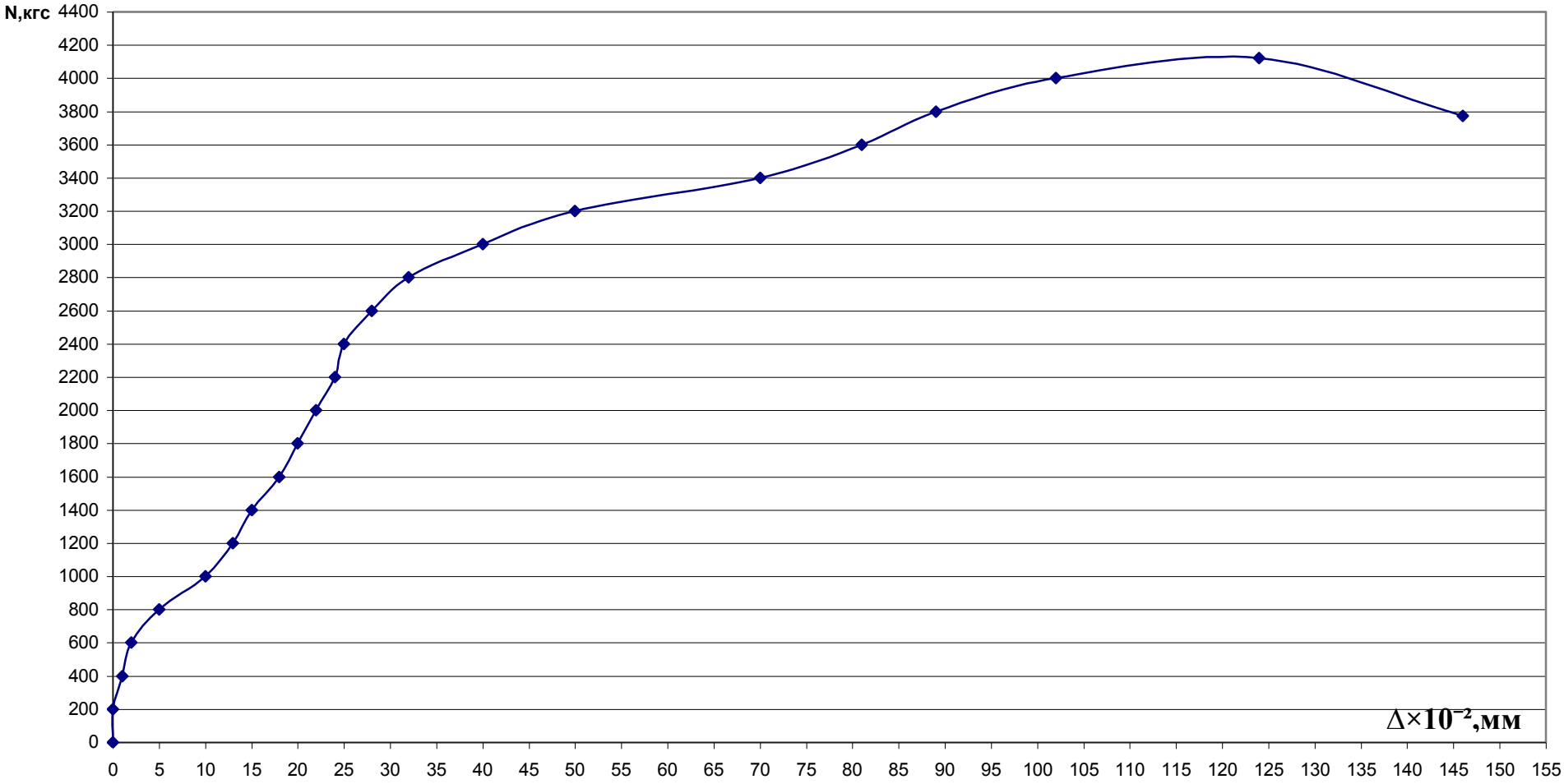


Рис. 5.4 График зависимости "нагрузка-перемещение" для химических анкеров марки **RM 10 (FISCHER)** установленных в панели из монолитного железобетона.

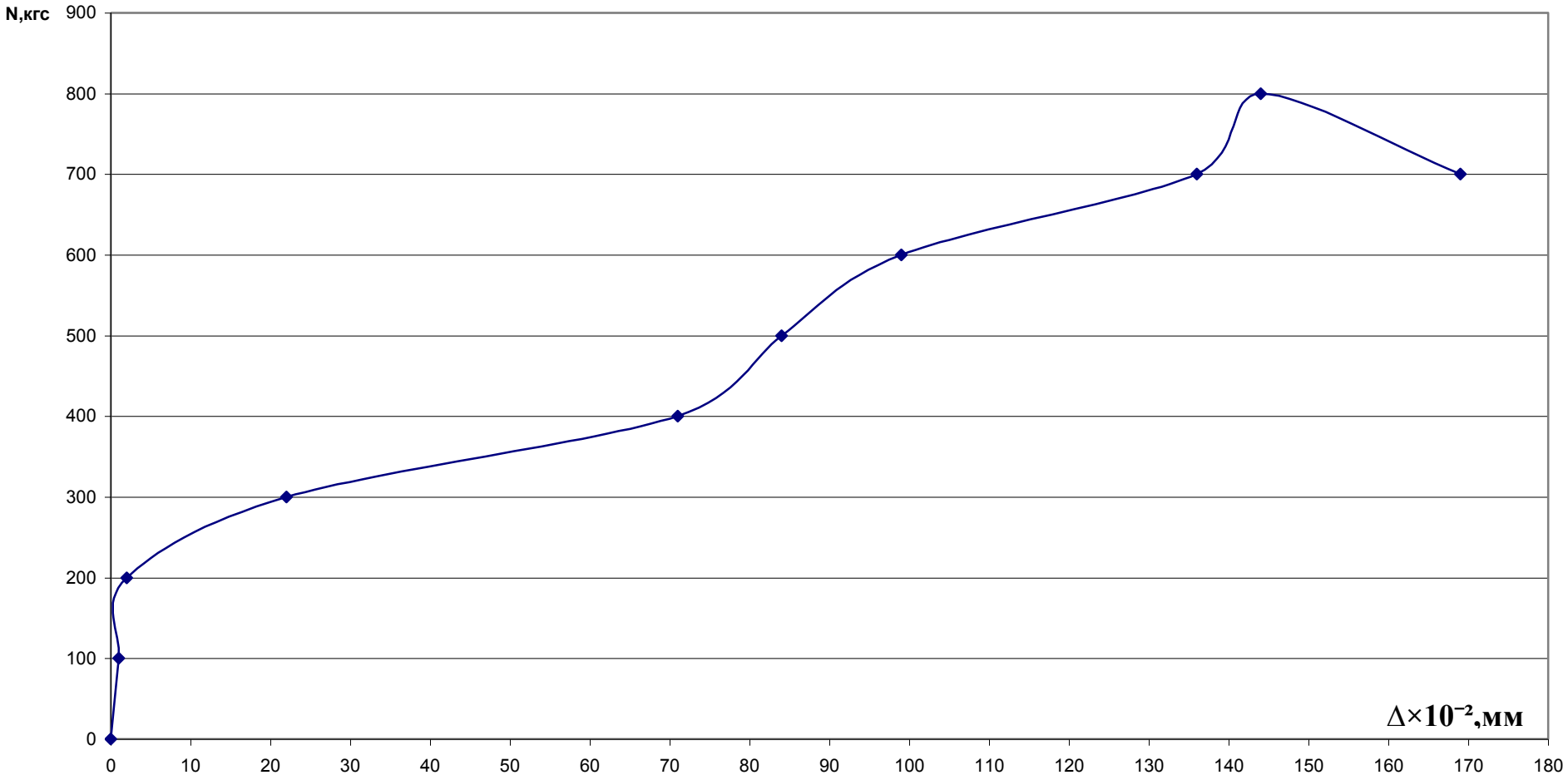


Рис. 5.5 График зависимости "нагрузка-перемещение" для для анкеров скрытого крепления **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL (FISCHER)**, установленных в облицовочные плиты из травертина,.

Рис. 5.5 График зависимости "нагрузка-перемещение" для для анкеров скрытого крепления **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL (FISCHER)**, установленных в облицовочные плиты из натурального камня (травертин).

а)

б)

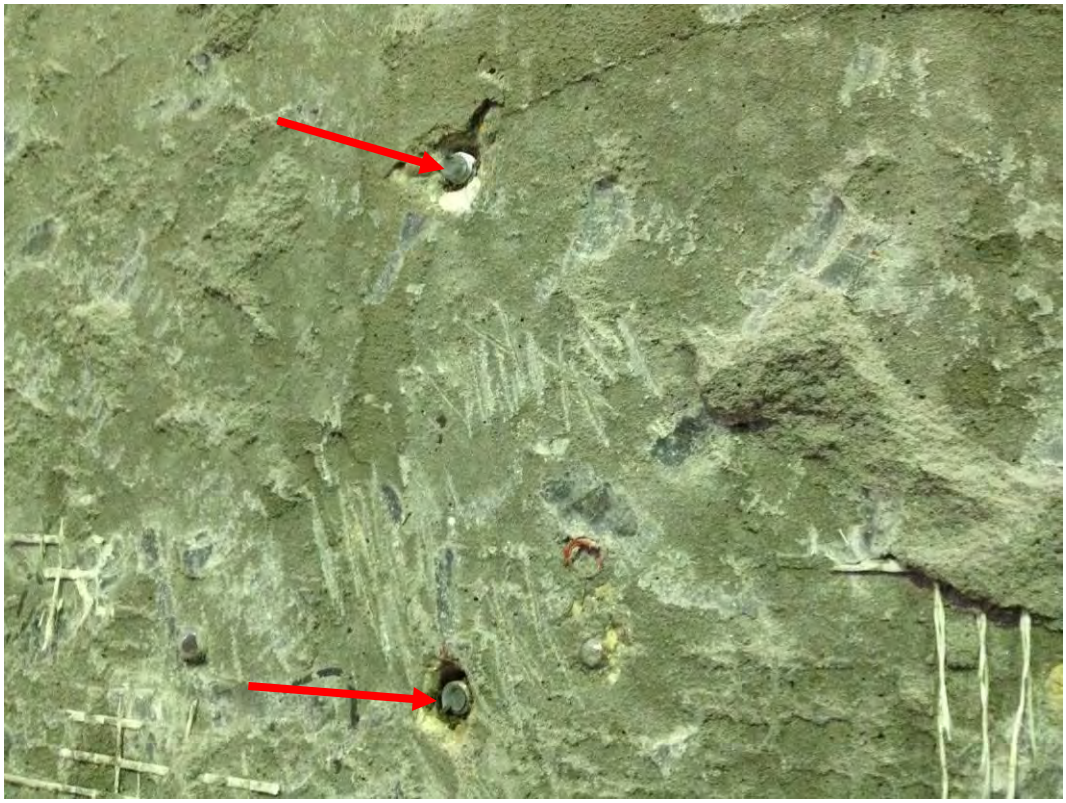


Рис. 5.6 Характер разрушения химических анкеров **FIS SB 390 S** (а) и **RSB 10** (б) при вырыве из монолитного железобетона.

а)

б)

Рис. 5.7 Характер разрушения анкеров **RM 10** (а) и **FAZ II 10/20 A4** (б) при вырыве из монолитного железобетона.

Рис. 5.8 Характер разрушения анкера **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL** при вырыве из натурального камня.

Анализ результатов лабораторных испытаний анкеров по второй схеме на действие нагрузки, приложенной вдоль оси анкера (было испытано по 3 образца анкеров марок **FAZ II 10/20 A4**,
FZP II 13×26 M8/SO/17 AL, FIS SB 390 S, RSB 10 и **RM 10,** позволяет отметить следующее:

1. На рис. 5.9÷5.13 приведены графики зависимости «нагрузка-деформация» для образцов указанных выше марок анкеров, построенные по результатам лабораторных испытаний.
2. Величины предельных разрушающих нагрузок для анкеров установленных в монолитную железобетонную панель, составили:
   - **для стальных клиновых анкеров марки FAZ II 10/20 A4:**
     −46.0−48.0−46.5 кН (разрушение шпильки).
   - **для химических анкеров марки FIS SB 390S с анкерной шпилькой FIS A M10:**
     −43.0−42.0−42.5 кН (разрушение шпильки).
   - **для химических анкеров марки RSB 10 с анкерной шпилькой RG M10:**
     −41.5−40.5−41.0 кН (разрушение шпильки).
   - **для химических анкеров марки RM 10 с анкерной шпилькой RG M10:**
     −40.5−41.5−41.5 кН (разрушение шпильки).
3. Величины предельных разрушающих нагрузок для анкеров скрытого крепления **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL,** установленных в облицовочные плиты из натурального камня (травертин), составили:
   −7.5−7.0−7.0 кН.
4. За расчетное усилие вырыва анкеров, установленных в монолитные железобетонные панели с учетом характера поведения анкера в процессе пошагового его нагружения с разгрузкой по второй схеме, изложенной в [3], принята нагрузка равная:

- **для стальных клиновых анкеров марки FAZ II 10/20 A4:**

  $N_{расч.}$=16.0 кН (1600 кгс);
- **для химических анкеров марки FIS SB 390S с анкерной шпилькой FIS A M10:**
  - **$N_{расч.}$=14.0 кН (1400 кгс);**
- **для химических анкеров марки RSB 10 с анкерной шпилькой RG M10:**
  - **$N_{расч.}$=14.0 кН (1400 кгс);**
- **для химических анкеров марки RM 10 с анкерной шпилькой RG M10:**
  - **$N_{расч.}$=14.0 кН (1400 кгс).**

5. За расчетное усилие вырыва анкеров скрытого крепления **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL,** установленных в облицовочные плиты из натурального камня (травертин) с учетом характера поведения анкера в процессе пошагового его нагружения с разгрузкой по второй методике, изложенной в [3], принята нагрузка равная:

   $N_{расч.}$=2.5 кН (250 кгс);

   При данных нагрузках величины остаточных деформаций в процессе разгрузки анкеров практически равны нулю, т.е. анкеры при данных расчетных нагрузках работают в упругой стадии.
6. На рис. 5.14÷5.16 показан характер разрушения анкеров при вырыве из монолитного железобетона и натурального камня (травертин).

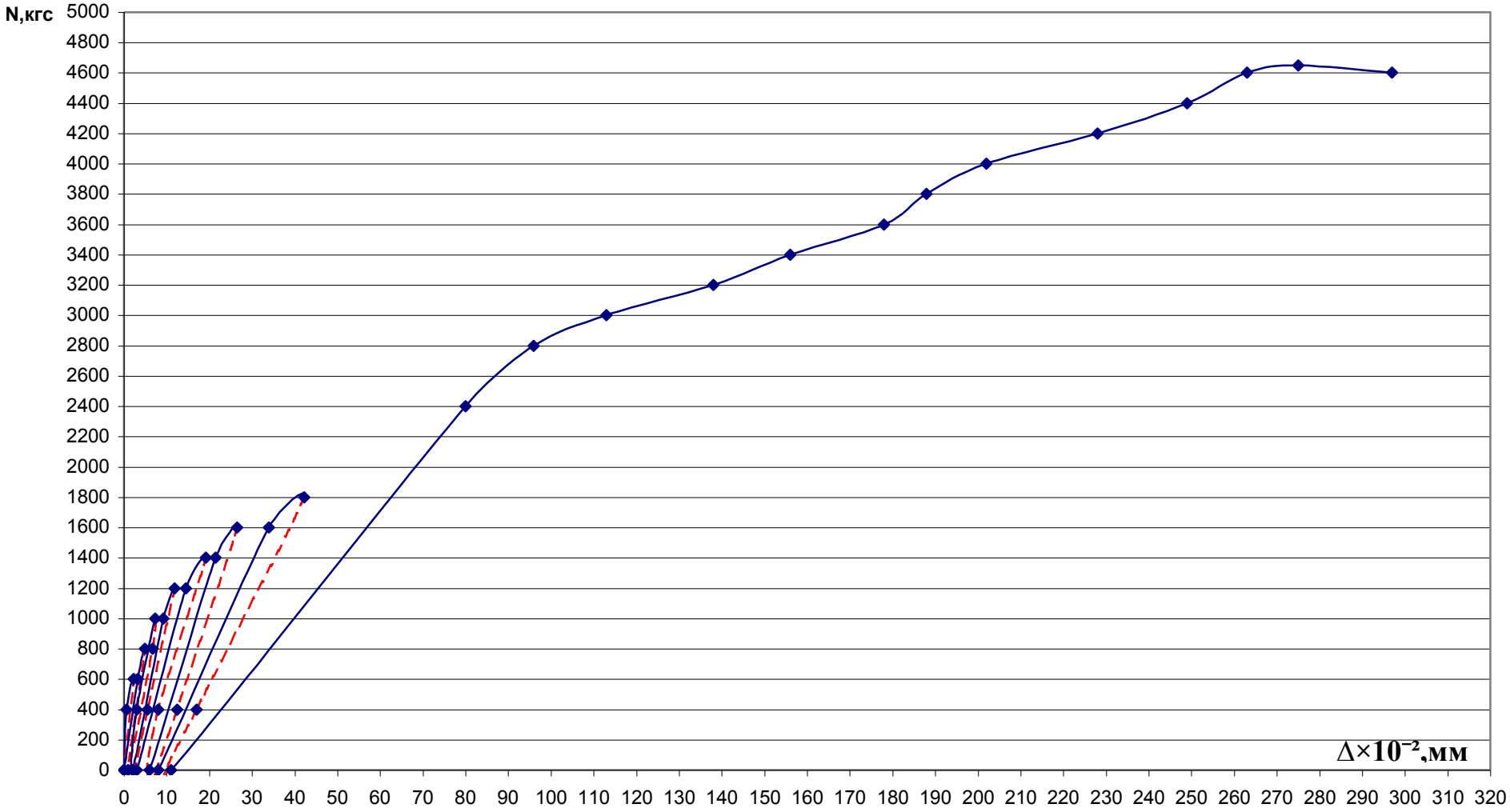


Рис. 5.6 График зависимости "нагрузка-перемещение" для стальных клиновых анкеров марки **FAZ 10×100**

Рис. 5.9 График зависимости "нагрузка-перемещение" для стальных клиновых анкеров марки **FAZ II 10/20 A4 (FISCHER)** **(FISCHER)** установленных в панели из монолитного железобетона.

установленных в панели из монолитного железобетона.

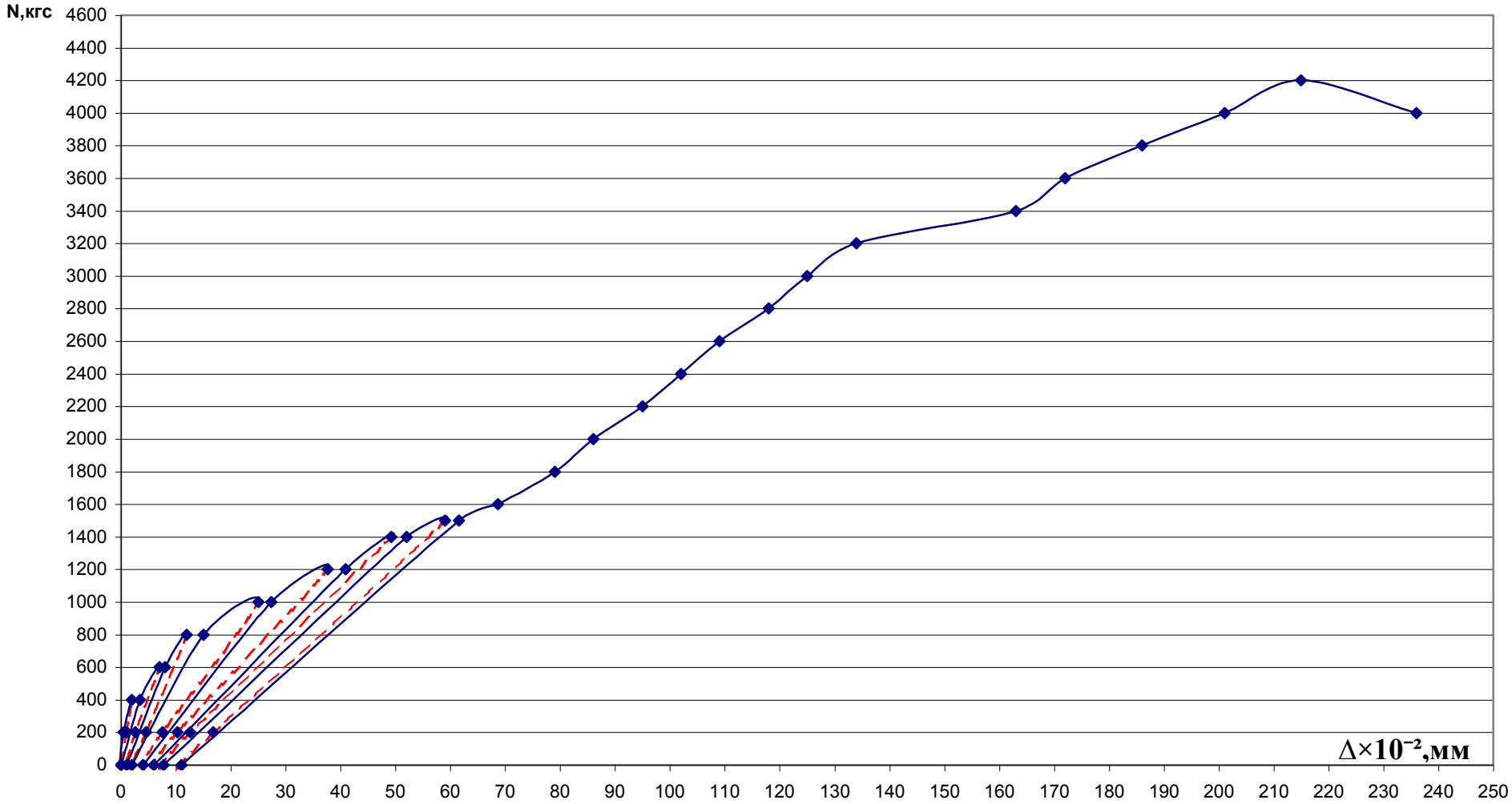


Рис. 5.10.7 График зависимости "нагрузка-перемещение" для химических анкеров марки FIS SB 390S (FISCHER) установленных в панели из монолитного железобетона.

Рис. 5.10.7 График зависимости "нагрузка-перемещение" для химических анкеров марки FIS SB 390S (FISCHER) установленных в панели из монолитного железобетона.

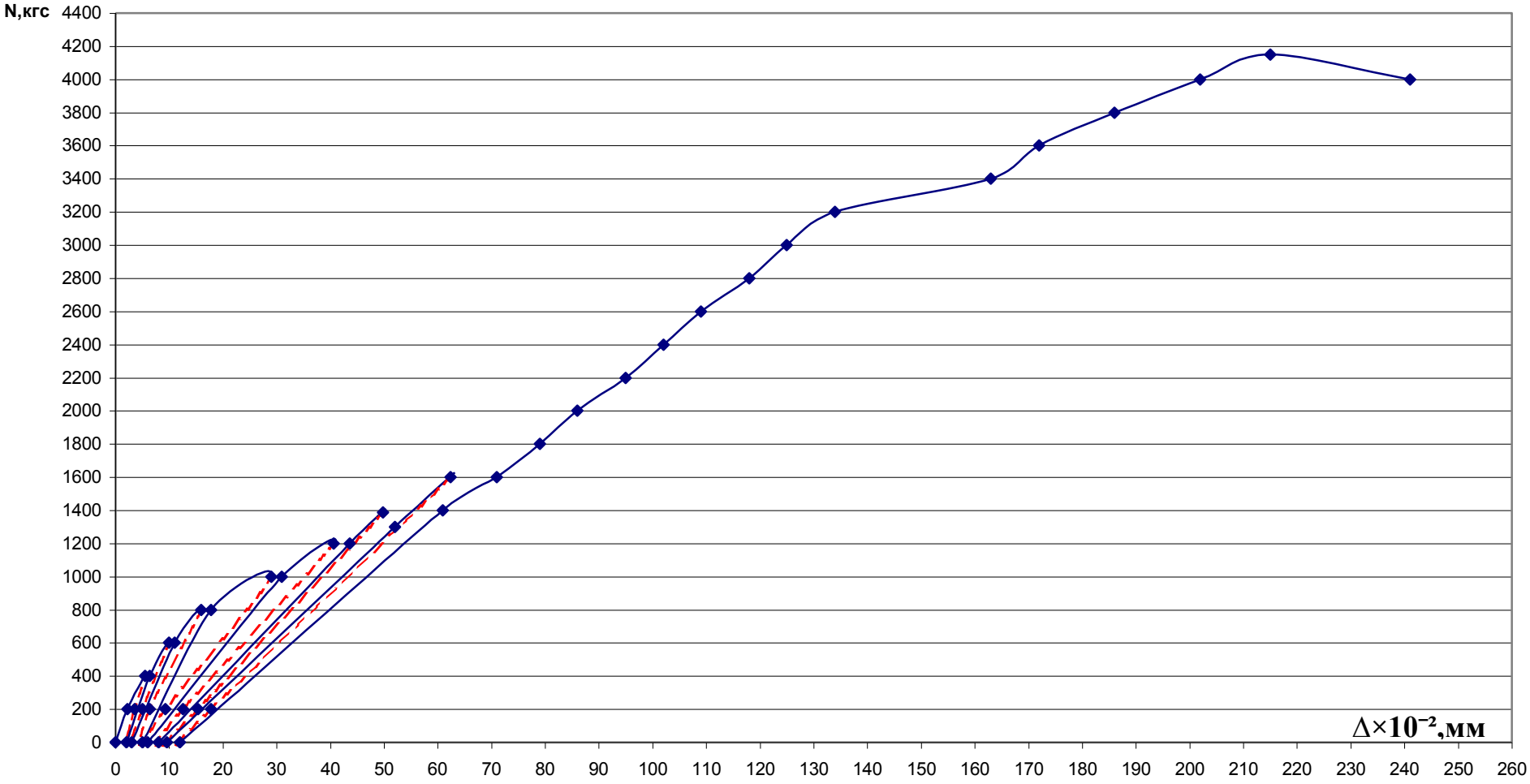


Рис. 5.11 График зависимости "нагрузка-перемещение" для химических анкеров марки **RSB 10 (FISCHER)** установленных в панели из монолитного железобетона.

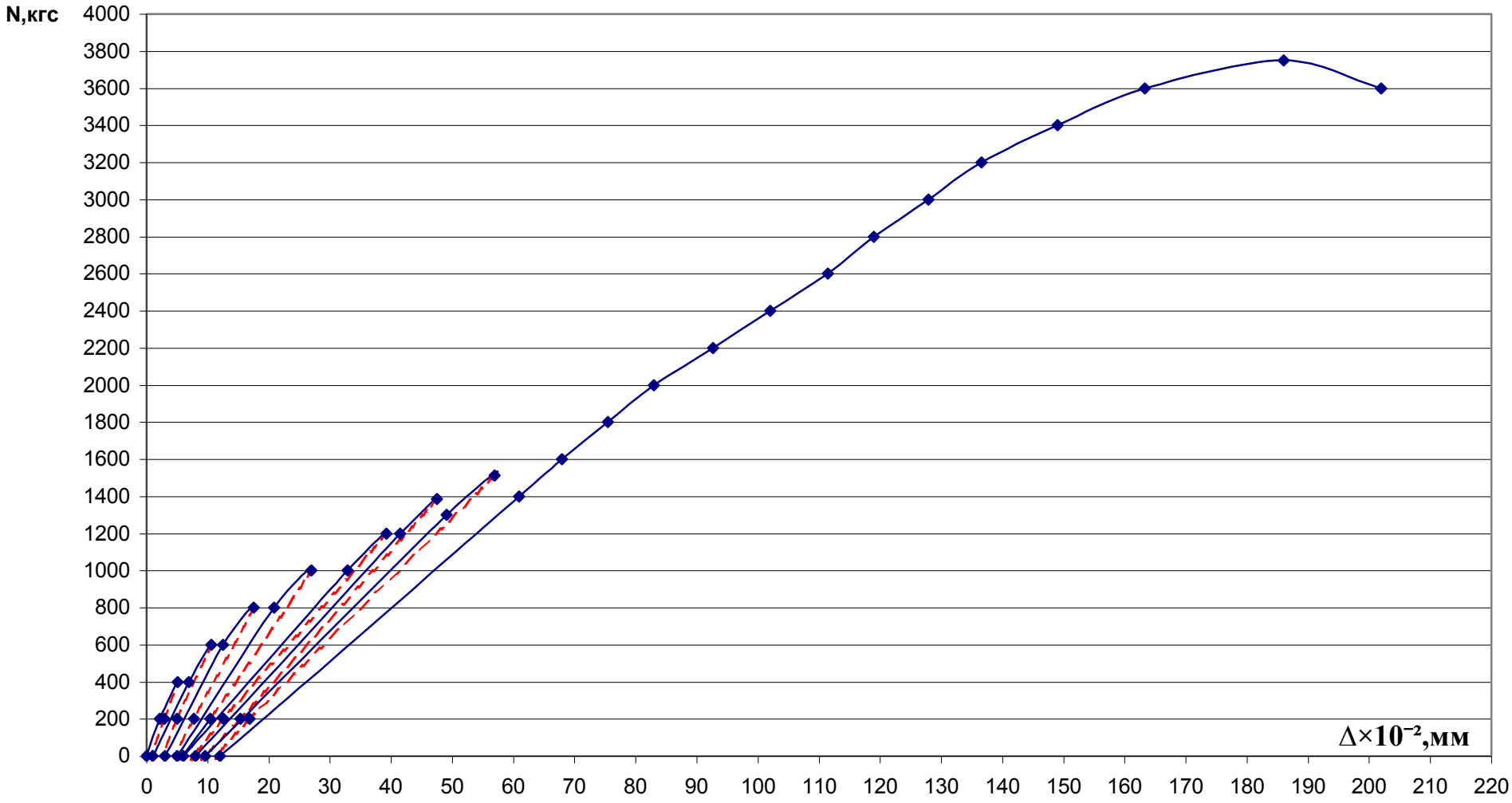


Рис. 5.12 График зависимости "нагрузка-перемещение" для химических анкеров марки **RM 10 (FISCHER)** установленных в панели из монолитного железобетона.

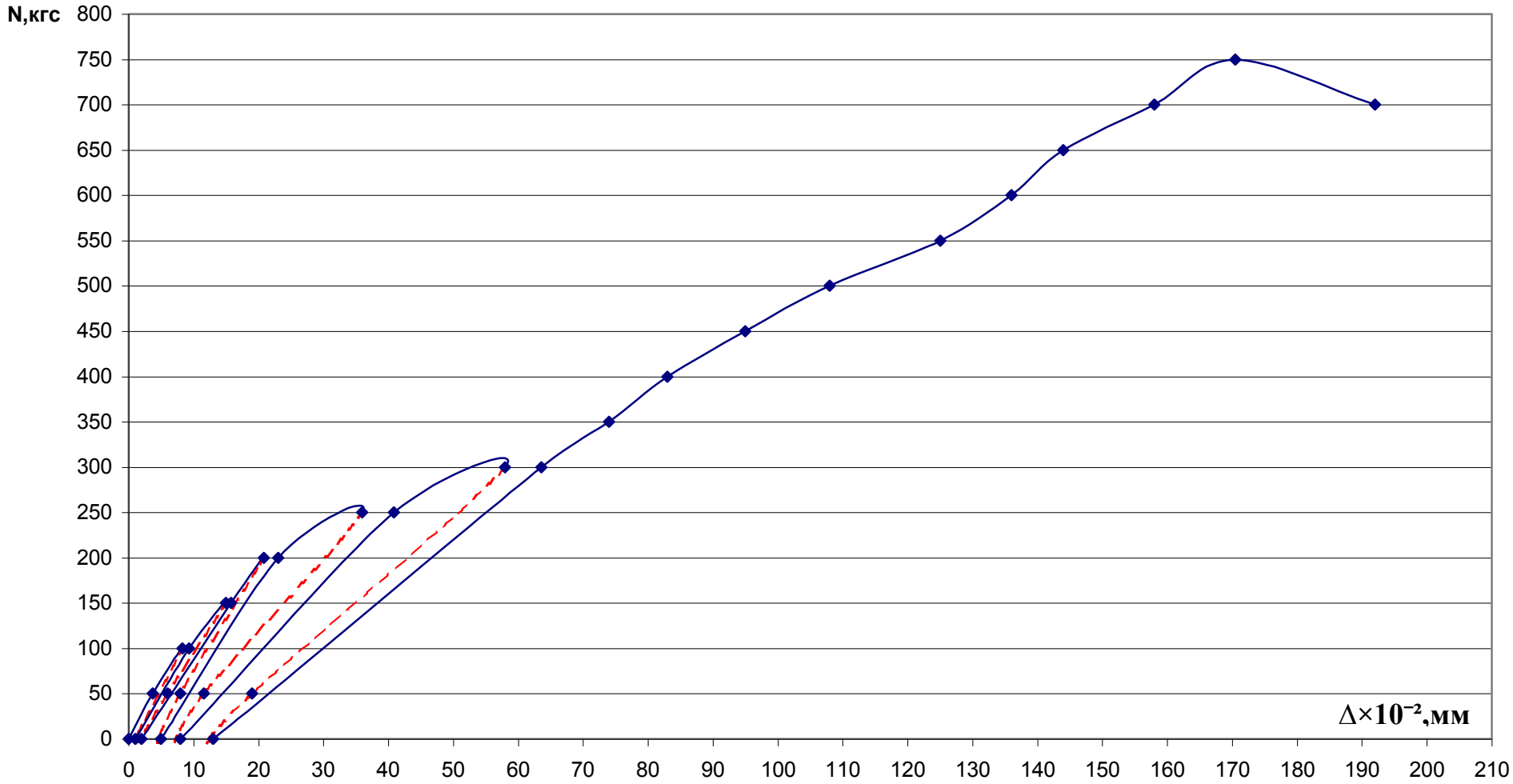


Рис. 5.10 График зависимости "нагрузка-перемещение" для для анкеров скрытого крепления **FZP 13×26 M8**

Рис. 5.13 График зависимости "нагрузка-перемещение" для анкеров скрытого крепления **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL (FISCHER)**, установленных в облицовочные плиты из травертина,.

(FISCHER), установленных в облицовочные плиты из натурального камня (травертин).

а)

б)

Рис. 5.14 Характер разрушения химических анкеров **FIS SB 390 S** (а) и **RSB 10** (б) при вырыве из монолитного железобетона.

а)

б)

Рис. 5.15 Характер разрушения анкеров **RM 10** (а) и **FAZ II 10/20 A4** (б) при вырыве из монолитного железобетона.

Рис. 5.16 Характер разрушения анкера **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL** при вырыве из натурального камня.

5.1.2 Статические испытания анкеров на вырыв и срез (II-я методика).

На основе этих испытаний устанавливалась несущая способность анкеров указанных выше марок (рис.5.17) до динамических воздействий. На рис. 5.18 показаны графики зависимости «нагрузка−деформация» по результатам статических испытаний на вырыв из бетона с трещиной Δ=0.33 мм анкеров марки FHB II M12 (рис.5.17а). Среднее значение разрушающей нагрузки при вырыве анкеров марки FHB II M12 составило $N^{(I)}_{ср}$=(63.52+62.90+63.36)/3=63.0кН. Аналогичные графики получены по результатам статических испытаний на вырыв из бетона с трещиной анкеров марок FAZ II 12/20, FH II 15/10 B, Zykon FZA 12×50 M 8/15 (рис.5.17 б,в,г).

Средние значения разрушающих нагрузок при вырыве анкеров из бетонной плиты с трещинами составили:

- для анкеров марки FAZ II 12/20: $N^{(2)}_{ср}$=34.6 кН;
- для анкеров марки FH II 15/10 B: $N^{(3)}_{ср}$=34.7 кН;
- для анкеров марки Zykon FZA 12×50 M 8/15 $N^{(4)}_{ср}$=26.76 кН;
- для анкеров марки FIS EM 390 S 12×240 $N^{(5)}_{ср}$=51.5 кН.

Разрушение анкерного узла при вырыве из бетонной плиты с трещинами (при ширине раскрытия Δ=0.33 мм) при приложении статической нагрузки происходило по трем схемам (рис.5.19):

− для анкеров марки FHB II M12 имело место разрушение по стали. Следует отметить, что как показали экспериментальные исследования, выполненные в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, несущая способность химических анкеров при установке их в железобетонные плиты без трещин практически совпадают с представленными выше результатами испытаний анкеров в бетоне с трещинами. Т. е. величина сцепления с бетоном химических анкеров выше, чем прочность металла при разрыве (рис. 5.19 а);

− для анкеров марки FAZ II 12/20 имело место выскальзывание рабочего органа (болта) из расклинивающегося сегментного кольца (рис. 5.19 б);

− для анкеров марок FH II 15/10 B и Zykon FZA 12×50 разрушение происходило по бетонному конусу (рис. 5.19 в, г).

Разрушение анкерных узлов при срезе показано на рис. 5.20. На рис. 5.21 приведены графики зависимости «нагрузка-деформация» по результатам статических испытаний на срез анкеров марки FHB II M12, установленных в бетон с трещинами. Аналогичные графики зависимости «нагрузка-деформация» получены по результатам статических испытаний на срез анкеров марок FAZ II 12/20, FH II 15/10 B, Zykon FZA 12×50 M 8/15.

а)

б)

в)

г)

д)

Рис. 5.17 Общий вид марок анкеров, использованных при динамических испытаниях: а) FHB II M12; б) FAZ II 12/20; в) FH II 15/10 B; г) Zykon FZA 12×50 M 8/15; д) FIS EM 390 S.

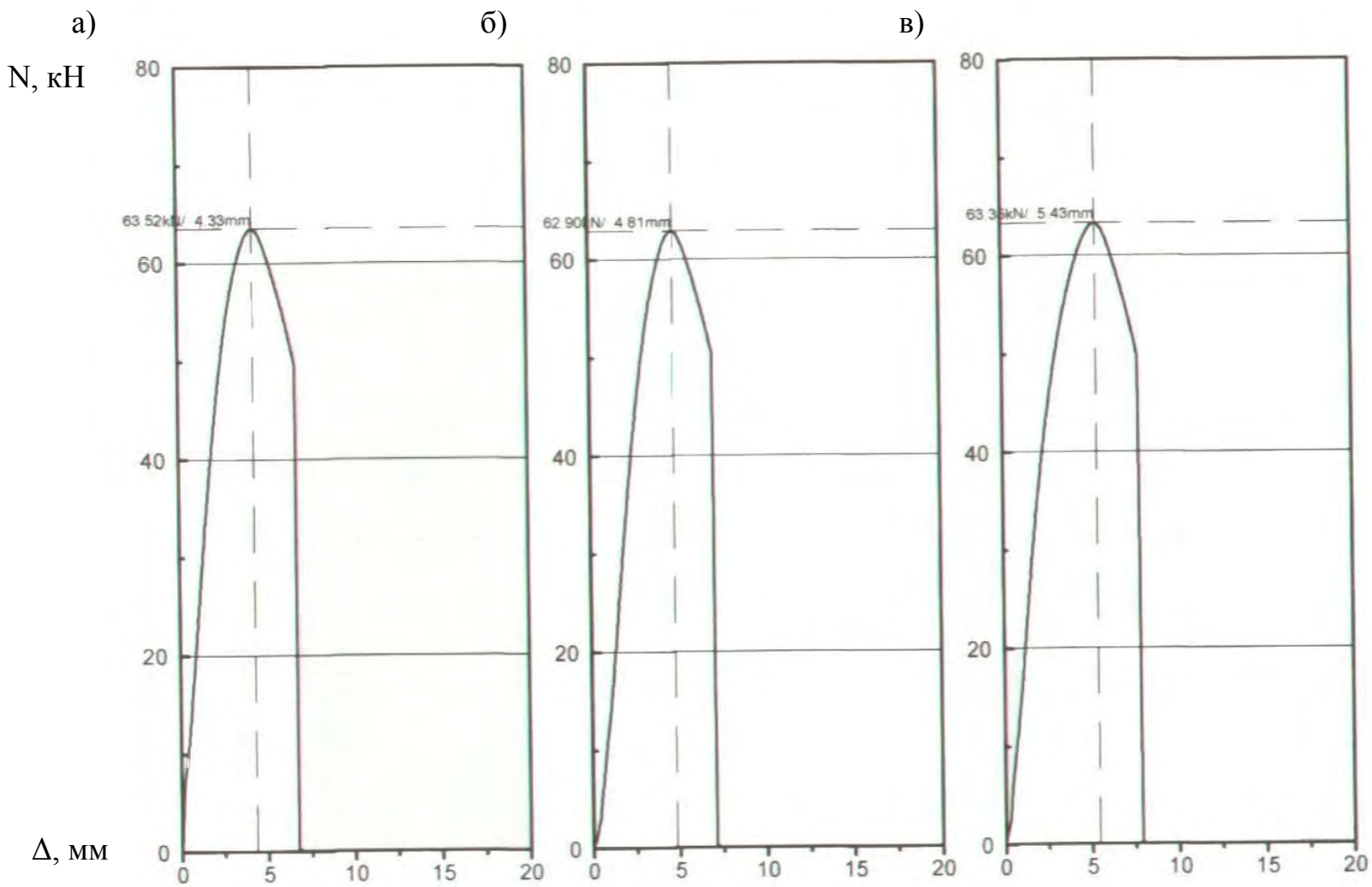


Рис. 5.18. Графики зависимости «нагрузка−деформация» для 3-х образцов анкеров марки FHB II M 12 при статическом нагружении продольной относительно оси анкера нагрузкой.

а)

б)

в)

г)

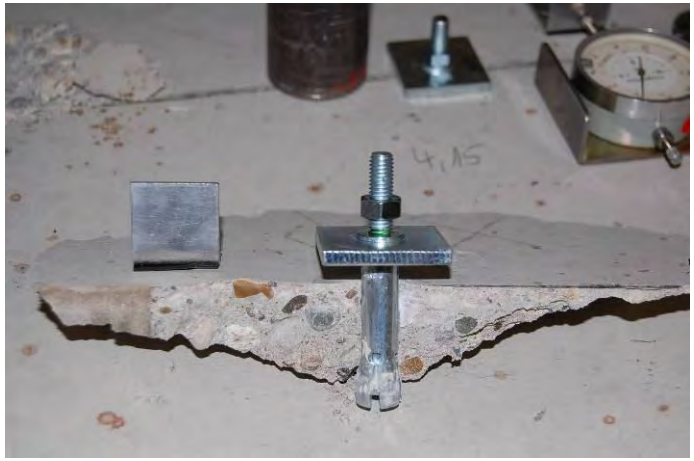


Рис. 5.19 Разрушение анкерного узла при вырыве из бетонной плиты с трещиной при использовании анкера марки: а) FHB II M12; б) FAZ II 12/20, в) FH II 15/10 B; б) Zykon FZA 12×50 M 8/15.

а)

б)

в)

г)

Рис. 5.20 Разрушение анкерного узла при срезе при использовании анкера марки: а) FHB II M12; б) FAZ II 12/20, в) FH II 15/10 B; б) Zykon FZA 12×50 M 8/15.

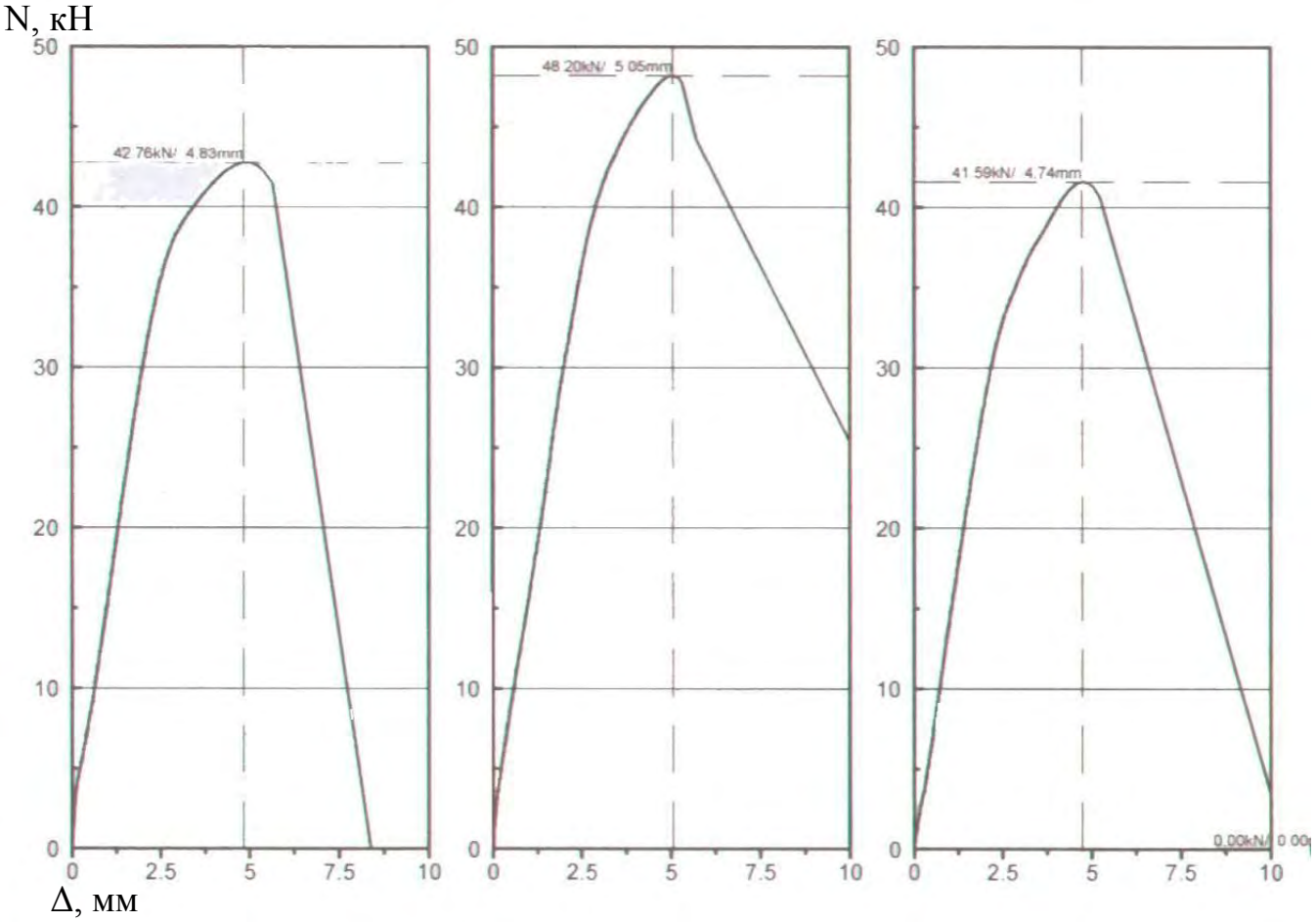


Рис. 5.21 Графики зависимости «нагрузка−деформация» для 3-х образцов анкеров марки FHB II M12 при статическом нагружении срезающей нагрузкой.

5.2 Динамические испытания анкеров

5.2.1 Динамические испытания анкеров по I -ой методике.

В ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко под руководством д.т.н. А.М Курзанова разработан испытательный стенд (рис. 4.2), возбуждение колебаний которого может осуществляться одним из двух способов:

- колебания платформы-маятника, на который установлен испытательный стенд (рис. 4.2), возбуждаются с помощью вибромашины ВИД-12, закрепленной на платформе. За счет инерционной силы, развиваемой ВИД-12, обеспечивается тот или иной частотный спектр воздействий на испытательный стенд и определенный уровень амплитуды колебаний платформы. Как показали испытания, максимальная величина амплитуды колебаний платформы при использовании ВИД-12 составляет 150мм;
- в зависимости от поставленной задачи вместо инерционной нагрузки на платформу от вибромашины возможно возбуждение колебаний платформы обеспечить за счет ударного (импульсного) воздействия. Испытания показали, что в момент удара максимальное ускорение на уровне основания стенда в зависимости от массы опытного образца может составлять от 1.0g до 2.0g.

5.2.1.1 Оборудование для создания динамических нагрузок.

Как уже отмечалось, для создания динамических воздействий на испытываемые образцы использовался специальный стенд.

Стенд состоит из маятниковой платформы, подвешенной на гибких (из полосовой стали) силовых связях к опорной силовой раме. Рама жестко защемлена в силовой пол лабораторного корпуса. Активация платформы осуществляется вибромашиной ВИД-12М, установленной на консоли маятниковой платформы (см. фото на рис. 5.22).

Вибромашина ВИД-12М позволяет обеспечить необходимые параметры динамических воздействий на исследуемые образцы в широком диапазоне частот и инерционных нагрузок путем возбуждения механических колебаний платформы в горизонтальной плоскости.

Управление ВИД-12М осуществляется с пульта управления, расположенного в электрошкафу. Основные технические характеристики маятниковой виброплатформы приведены в табл. 5.1.

Основные технические данные машины ВИД-12 Таблица 5.1.

№№	Наименование параметра	Значение
1	Инерционная сила, развиваемая машиной при наибольшем радиусе дебалансов: - при 60 об/мин (1 Гц) - при 180 об/мин (3 Гц) - при 240 об/мин (4 Гц) - при 300 об/мин (5 Гц)	 0,8 т 7,0 т 12,5 т 20,0 т
2	Частотная характеристика - нижняя частота, Гц - верхняя частота, Гц	 0,4 25
3	Характер изменения частот	бесступенчатый

Рис. 5.22

5.2.1.2 Средства измерения и регистрации динамических характеристик конструкций и воздействий на них

Регистрация и измерение сигналов проводились при помощи специализированного измерительно-вычислительного комплекса MIC - 036, предназначенного для сбора, преобразования, регистрации, обработки, передачи и представления информации поступающей с датчиков.

Комплекс выполняет следующие функции:

- измерение, регистрацию и первичную обработку сигналов (частотных, дискретных и пр.), полученных в результате испытаний;
- отображение значений измеряемых величин или преобразованных параметров на мониторе;
- контроль значений измеряемых величин или преобразованных параметров; оценка результатов их измерения и преобразования;
- самодиагностику проводимых измерений (анализ работоспособности с возможностью вызова диагностических программ);
- архивацию результатов измерения и преобразования (хранение данных с возможностью просмотра и анализа);
- вывод текущих значений измеряемых параметров, кодов аварий и технологических сообщений на ЭВМ верхнего уровня;
- возможность подключения печатающих устройств, в том числе для оформления протоколов результатов измерений;
- возможность связи с другими системами (подключение в существующую локальную вычислительную сеть);
- возможность выдачи сигнала типа «сухой контакт» для включения сигнализации и использования в системах защиты;
- возможность выдачи тестовых аналоговых сигналов.

Измерительно-вычислительный комплекс MIC – 036 дополнительно укомплектован ноутбуком со специализированным пакетом прикладных программ и периферийных устройств, необходимых для автоматизированного процесса обработки сигналов, а также для документирования результатов обработки (рис. 5.23 а).

Для измерения ускорений, частот колебаний, а также динамических перемещений применяются однокомпонентные датчики – акселерометры АТ 1105 – 10м (рис. 5.23 б).

Характеристики датчиков (акселерометров) представлены в таблице 5.2.

Основные технические данные акселерометра АТ 1105 – 10м

Таблица 5.2.

№ №	Наименование параметра	Значение
1	Электропитание от источника постоянного тока относительно средней точки, В	±12 ±12
2	Диапазон измерения, м/с^2 (g)	98,1 (10,0)
3	Частотная характеристика - нижняя частота, Гц - верхняя частота, Гц	 0 700
4	Диапазон рабочих температур, ^{0}С	от +15 до +35

а)

б)

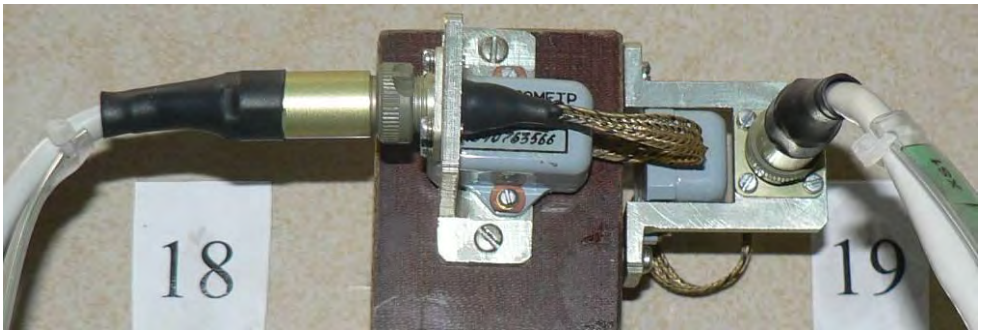


Рис. 5.23

Общее количество контролируемых точек (количество акселерометров) – 6, все они были установлены на облицовочные элементы фасадной системы. Схема расположения акселерометров приведена на рис. 5.24. Данная схема расстановки измерительных приборов позволяет оценить характер динамических воздействий от виброплатформы на несущие элементы фасадной системы − кронштейны и соответственно на анкерный крепеж, с помощью которого осуществляется крепление кронштейнов к железобетонным стенам.

На рис. 5.25 показан план расположения железобетонных панелей пространственного испытательного стенда с обозначением видов облицовочного материала, использованного при испытаниях фасадной системы.

На рис. 5.26 указаны марки анкеров с помощью которых несущие элементы фасадных систем крепились к опытному образцу, и места их расположения на опытном фрагменте.

При этом, на стеновых элементах пространственного экспериментального фрагмента крепились следующие виды облицовок:

вид по A: натуральный облицовочный камень (травертин) в виде плит размерами 1000×2000×50мм и 1200×1800×50мм (вес облицовки - 130 кг/м²).

вид по B: натуральный облицовочный камень (травертин) в виде плиты размером 1200×1800×50мм (вес облицовки - 130 кг/м²).

вид по C: натуральный облицовочный камень (травертин) в виде плит размерами 1000×2000×50мм и 1200×1800×50мм (вес облицовки - 130 кг/м²).

вид по D: натуральный облицовочный камень (травертин) в виде плит размерами 1200×600×30мм (вес облицовки - 60 кг/м²).

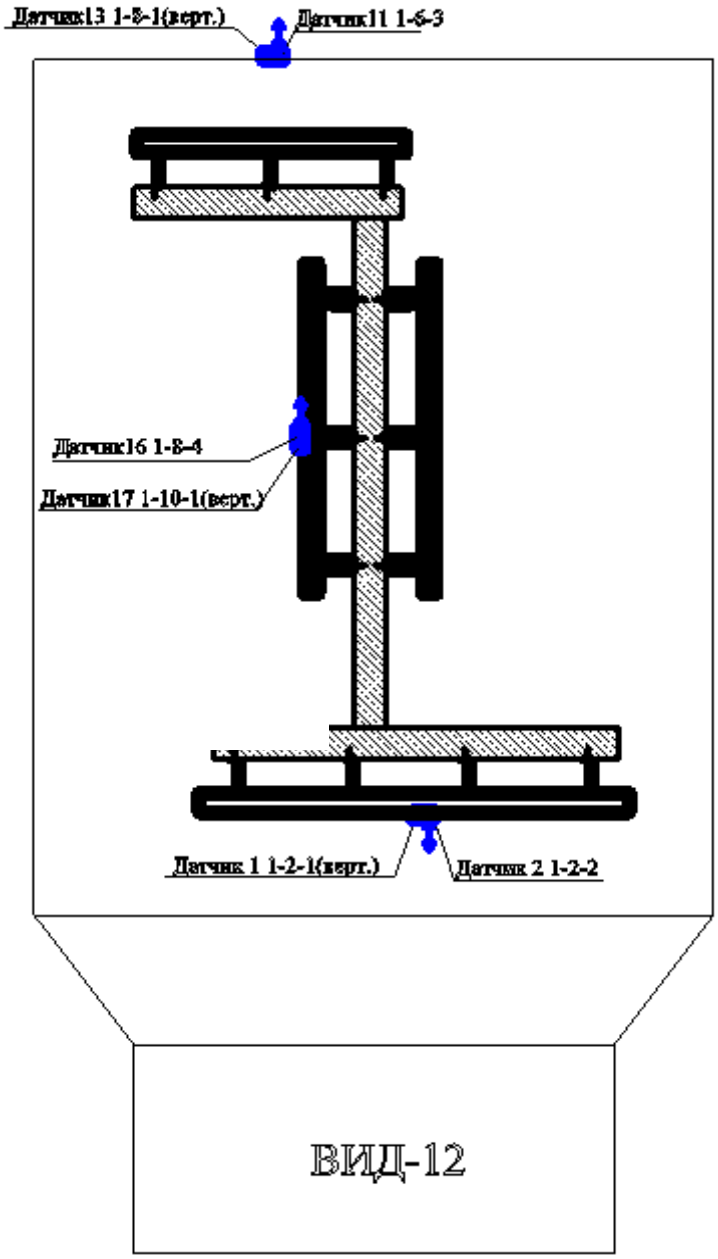


Рис. 5.24 Схема расположения акселерометров.

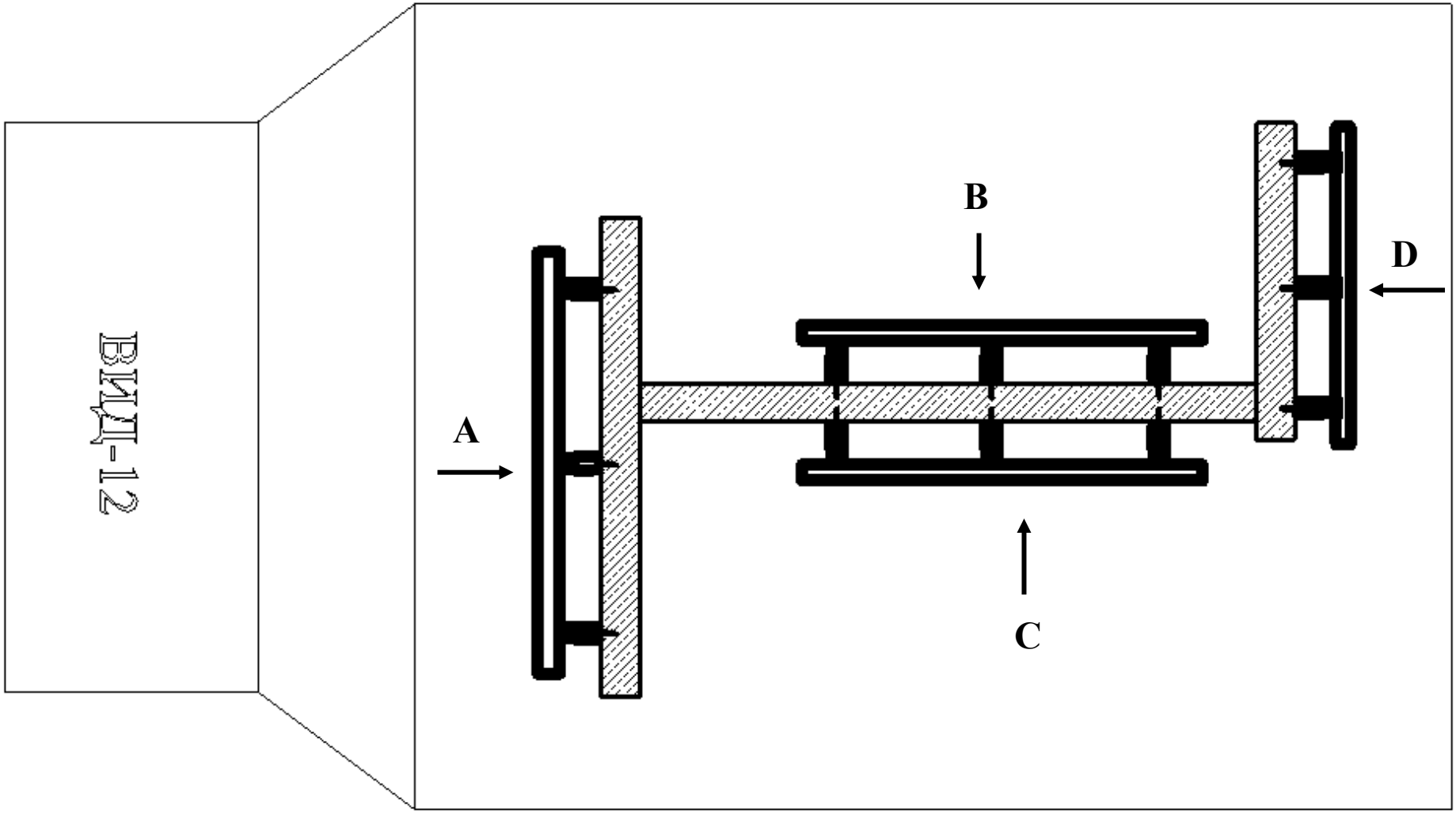


Рис. 5.25 Схема расположения облицовочного материала фасадной системы.

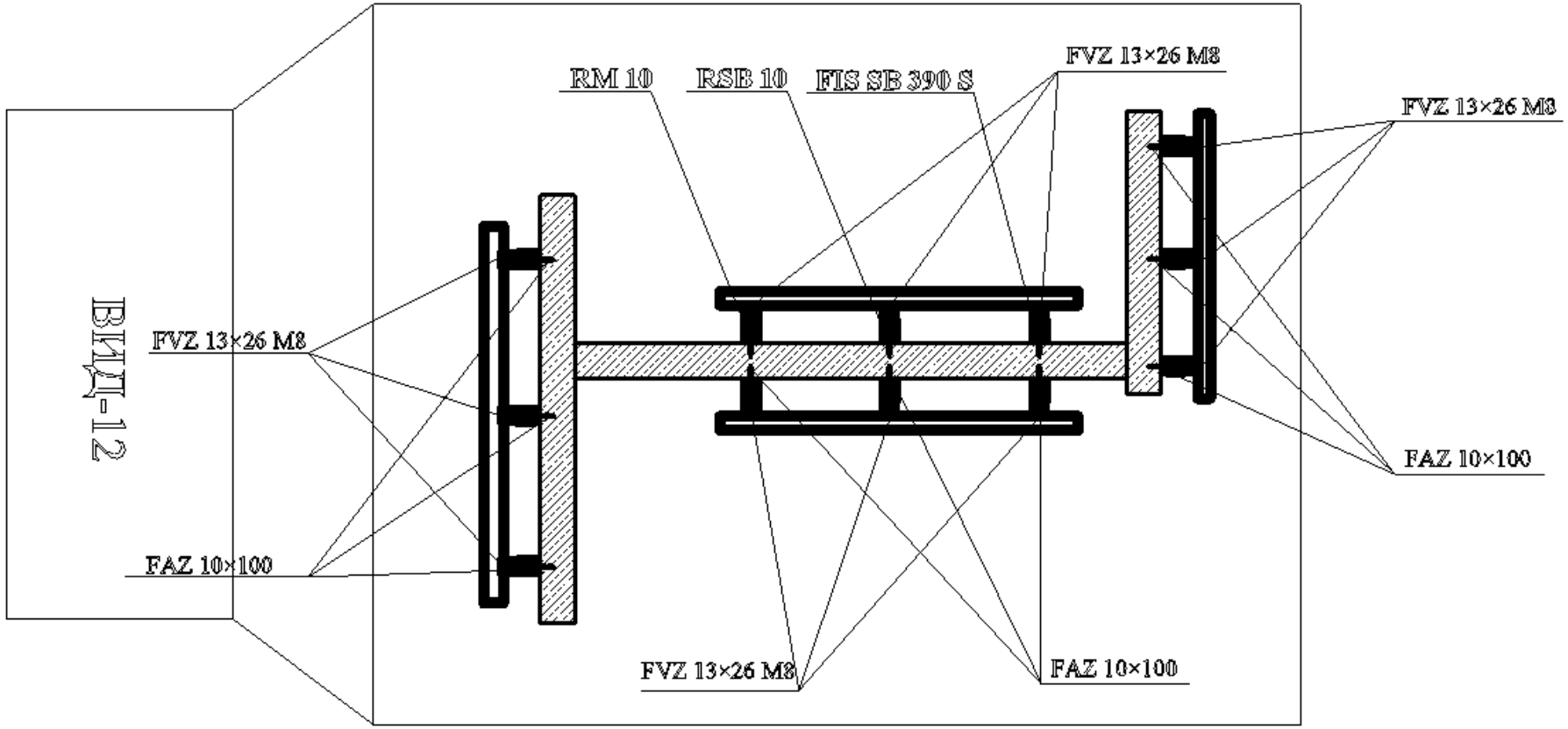


Рис . 5.26 Схема расположения анкеров **«FISCHER»**

5.2.1.3. Результаты динамических испытаний анкеров.

В разделе 4. описана методика динамических испытаний железобетонного стенда, к которому с помощью анкеров **«FISCHER»** крепились несущие подконструкции (кронштейны) фасадной системы.

Как уже отмечалось выше, акселерометры крепились к следующим элементам экспериментальной модели:

- к виброплатформе, что позволяло оценивать уровень динамического воздействия на модель и сравнивать их с нормативными значениями ускорения;
- к кронштейнам навесной фасадной системы, вблизи расположения анкеров **«FISCHER»**;

Программа динамических испытаний анкеров **«FISCHER»** включала в себя следующие пункты:

1. Каждый тип анкера устанавливался в железобетонный элемент вибростенда (класс бетона соответствовал В25). Схема расстановки анкеров показана на рис.5.26.
2. Проводятся испытания ФС, закрепленной к железобетонным стеновым панелям при помощи анкеров **«FISCHER»**, с изменением частотного спектра от 0 до 6.8 Гц при фиксированной амплитуде перемещения виброплатформы.

   Далее изменяется значение амплитуды и осуществляется задание частот в указанном выше спектре. Длительность каждого из указанных этапов динамического нагружения (при фиксированных амплитуде и частоте) системы составляла около 30 сек.

3. По результатам 2-го этапа испытаний (п.2) устанавливаются уровни воздействий, соответствующие резонансным колебаниям системы, и уровни ускорений виброплатформы, соответствующие 7-9-ти балльным воздействиям по шкале MSK-64.
4. После завершения этапа динамических испытаний фасадной системы и соответственно анкерных креплений производилась визуальная оценка технического состояния анкеров и возможности их испытания на действие статической нагрузки вырыва. При отсутствии признаков разрушения анкера, изменения его конфигурации или видимых перемещений анкера он допускался к последнему этапу испытаний статическим нагружением до его разрушения для определения влияния динамической нагрузки на его несущую способность при вырыве.
5. В таблицах 5.3÷5.8 приведены параметры загружения и достигнутые в ходе испытаний ускорения и амплитуды испытательной платформы и кронштейнов ФС.

Полученные характеристики ускорений и перемещений кронштейнов и облицовки позволили оценивать уровень сейсмических сил на кронштейны и облицовку и соответственно на анкеры, с помощью которых кронштейны крепились к железобетонным элементам испытательного стенда.

Изменяя частоту воздействия и амплитуды колебаний платформы, оценивались динамические характеристики (частоты основного тона колебаний, диссипативные свойства и пр.), а также принципиальный характер работы экспериментальной модели.

Приведенные в табл. 5.3 величины ускорений и соответствующие им значения бальности по цветовой гамме соответствуют зонам сейсмичности, указанным на карте сейсмического районирования территории РФ (рис. 5.27).

СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Карта ОСР-97D с вероятностью 0.5% возникновения и возможного превышения сейсмической интенсивности в баллах шкалы MSK-64 в течение 50 лет (период повторяемости T=10000 лет)
MSK-64
5
6
7
8
9
10
11
Километры
1 000
500
0
1 000
Отв. ред. В.И.Уломов
Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН
МУРМАНСК
КАНДАЛАКША
АРХАНГЕЛЬСК
ПЕТРОЗАВОДСК
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
ВОЛОГДА
ЯРОСЛАВЛЬ
КОТЛАС
СЫКТЫВКАР
ПЕЧОРА
ВОРКУТА
Салехард
Дудинка
НОРИЛЬСК
НОВЫЙ УРЕНГОЙ
Игарка
Туруханск
Диксон
Хатанга
Тикси
Верхоянск
Жиганск
Среднеколымск
Зырянка
Эвенск
Оссора
Палана
Каменское
Корф
Анадырь
Беринговский
Провидения
Эгвекинот
Мыс Шмидта
Певек
Чокурдах
Сеймчан
Омсукчан
МАГАДАН
ПЕТРОПАВЛОВСК - КАМЧАТСКИЙ
Охотск
Ханда
Якутск
Усть-Мая
Вилюйск
Мирный
Кемендяй
Олекминск
Ленск
Алдан
Чагда
Аян
Ола
Северо-Курильск
Никольское
Александровск-Сахалинский
Петропавловск
Советская Гавань
Комсомольск
ЮЖНО-САХАЛИНСК
Невельск
Тура
Ванавара
Северо-Енисейский
Бодайбо
НЕРЮНГРИ
ТЫНДА
Экимчан
Сковородино
Чегдомын
СВОБОДНЫЙ
БЛАГОВЕЩЕНСК
ХАБАРОВСК
ВАНИНО
Бикин
Терней
САППОРО
ХАКОДАТЕ
АОМОРИ
НАХОДКА
ВЛАДИВОСТОК
ЧАНЧУНЬ
ХАРБИН
ЦИЦИКАР
ХАЙЛАР
Борзя
ХЭГАН
Чойбалсан
УЛАН-БАТОР
ЧИТА
УЛАН-УДЭ
ИРКУТСК
ЧЕРЕМХОВО
Нижнеудинск
БРАТСК
Северобайкальск
Тайшет
КРАСНОЯРСК
УСТЬ-КУТ
УСТЬ-ИЛИМСК
ЛЕСОСИБИРСК
ОМСК
ТОМСК
АЧИНСК
КЕМЕРОВО
НОВОСИБИРСК
АБАКАН
ВАРНАУЛ
НОВОКУЗНЕЦК
СЕМИПАЛАТИНСК
Горно-Алтайск
КЫЗЫЛ
Кызылгем
АСТАНА
ПЕТРОПАВЛОВСК
ИШИМ
КУРГАН
ЧЕЛЯБИНСК
ТЮМЕНЬ
ТОБОЛЬСК
ЕКАТЕРИНБУРГ
УФА
УРАЛЬСК
ОРЕНБУРГ
АКТЮБИНСК
АТЫРАУ
АСТРАХАНЬ
ВОЛГОГРАД
САМАРА
САРАТОВ
УЛЬЯНОВСК
ИЖЕВСК
ПЕРМЬ
КАЗАНЬ
ПЕНЗА
СОЛИКАМСК
Ханты-Мансийск
СУРГУТ
НИЖНЕВАРТОВСК
НОЯБРЬСК
КИРОВ
Курганнар
ТАМБОВ
ВОРОНЕЖ
ЛИПЕЦК
РЯЗАНЬ
ИВАНОВО
ЯРОСЛАВЛЬ
ТВЕРЬ
ВОЛОГДА
МОСКВА
БРЯНСК
ОРЕЛ
ТУЛА
КУРСК
ХАРЬКОВ
ДОНЕЦК
Миллерово
СИМФЕРОПОЛЬ
РОСТОВ-НА-ДОНУ
КРАСНОДАР
МАЙКОП
СОЧИ
СУХУМИ
ЭЛИСТА
ЧЕРКЕССК
НАЛЬЧИК
БАТУМИ
НАЛЬЧИК
ГРОЗНЫЙ
МАХАЧКАЛА
АКТАУ (ШЕВЧЕНКО)
БАКУ
НЕБИТ-ДАГ
НУКУС
КЫЗЫЛ-ОРДА
ПРАГА
ПОЗНАНЬ
ГДАНЬСК
КАЛИНИНГРАД
ВАРШАВА
КРАКОВ
ВИЛЬНЮС
БРЕСТ
ЛЬВОВ
МИНСК
ГОМЕЛЬ
КИЕВ
КИШИНЕВ
ОДЕССА
ТУРКУ
ПОРИ
ОУЛУ
КУОПИО
ТАЛЛИН
РИГА
ХЕЛЬСИНКИ
ПСКОВ
Беломорск
Медвежьегорск
Нарьян-Мар
Амдерма

Рис. 5.27

Параметры динамического нагружения виброплатформы в горизонтальной плоскости (датчик 1-6-3)

Таблица 5.3

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с^2)
1	2.3	2.6	0.6
2	3.2	2.6	1.1
3	4.1	2.5	1.6
4	4.7	2.1	2.0
5	5.3	2.2	2.3
6	5.6	1.8	2.2
7	57	1.0	1.3
8	1.8	4.7	0.6
9	2.4	4.7	1.1
10	3.1	4.7	1.8
11	3.7	4.5	2.5
12	4.4	4.2	3.2
13	4.8	3.8	3.4
14	4.9	3.9	3.6
15	1.2	6.2	0.4
16	1.7	7.6	0.9
17	2.1	7.4	1.2
18	2.4	7.4	1.7
19	3.5	7.2	3.5
20	4.0	6.9	4.2
21	0.9	3.3	0.4
22	1.7	9.7	1.1
23	2.3	10.0	2.1
24	3.1	9.5	3.6
25	3.4	9.3	4.3
26	3.6	8.9	4.5
27	1.3	11.8	0.9
28	1.7	11.7	1.4
29	2.3	12.2	2.5
30	2.6	12.0	3.1
31	3.2	10.9	4.3
32	2.6	1.5	0.4
33	4.4	1.2	0.9
34	5.1	1.1	1.2
35	6.0	0.4	0.6
36	6.0	1.3	1.8
37	5.9	2.6	3.6
38	6.3	2.2	3.4
39	6.8	2.5	4.7
40	5.6	1.0	1.3
41	5.7	3.4	4.3

Параметры динамического нагружения виброплатформы в вертикальной плоскости (датчик 1-8-1)

Таблица 5.4

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с^2)
1	2.3	0.1	0.1
2	3.2	0.2	0.1
3	4.1	0.5	0.3
4	4.7	0.8	0.8
5	5.3	1.3	1.4
6	5.6	1.6	2.0
7	57	1.5	2.0
8	1.8	0.1	0.1
9	2.4	0.1	0.1
10	3.1	0.3	0.1
11	3.7	0.7	0.4
12	4.4	1.2	0.9
13	4.8	1.6	1.4
14	4.9	1.8	1.7
15	1.2	0.3	0.1
16	1.7	0.2	0.1
17	2.1	0.1	0.1
18	2.4	0.1	0.1
19	3.5	0.9	0.4
20	4.0	1.4	0.8
21	0.9	0.2	0.1
22	1.7	0.2	0.1
23	2.3	0.1	0.1
24	3.1	0.7	0.3
25	3.4	1.1	0.5
26	3.6	1.2	0.6
27	1.3	0.4	0.1
28	1.7	0.3	0.1
29	2.3	0.1	0.1
30	2.6	0.3	0.1
31	3.2	0.9	0.4
32	2.6	0.1	0.1
33	4.4	0.4	0.3
34	5.1	0.7	0.8
35	6.0	1.0	1.4
36	6.0	6.0	8.5
37	5.9	6.8	9.1
38	6.3	2.2	3.4
39	6.8	1.9	3.5
40	5.6	1.6	2.0
41	5.7	6.1	7.9

Параметры динамического нагружения анкеров (измерение горизонтальных усилий относительно оси анкера) (датчик 1-8-4)

Таблица 5.5

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с^2)
1	2.3	2.9	0.7
2	3.2	3.1	1.3
3	4.1	3.4	2.2
4	4.7	3.6	3.3
5	5.3	4.4	4.7
6	5.6	4.9	6.1
7	57	6.2	7.9
8	1.8	4.9	0.6
9	2.4	5.2	1.2
10	3.1	5.5	2.1
11	3.7	5.8	3.2
12	4.4	6.3	4.8
13	4.8	6.6	6.0
14	4.9	7.2	6.8
15	1.2	6.3	0.4
16	1.7	7.9	0.9
17	2.1	7.9	1.3
18	2.4	8.1	1.9
19	3.5	9.1	4.4
20	4.0	9.4	5.8
21	0.9	3.3	0.4
22	1.7	10.1	1.1
23	2.3	10.7	2.3
24	3.1	11.3	2.3
25	3.4	11.6	5.4
26	3.6	11.4	5.7
27	1.3	12.1	0.9
28	1.7	12.2	1.4
29	2.3	13.2	2.7
30	2.6	13.4	3.5
31	3.2	13.2	5.2
32	2.6	1.6	0.4
33	4.4	1.8	1.4
34	5.1	2.3	2.4
35	6.0	3.2	4.6
36	6.0	5.2	7.4
37	5.9	6.5	8.7
38	6.3	1.8	2.8
39	6.8	1.2	2.3
40	5.6	4.3	5.4
41	5.7	6.7	8.6

Параметры динамического нагружения анкеров (измерение вертикальных усилий относительно оси анкера) (датчик 1-10-1)

Таблица 5.6

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с^2)
1	2.3	0.1	0.1
2	3.2	0.1	0.1
3	4.1	0.1	0.1
4	4.7	0.2	0.2
5	5.3	0.5	0.5
6	5.6	1.1	1.3
7	5.7	3.7	4.9
8	1.8	0.1	0.1
9	2.4	0.1	0.1
10	3.1	0.1	0.1
11	3.7	0.1	0.1
12	4.4	0.3	0.2
13	4.8	0.5	0.5
14	4.9	0.8	0.7
15	1.2	0.1	0.1
16	1.7	0.1	0.1
17	2.1	0.1	0.1
18	2.4	0.1	0.1
19	3.5	0.1	0.1
20	4.0	0.2	0.2
21	0.9	0.9	0.1
22	1.7	0.1	0.1
23	2.3	0.1	0.1
24	3.1	0.1	0.1
25	3.4	0.1	0.1
26	3.6	0.2	0.1
27	1.3	0.2	0.1
28	1.7	0.2	0.1
29	2.3	0.1	0.1
30	2.6	0.1	0.1
31	3.2	0.1	0.1
32	2.6	0.1	0.1
33	4.4	0.1	0.1
34	5.1	0.3	0.3
35	6.0	2.1	2.9
36	6.0	1.5	2.2
37	5.9	2.1	2.8
38	6.3	1.8	2.8
39	6.8	1.6	2.9
40	5.6	3.9	4.9
41	5.7	3.7	4.7

Параметры динамического нагружения анкеров (измерение горизонтальных усилий относительно оси анкера) (датчик 1-2-2)

Таблица 5.7

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a ($м/с^2$)
1	2.3	3.0	0.7
2	3.2	3.3	1.4
3	4.1	3.7	2.5
4	4.7	4.1	3.8
5	5.3	5.3	5.7
6	5.6	6.3	7.8
7	57	8.7	11.2
8	1.8	5.0	0.6
9	2.4	5.4	1.2
10	3.1	5.9	2.3
11	3.7	6.4	3.5
12	4.4	7.1	5.4
13	4.8	7.7	7.0
14	4.9	8.6	8.1
15	1.2	6.1	0.4
16	1.7	8.1	0.9
17	2.1	8.2	1.3
18	2.4	8.4	2.0
19	3.5	9.8	4.8
20	4.0	10.4	6.4
21	0.9	3.3	0.4
22	1.7	10.3	1.1
23	2.3	11.2	2.4
24	3.1	12.0	4.5
25	3.4	12.5	5.8
26	3.6	12.3	6.2
27	1.3	12.3	0.9
28	1.7	12.5	1.5
29	2.3	13.8	2.8
30	2.6	14.0	3.7
31	3.2	14.0	5.6
32	2.6	1.7	0.4
33	4.4	2.0	1.6
34	5.1	2.9	3.0
35	6.0	4.7	6.6
36	6.0	8.4	11.9
37	5.9	10.8	14.6
38	6.3	3.7	5.8
39	6.8	2.8	5.1
40	5.6	7.1	8.9
41	5.7	11.8	15.2

Параметры динамического нагружения анкеров (измерение вертикальных усилий относительно оси анкера) (датчик 1-2-1)

Таблица 5.8

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с^2)
1	2.3	0.4	0.1
2	3.2	0.9	0.4
3	4.1	1.6	1.1
4	4.7	2.6	2.6
5	5.3	4.7	5.1
6	5.6	7.6	9.4
7	57	16.9	21.8
8	1.8	0.2	0.1
9	2.4	0.7	0.2
10	3.1	1.5	0.6
11	3.7	2.4	1.3
12	4.4	4.1	3.1
13	4.8	5.7	5.2
14	4.9	7.2	6.8
15	1.2	0.1	0.1
16	1.7	0.4	0.1
17	2.1	0.6	0.1
18	2.4	1.1	0.3
19	3.5	3.3	1.6
20	4.0	4.6	2.9
21	0.9	0.1	0.1
22	1.7	0.4	0.1
23	2.3	1.3	0.3
24	3.1	3.0	1.1
25	3.4	4.0	1.8
26	3.6	4.3	2.2
27	1.3	0.2	0.1
28	1.7	0.6	0.1
29	2.3	1.5	0.3
30	2.6	2.2	0.6
31	3.2	3.7	1.5
32	2.6	0.3	0.1
33	4.4	1.1	0.9
34	5.1	2.6	2.7
35	6.0	9.3	13.1
36	6.0	11.0	15.5
37	5.9	17.9	24.1
38	6.3	9.3	14.5
39	6.8	7.9	14.5
40	5.6	16.7	21.1
41	5.7	23.0	30.0

Анализ результатов динамических испытаний анкерных креплений **«FISCHER»** позволяет отметить следующее:

- в процессе испытаний ускорение виброплатформы по данным акселерометров, установленных на ней, изменялось в интервале от 0.4 до 4.7м/с^2, что эквивалентно сейсмическому воздействию от 2 до 9 баллов. Частоты колебания системы изменялись в интервале от 0.9 до 6.8 Гц. Амплитуды колебаний виброплатформы изменялись от 0.4 до 12.2мм. При этом величины ускорений в местах установки акселерометров на анкерных узлах изменялись в интервале от 0.1м/с^2 до 15.2м/с^2 в продольном относительно оси анкеров направлении и от 0.1м/с^2 до 30.0 м/с^2 - в вертикальном направлении относительно оси анкеров. Продолжительность динамического воздействия на каждом из режимов нагружения платформы составляла −30-50 сек;
- в процессе динамических испытаний были выполнены исследования работы фасадных конструкций, закрепленных с помощью анкеров **«FISCHER»** к железобетонным стенам, на действие динамического удара. На рис.5.28, 5.29 показаны акселерограммы ускорений при ударном воздействии на анкеры, значение которых по данным акселерометра составила ≈1.25g и 1.52g.

  Продольное динамическое усилие вырыва, приходящее на анкер при действии циклической нагрузки составило N=474,2кгс, поперечное усилие на анкер изменялось в процессе испытаний от 240кгс, до 840кгс.

При указанных выше параметрах динамических воздействий повреждений анкеров и их узловых соединений не выявлено.

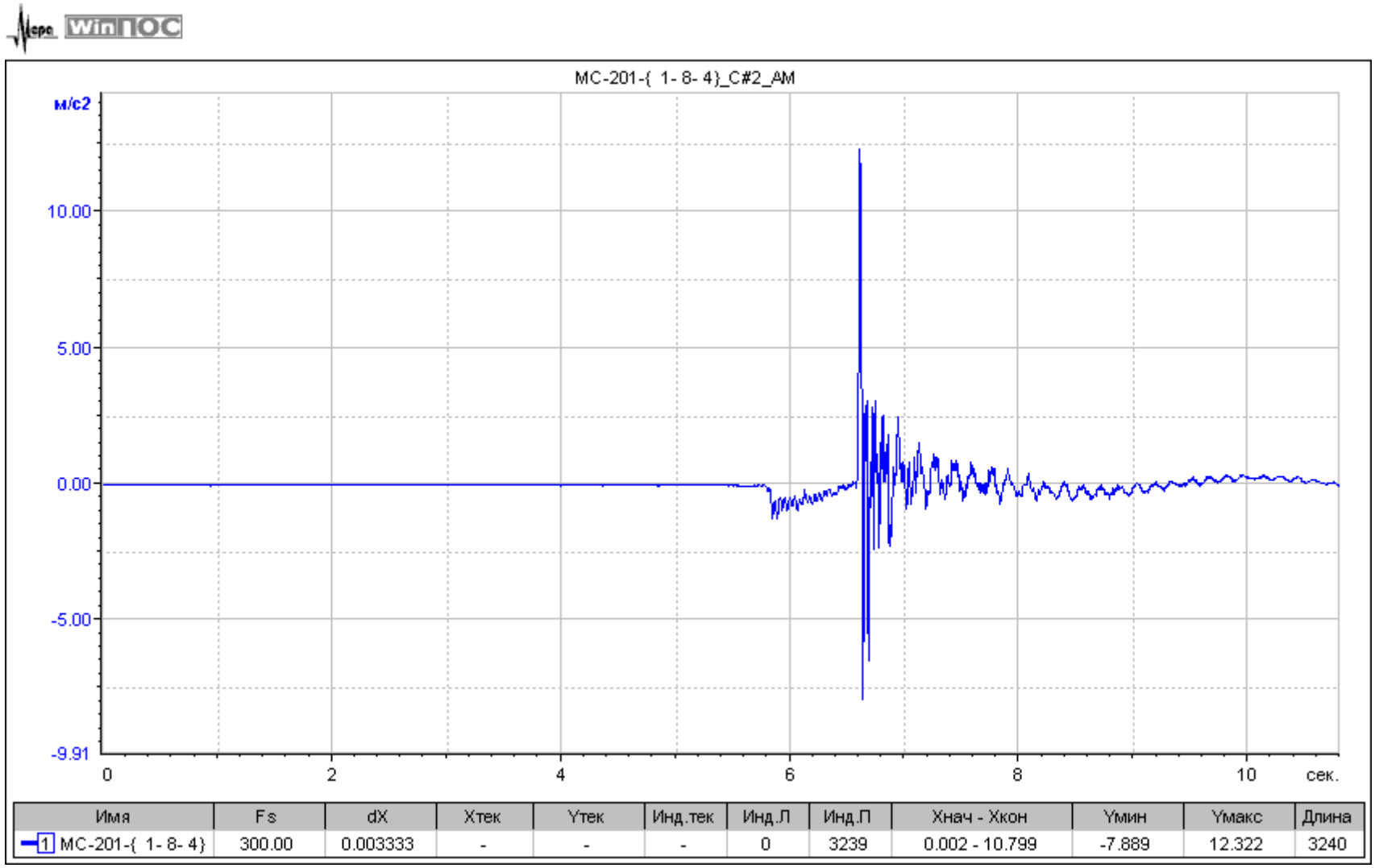

WinПОС
МС-201-{ 1- 8- 4}_C#2_AM
м/с2
10.00
5.00
0.00
-5.00
-9.91
0
2
4
6
8
10
сек.
Имя | Fs | dX | Xтек | Yтек | Инд.тек | Инд.Л | Инд.П | Xнач - Xкон | Yмин | Yмакс | Длина
1 МС-201-{ 1- 8- 4} | 300.00 | 0.003333 | - | - | - | 0 | 3239 | 0.002 - 10.799 | -7.889 | 12.322 | 3240

Рис. 5.28

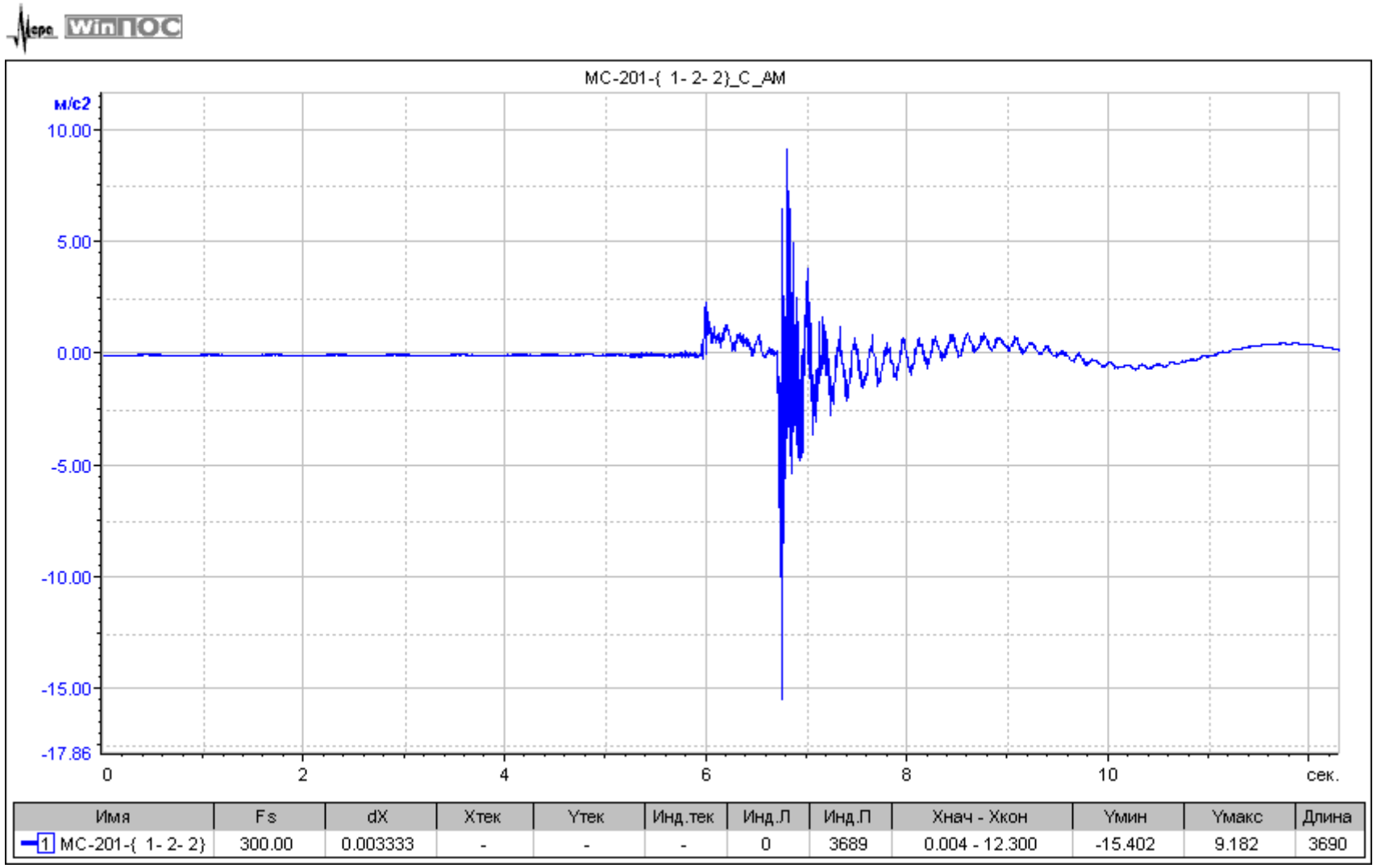

WinПОС
МС-201-{ 1- 2- 2}_С_АМ
м/с2
10.00
5.00
0.00
-5.00
-10.00
-15.00
-17.86
0
2
4
6
8
10
сек.
Имя | Fs | dX | Хтек | Yтек | Инд.тек | Инд.Л | Инд.П | Хнач - Хкон | Yмин | Yмакс | Длина
1 МС-201-{ 1- 2- 2} | 300.00 | 0.003333 | - | - | - | 0 | 3689 | 0.004 - 12.300 | -15.402 | 9.182 | 3690

Рис. 5.29

5.2.2 Динамические испытания анкеров по II-ой методике.

На основе динамических испытаний анкеров устанавливалось влияние циклической нагрузки различной интенсивности и частоты воздействия на возможное изменение уровня сцепления анкера с бетонной поверхностью стенового материала. На рис. 5.30, 5.31 приведены результаты испытаний анкеров марки FHB II M12 при действии циклической нагрузки, приложенной вдоль оси анкера, при, соответственно, f=5 и n=500, и f=15 и n=1000.

Анализ результатов динамических испытаний анкеров на действие циклической продольной силы позволяет отметить следующее.

1. При действии циклических продольных относительно оси анкера сил величиной до 0.7 от $N_{разр.}$ несущая способность и деформации анкера не меняются:

   − не установлено изменение (падение) величины нагрузки на анкер;

   − не установлено возрастание амплитуды колебаний анкера.

   Изменение указанных факторов происходит в случае проскальзывания анкеров в момент преодоления сил трения, создаваемого сцеплением как клеевого состава с бетоном, так и непосредственно ступенчатой части анкера (рис.5.17 а) с клеевой массой.
2. На рис. 5.32÷5.35 приведены результаты испытаний анкеров марки FHB II M12 на действие циклической нагрузки, направленной поперек продольной оси анкера (усилие среза), при соответственно, f=5 и n=500, и f=15 и n=1000.

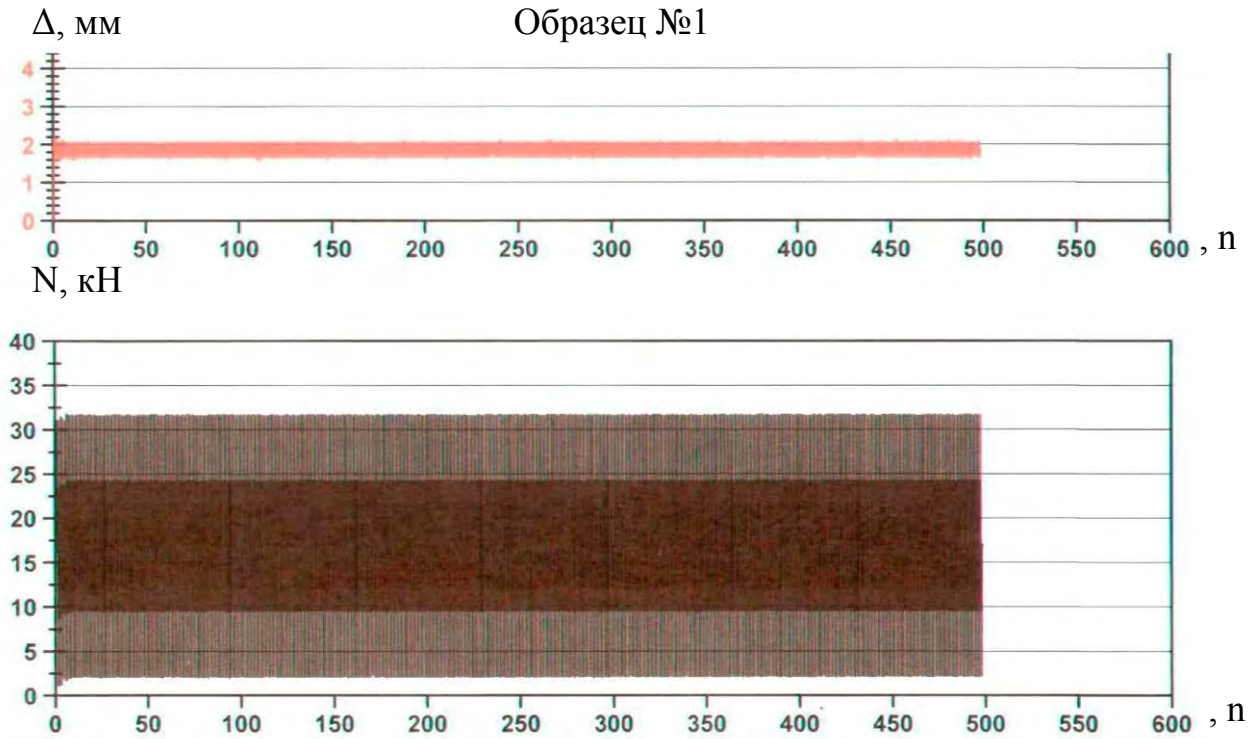
Анализ результатов динамических испытаний анкеров на действие циклической поперечной относительно оси анкера силы позволяет отметить следующее.

1. Как видно из графика на рис. 5.36 по мере увеличения числа циклов происходит «размягчение» (разрушение) бетона в зоне входа анкера и,

как следствие этого, снижение величины максимальной срезающей нагрузки.

2. Из-за разрушения бетона входной зоны отверстия под анкер имеет место увеличение амплитуды перемещений анкера при действии динамической нагрузки.

а)



б)

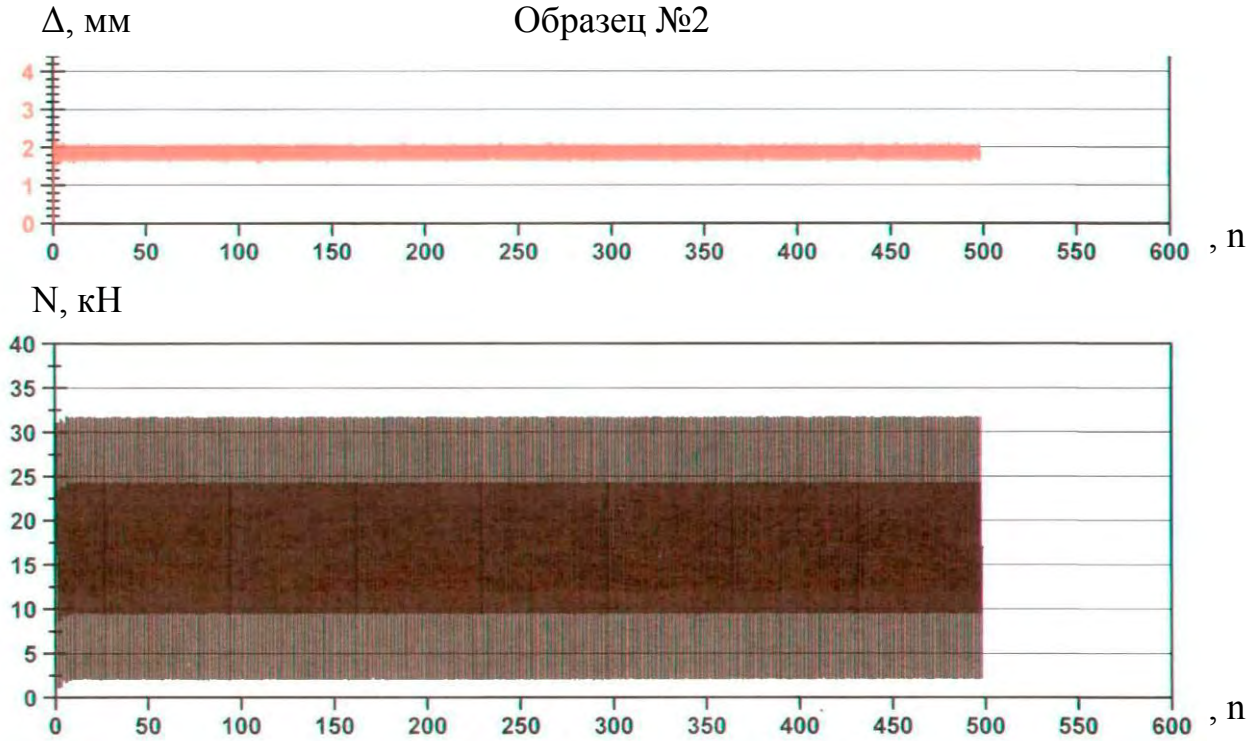
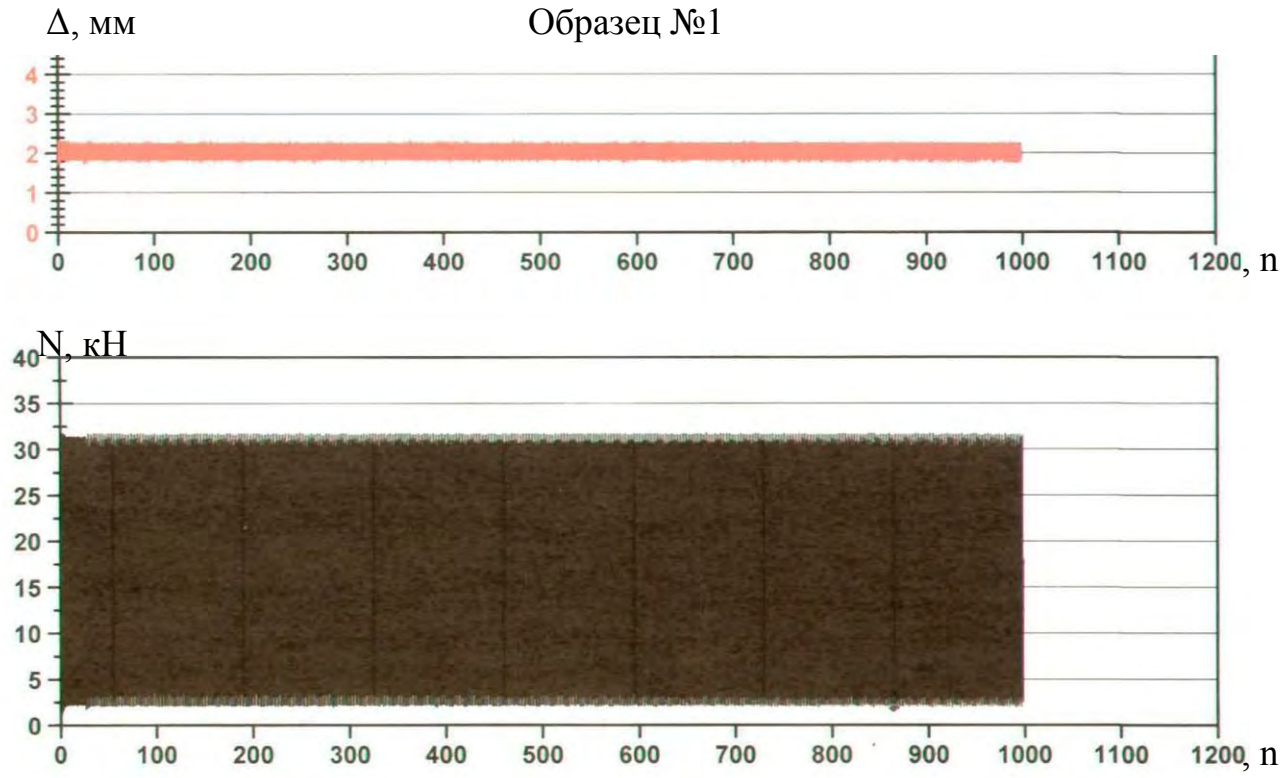


Рис. 5.30. Графики зависимостей амплитуды и величин циклической нагрузки вырыва от количества циклов приложения нагрузки для анкеров марки FHB II M 12 при f=5 Гц и n= 500 циклов.

а)



б)

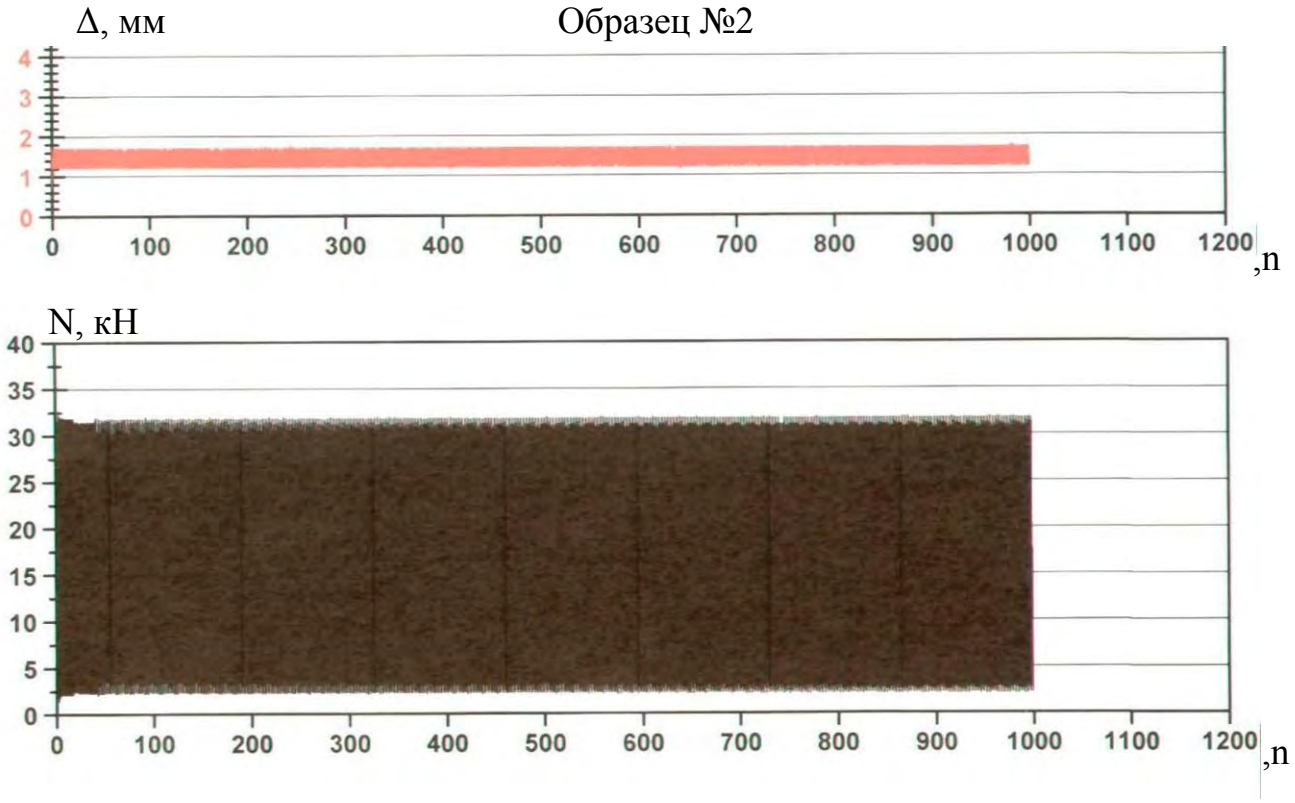


Рис. 5.31 Графики зависимостей амплитуды и величин циклической нагрузки вырыва от количества циклов приложения нагрузки для анкеров марки FHB II M 12 при f=15 Гц и n=1000 циклов.

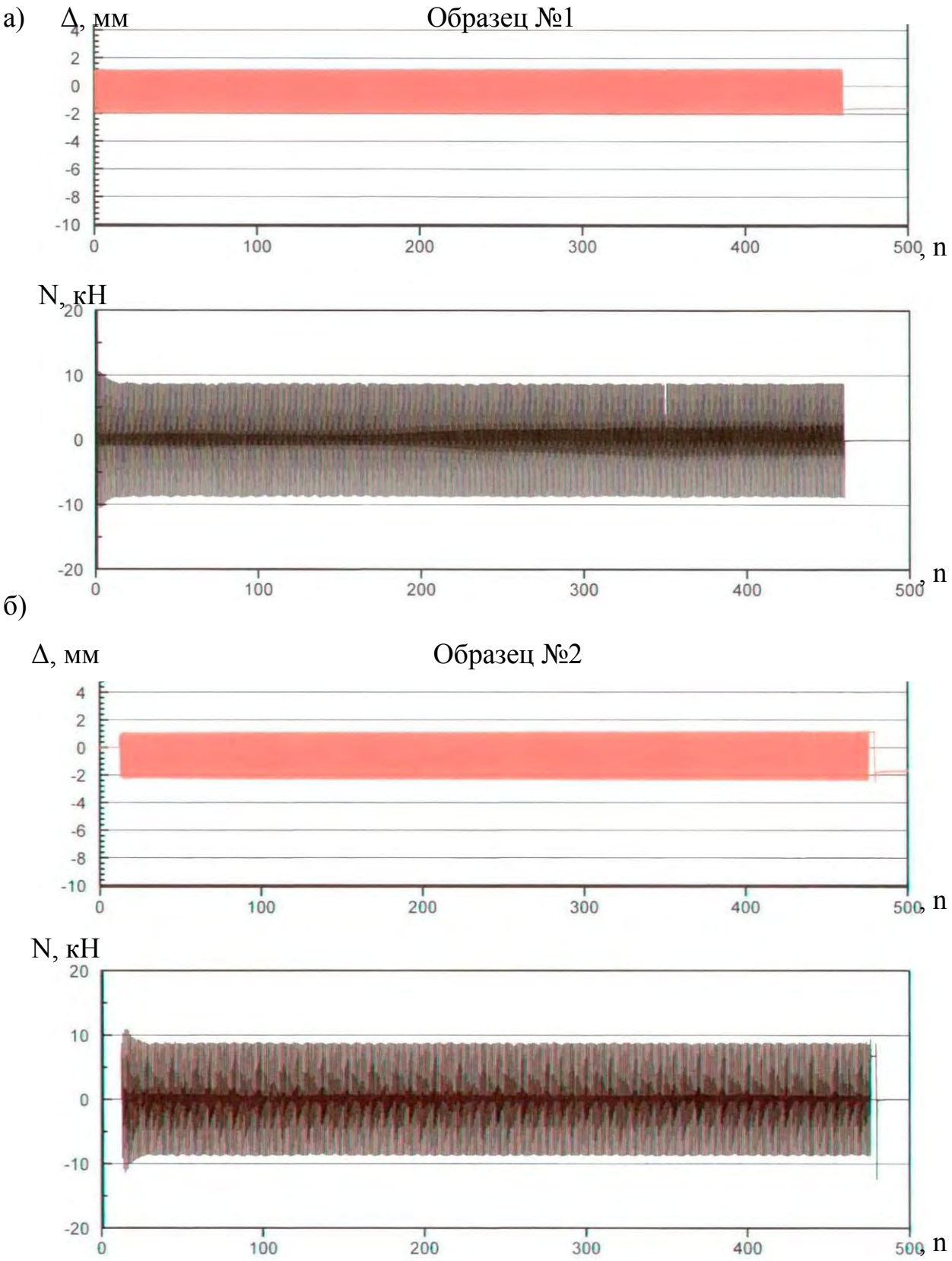


Рис. 5.32 Графики зависимостей амплитуды и величин циклической нагрузки среза от количества циклов приложения нагрузки для анкеров марки FHB II M 12 при f=5 Гц и n=500 циклов.

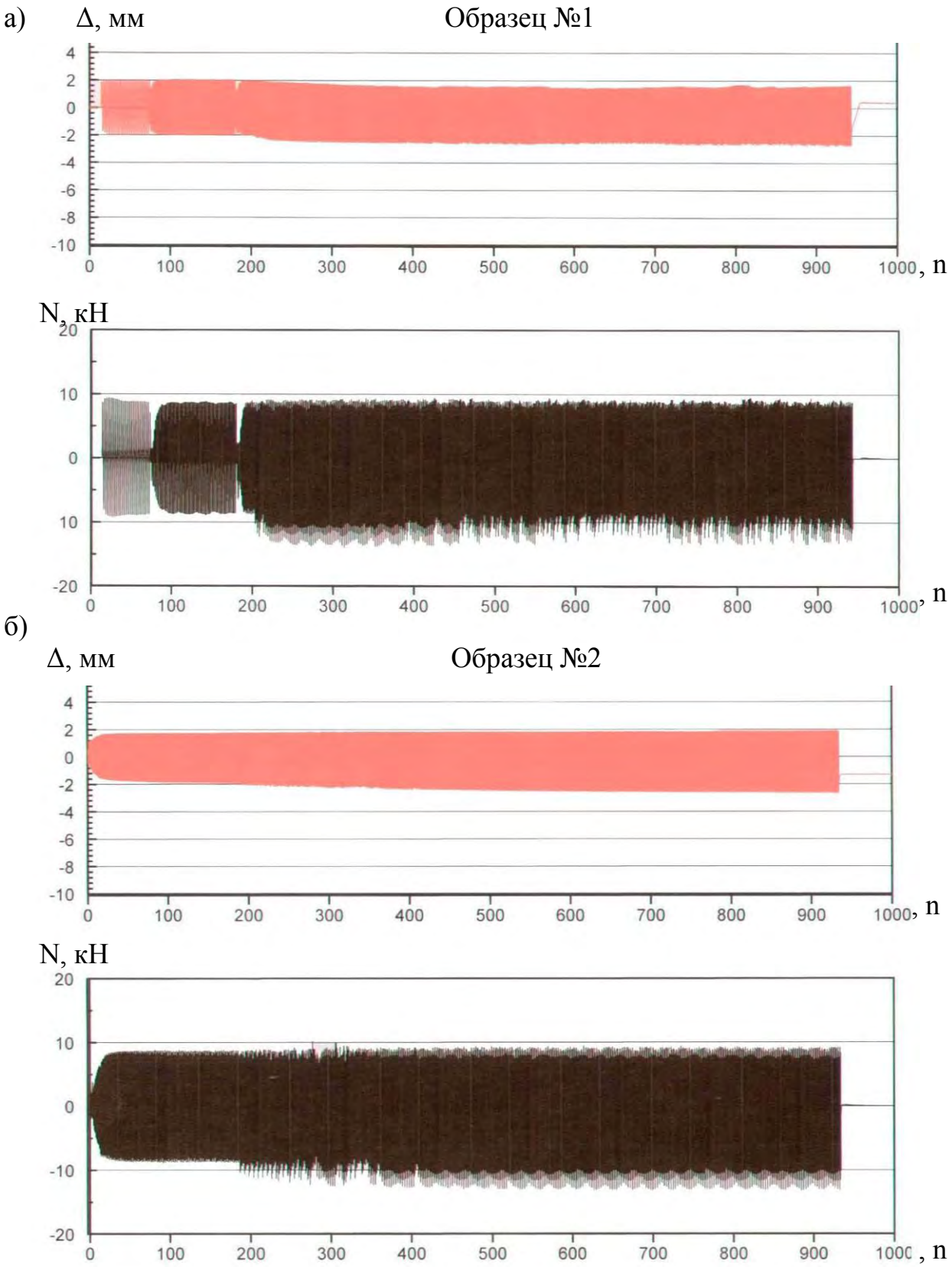


Рис. 5.33. Графики зависимостей амплитуды и величин циклической нагрузки среза от количества циклов приложения нагрузки для анкеров марки FHB II M 12 при f=15 Гц и n=1000 циклов.

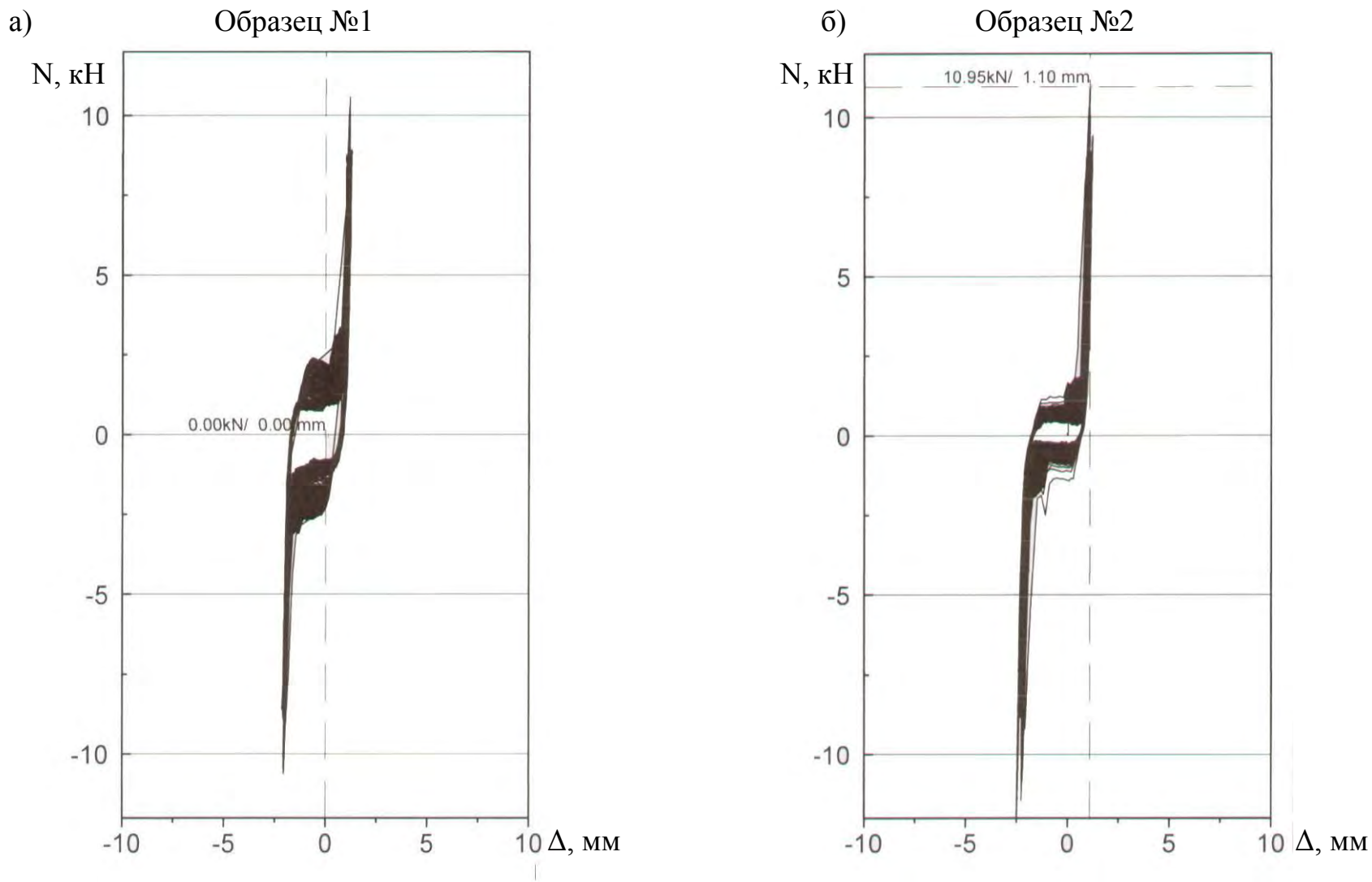
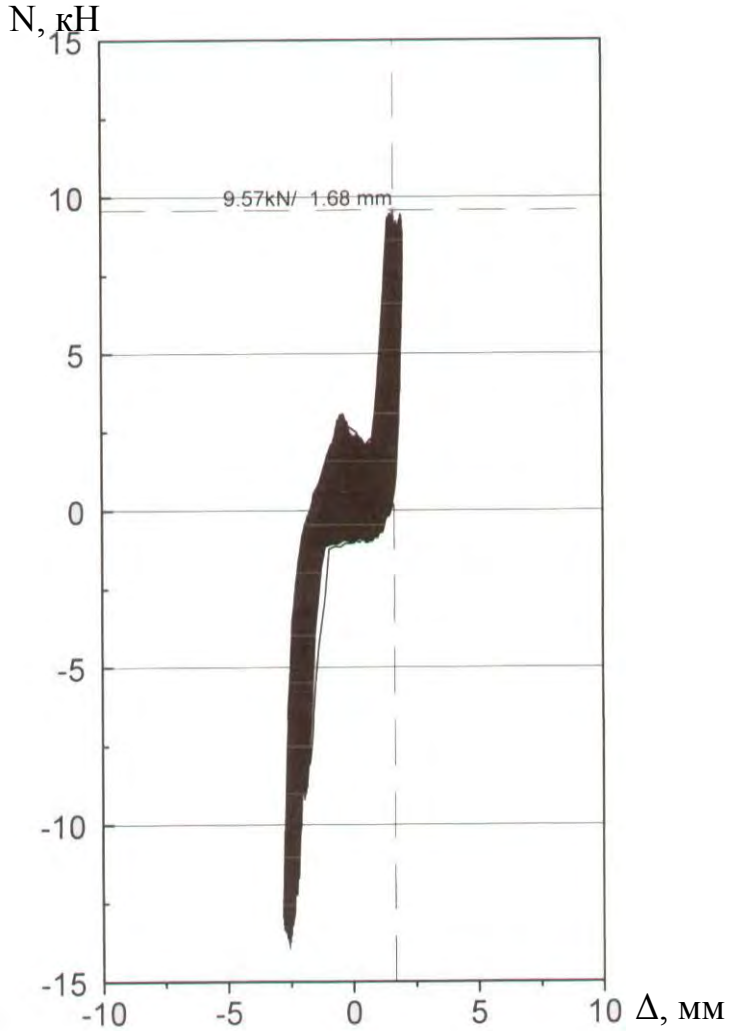


Рис. 5.34. Гистерезисная кривая «нагрузка−деформация» для анкеров марки FHB II M 12 при действии на них динамической срезающей нагрузки с параметрами f=5 Гц и n=500 циклов.

а) Образец №1



б) Образец №2

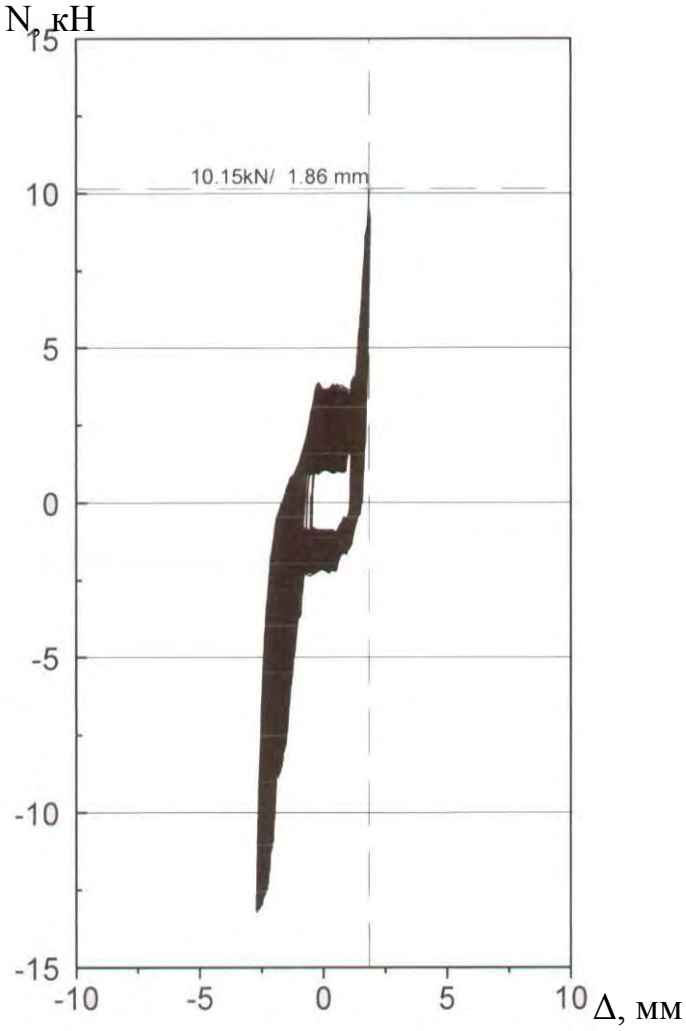


Рис. 5.35 Гистерезисная кривая «нагрузка−деформация» для анкеров марки FHB II M 12 при действии на них динамической срезающей нагрузки с параметрами f=15 Гц и n=1000 циклов.

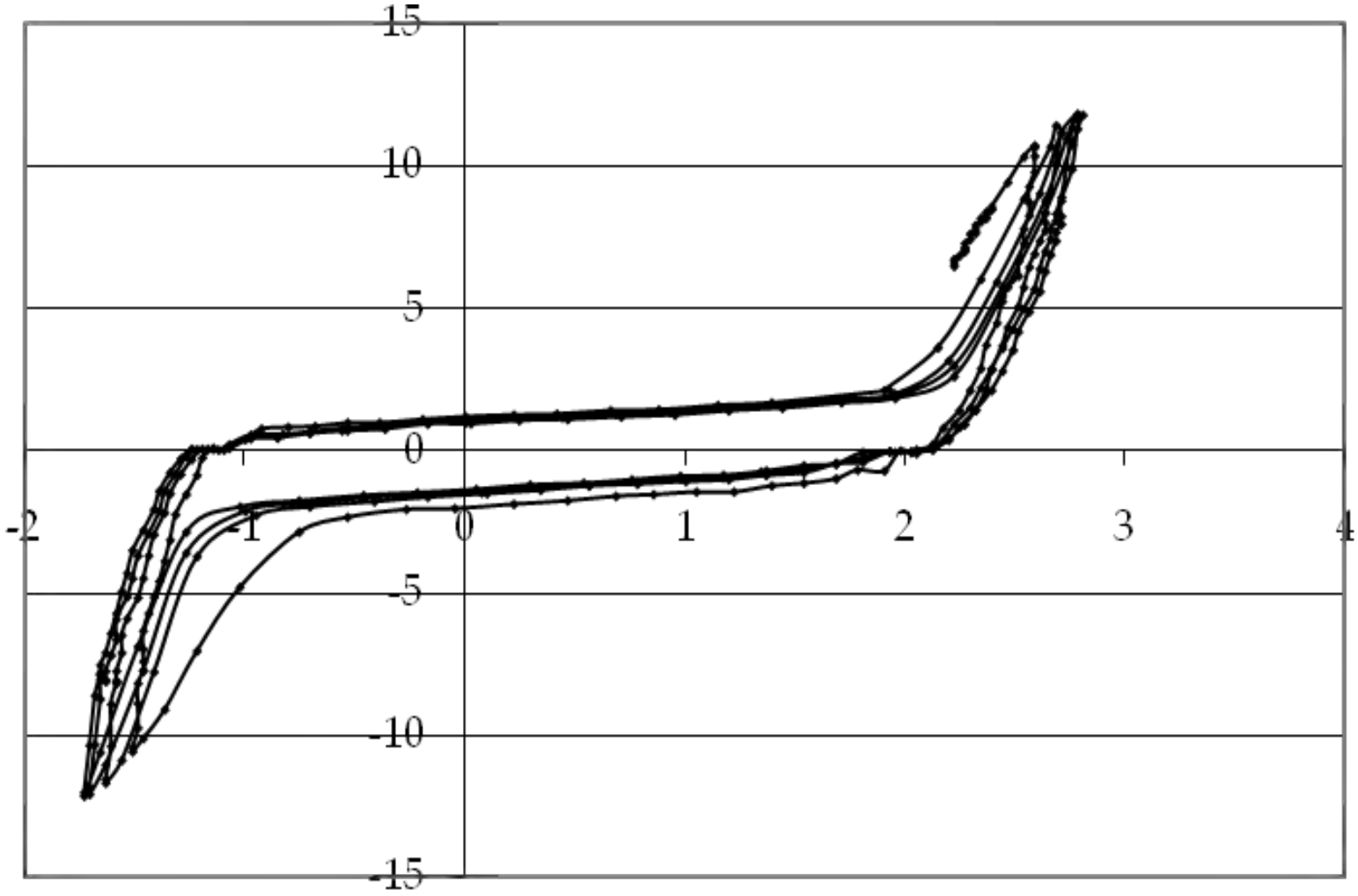


Рис. 5.36 Петли гистерезисных кривых при циклических испытаниях (n=4) на действие срезающих усилий.

5.3 Статические испытания анкеров на вырыв и срез (после проведения динамических испытаний).

5.3.1 Статические испытания анкеров на вырыв по I-ой методике.

После завершения динамических испытаний анкеров эти анкеры были испытаны на действие статической продольной относительно их оси нагрузки.

Анализ лабораторных испытаний анкеров на действие нагрузки, приложенной вдоль оси анкера (по первой методике), позволяет отметить следующее:

1. На рис. 5.39÷5.43 приведены графики зависимости «нагрузка-деформация» для образцов указанных выше марок анкеров, построенные по результатам лабораторных испытаний.
2. Величины предельных разрушающих нагрузок для анкеров установленных в монолитные железобетонные панели, составили:
   - **для стальных клиновых анкеров марки FAZ II 10/20 A4:**
     −47.5−46.0−46.5−47.0−47.5−48.0 кН (разрушение шпильки).
   - **для химических анкеров марки FIS SB 390S с анкерной шпилькой FIS A M10:**
     −42.5−41.5−43.0−42.5−42.0−42.5 кН (разрушение шпильки).
   - **для химических анкеров марки RSB 10 с анкерной шпилькой RG M10:**
     −41.5−42.0−42.5−41.5−42.0−41.5 кН (разрушение шпильки).
   - **для химических анкеров марки RM 10 с анкерной шпилькой RG M10:**
     −42.5−42.0−41.5−42.0−42.5−41.5 кН (разрушение шпильки).
3. Величины предельных разрушающих нагрузок для анкеров

скрытого крепления **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL,** установленных в облицовочные плиты из натурального камня (травертин), составили:

−8.0−7.5−8.5−7.5−7.2−8.0 кН.

4. За расчетное усилие вырыва анкеров, установленных в монолитные железобетонные панели, в соответствии с рекомендациями [3] - по первой методике испытаний следует принимать нагрузку равную:
   - **для стальных клиновых анкеров марки FAZ II 10/20 A4:**
     $N_{расч.}$**=14.93 кН (1493 кгс)** при **m=3.0**, **υ=0.015 и S=0.73;**
   - **для химических анкеров марки FIS SB 390S с анкерной шпилькой FIS A M10:**
     $N_{расч.}$**=13.57 кН (1357 кгс)** при **m=3.0**, **υ=0.012 и S=0.51;**
   - **для химических анкеров марки RSB 10 с анкерной шпилькой RG M10:**
     $N_{расч.}$**=13.52 кН (1352 кгс)** при **m=3.0**, **υ=0.009 и S=0.40;**
   - **для химических анкеров марки RM 10 с анкерной шпилькой RG M10:**
     $N_{расч.}$**=13.53 кН (1193 кгс)** при **m=3.0**, **υ=0.010 и S=0.44.**
5. За расчѐтное усилие вырыва анкеров скрытого крепления **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL,** установленных в облицовочные плиты из натурального камня (травертин), в соответствии с рекомендациями [3] - по первой методике испытаний следует принимать нагрузку равную:

   $N_{расч.}$**=2.10 кН (210 кгс)** при **m=3.0**, **υ=0.06 и S=0.47.**
6. На рис. 5.44÷5.46 показан характер разрушения анкеров установленных в монолитные железобетонные панели после испытаний на вырыв.

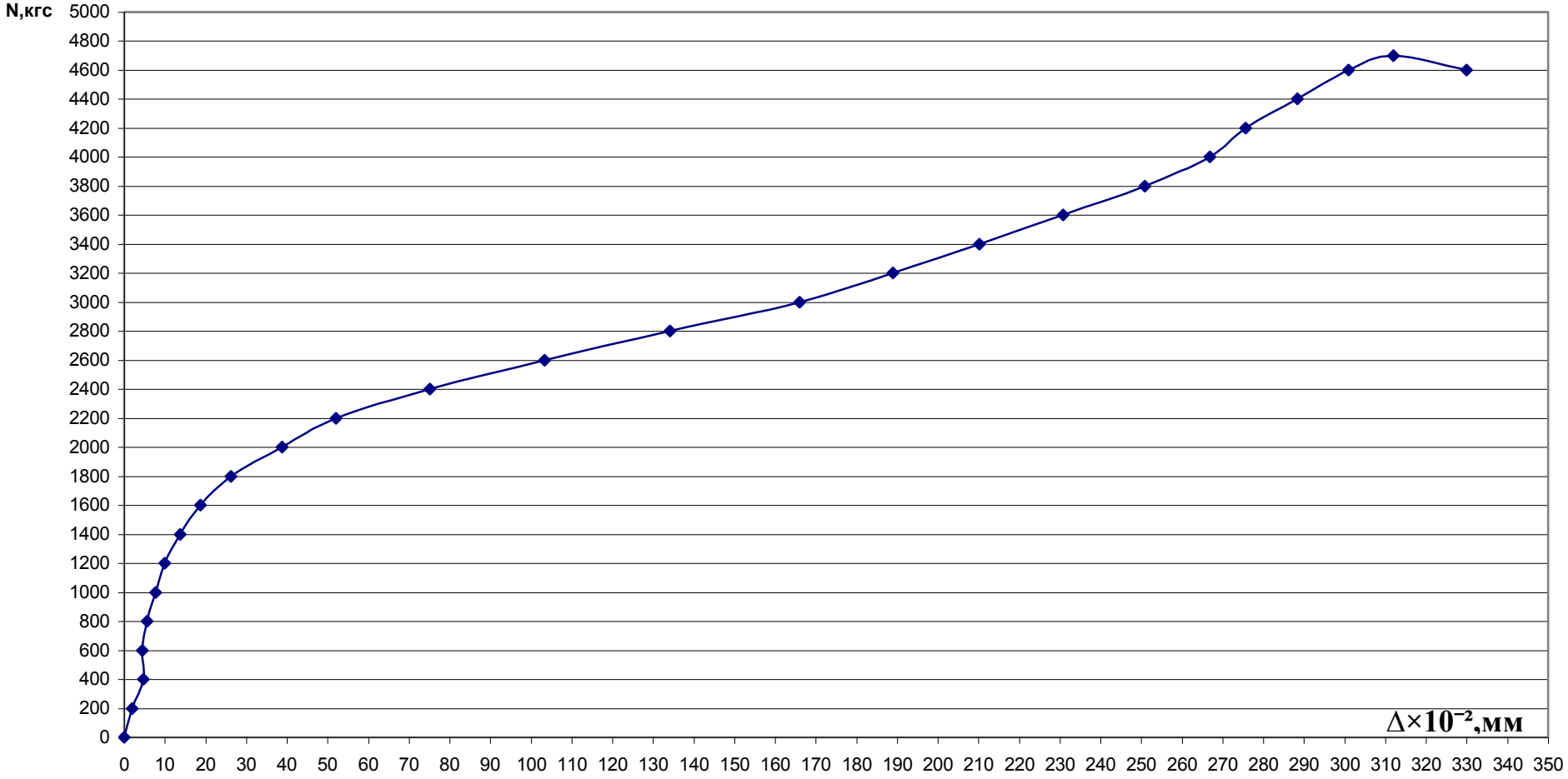


Рис. 7.1 График зависимости "нагрузка-перемещение" для стальных клиновых анкеров марки FAZ II 10/20 A4 (FISCHER) установленных в панели из монолитного железобетона.

Рис. 5.39 График зависимости "нагрузка-перемещение" для стальных клиновых анкеров марки **FAZ II 10/20 A4 (FISCHER)** **(FISCHER)** установленных в панели из монолитного железобетона.

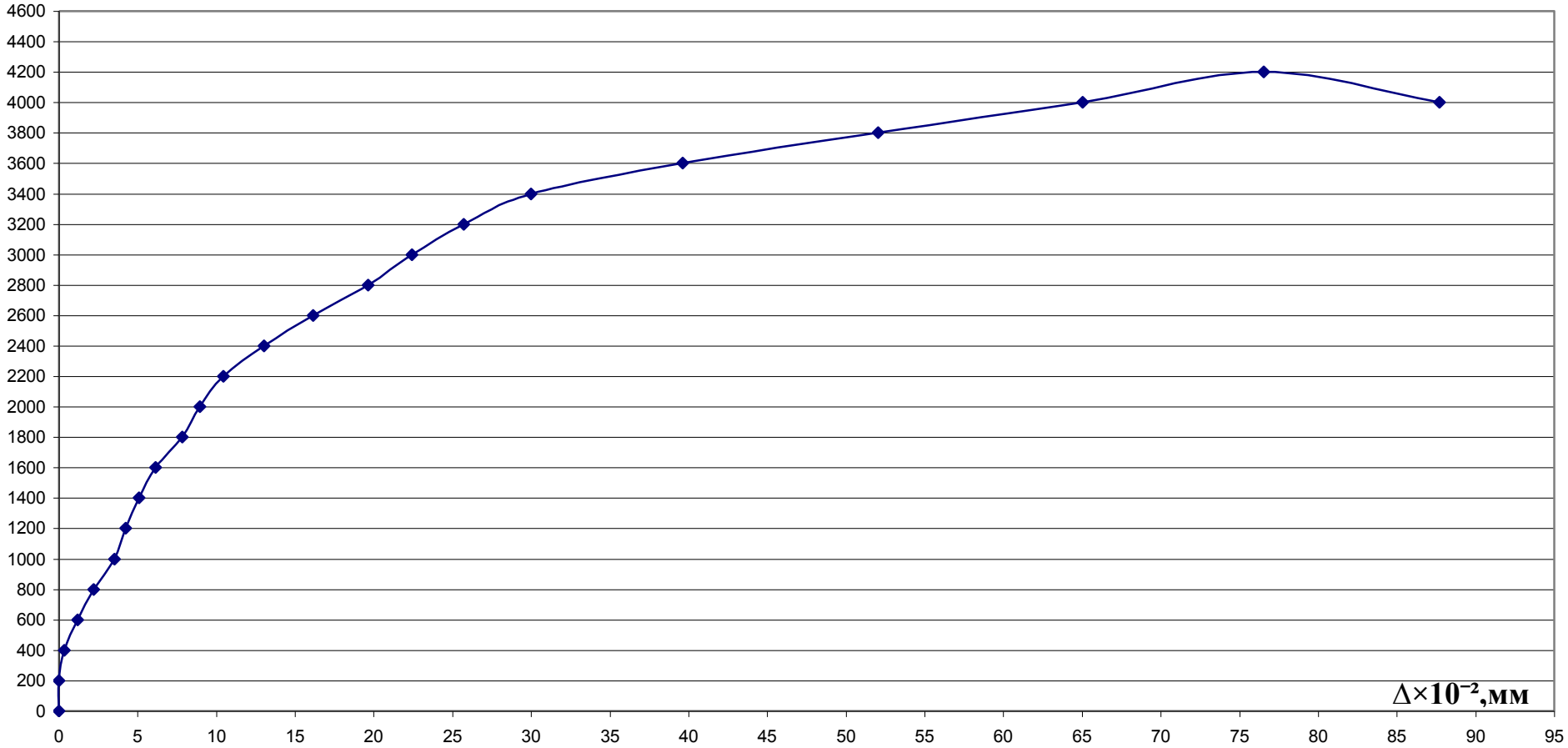


Рис. 7.2 График зависимости "нагрузка-перемещение" для химических анкеров марки **FIS SB 390S (FISCHER)**

Рис. 5.40 График зависимости "нагрузка-перемещение" для стальных химических анкеров марки **FIS SB 390S (FISCHER)**
установленных в панели из монолитного железобетона.
установленных в панели из монолитного железобетона.

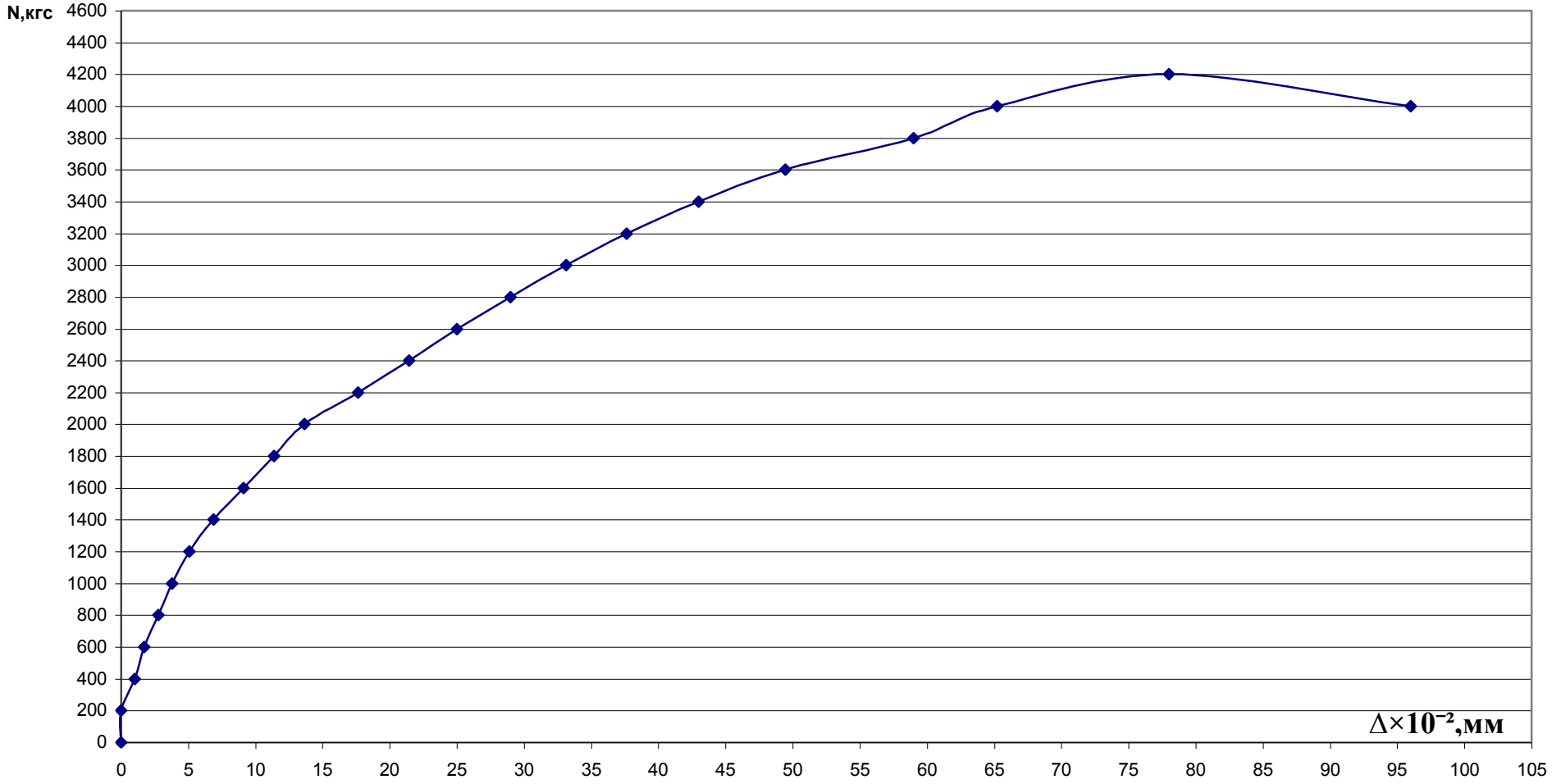


Рис. 5.41 График зависимости "нагрузка-перемещение" для стальных химических анкеров марки RSB 10 (FISCHER) установленных в панели из монолитного железобетона.

Рис. 3.41. График зависимости "нагрузка-перемещение" для стальных химических анкеров марки RSB 10 (FISCHER) установленных в панели из монолитного железобетона.

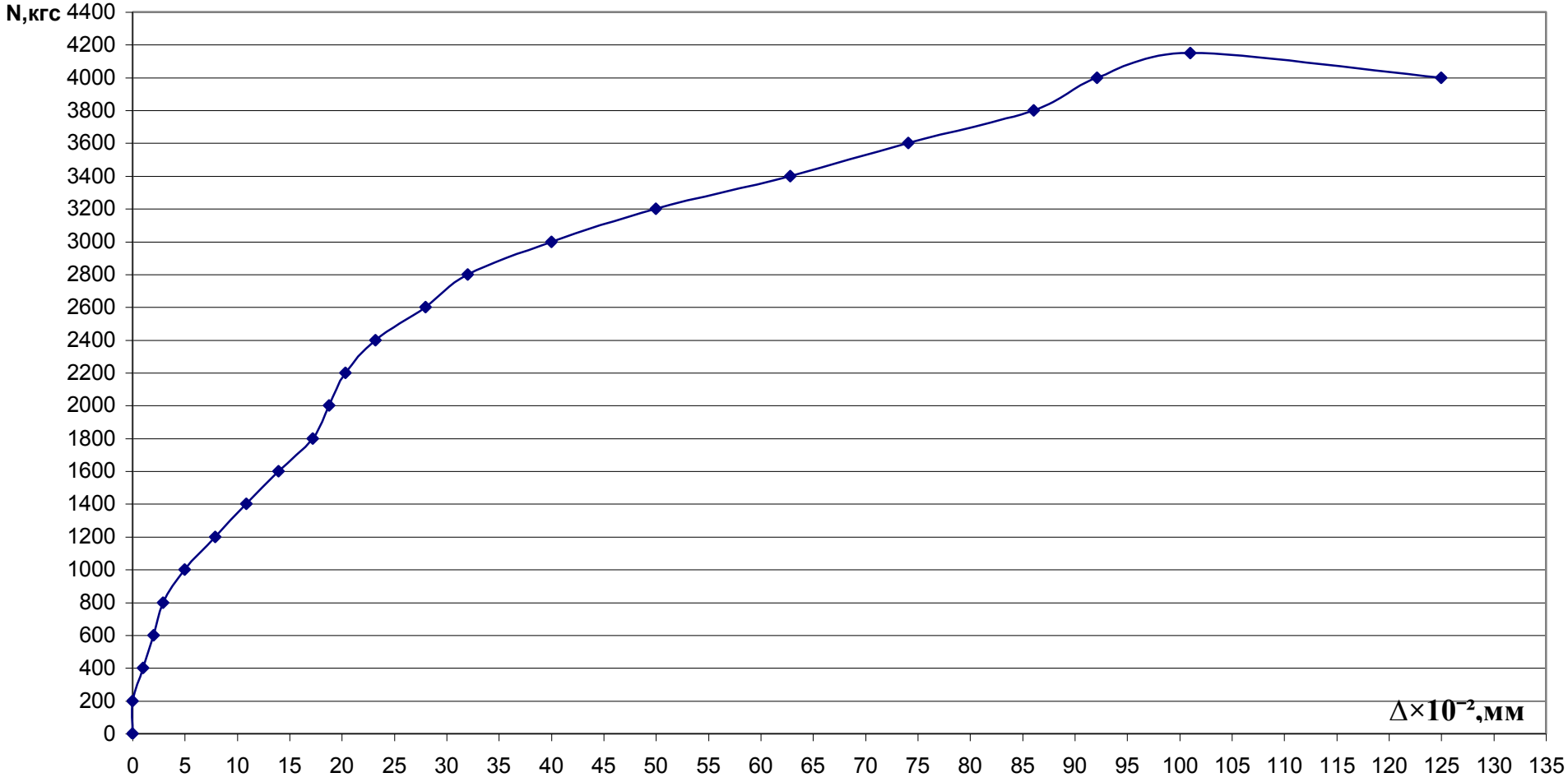


Рис. 5.42. График зависимости "нагрузка-перемещение" для стальных химических анкеров марки RM 10 (FISCHER) установленных в панели из монолитного железобетона.

Рис. 5.42. График зависимости "нагрузка-перемещение" для стальных химических анкеров марки RM 10 (FISCHER) установленных в панели из монолитного железобетона.

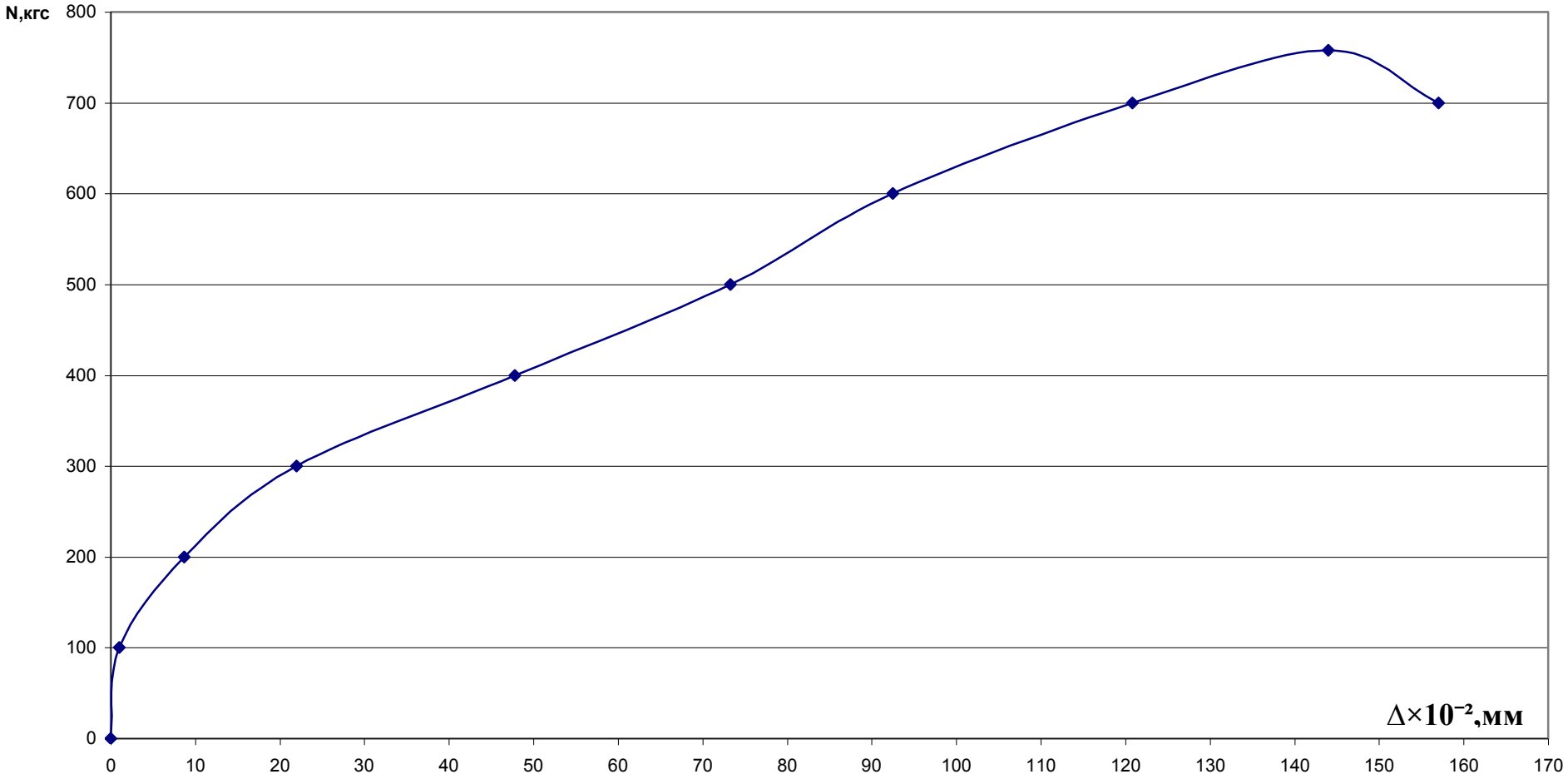


Рис. 7.5 График зависимости "нагрузка-перемещение" для для анкеров скрытого крепления **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL (FISCHER)**, установленных в облицовочные плиты из травертина,.

Рис. 5.45 График зависимости "нагрузка-перемещение" для анкеров скрытого крепления **FZP II 13×26 M8 (FISCHER)**, установленных в облицовочные плиты из натурального камня (травертин).

а)

б)

Рис. 5.44 Характер разрушения химических анкеров **FIS SB 390 S** (а) и **RSB 10** (б) при вырыве из монолитного железобетона.

а)

б)

Рис. 5.45 Характер разрушения анкеров **RM 10** (а) и **FAZ II 10/20 A4** (б) при вырыве из монолитного железобетона.

Рис. 5.46 Характер разрушения анкера **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL** при вырыве из натурального камня.

Анализ результатов лабораторных испытаний анкеров по второй методике на действие нагрузки, приложенной вдоль оси анкера (было испытано по 3 образца анкеров марок **FAZ II 10/20 A4**, **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL, FIS SB 390 S, RSB 10** и **RM 10,** позволяет отметить следующее:

1. На рис. 5.47÷5.51 приведены графики зависимости «нагрузка-деформация» для образцов указанных выше марок анкеров, построенные по результатам лабораторных испытаний.
2. Величины предельных разрушающих нагрузок для анкеров установленных в монолитную железобетонную панель, составили:
   - **для стальных клиновых анкеров марки FAZ II 10/20 A4:**

     −46.0−47.0−47.5 кН (разрушение шпильки).
   - **для химических анкеров марки FIS SB 390S с анкерной шпилькой FIS A M10:**

     −42.5−42.0−42.0 кН (разрушение шпильки).
   - **для химических анкеров марки RSB 10 с анкерной шпилькой RG M10:**

     −36.0−37.5−37.0 кН (разрушение шпильки).
   - **для химических анкеров марки RM 10 с анкерной шпилькой RG M10:**

     −37.5−38.0−37.5 кН (разрушение шпильки).
3. Величины предельных разрушающих нагрузок для анкеров скрытого крепления **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL,** установленных в облицовочные плиты из натурального камня (травертин), составили:

   −7.2−7.0−7.1 кН.
4. За расчетное усилие вырыва анкеров, установленных в монолитные железобетонные панели с учетом характера поведения анкера в процессе пошагового его нагружения с разгрузкой по второй методике, изложенной в [3], следует принимать нагрузку равную:

- **для стальных клиновых анкеров марки FAZ II 10/20 A4:**

  $N_{расч.}$=16.0 кН (1600 кгс);
- **для химических анкеров марки FIS SB 390S с анкерной шпилькой FIS A M10:**
  - **$N_{расч.}$=14.0 кН (1400 кгс);**
- **для химических анкеров марки RSB 10 с анкерной шпилькой RG M10:**
  - **$N_{расч.}$=13.0 кН (1300 кгс);**
- **для химических анкеров марки RM 10 с анкерной шпилькой RG M10:**
  - **$N_{расч.}$=13.0 кН (1300 кгс);**

5. За расчетное усилие вырыва анкеров скрытого крепления **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL,** установленных в облицовочные плиты из натурального камня (травертин) с учетом характера поведения анкера в процессе пошагового его нагружения с разгрузкой по второй методике, изложенной в [1], следует принимать нагрузку равную:

   $N_{расч.}$=2.5 кН (250 кгс);
6. На рис. 5.52÷5.54 показан характер разрушения анкеров установленных в монолитные железобетонные панели после испытаний на вырыв.

По результатам испытаний при данной нагрузке величины остаточных деформаций в процессе разгрузки анкеров практически равны нулю, т.е. анкеры при данных расчетных нагрузках работают в упругой стадии.

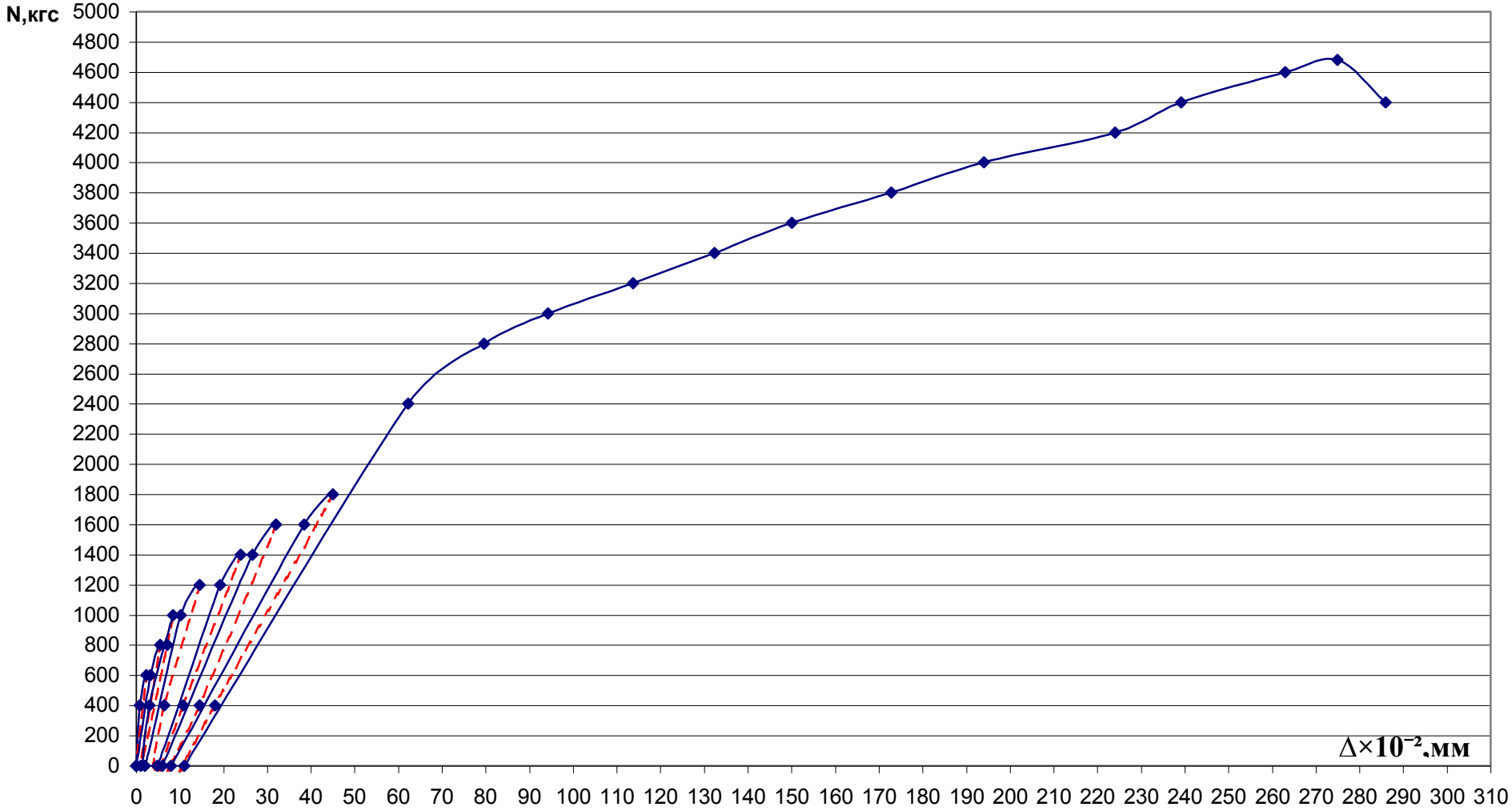


Рис. 7.6 График зависимости "нагрузка-перемещение" для стальных клиновых анкеров марки **FAZ II 10/20 A4 (FISCHER)** установленных в панели из монолитного железобетона.

Рис. 5.47 График зависимости "нагрузка-перемещение" для стальных клиновых анкеров марки **FAZ 10×100 (FISCHER)** установленных в панели из монолитного железобетона.

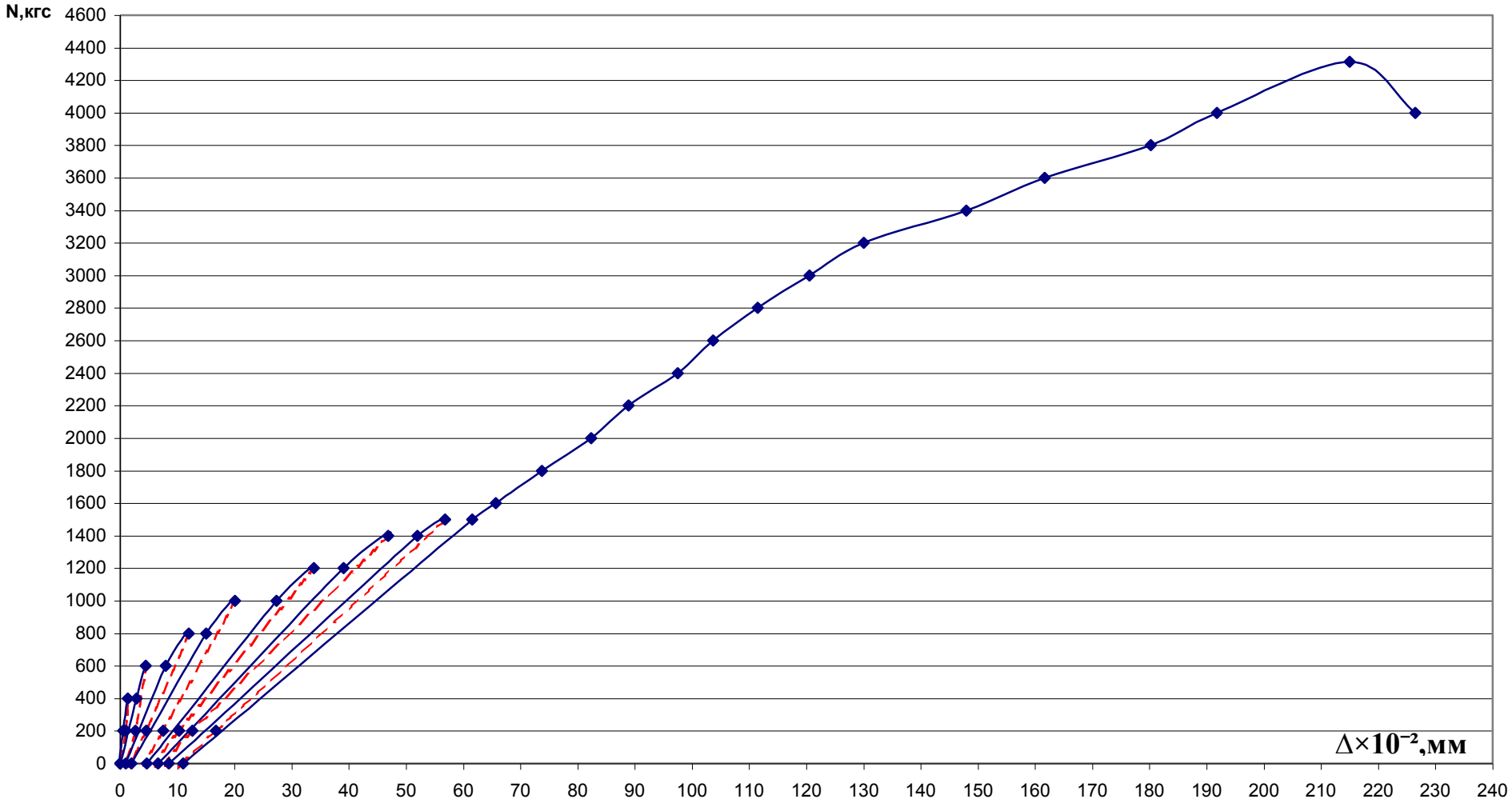


Рис. 5.48 График зависимости "нагрузка-перемещение" для химических анкеров марки **FIS SB 390S (FISCHER)**
установленных в панели из монолитного железобетона.

Рис. 7.7 График зависимости "нагрузка-перемещение" для химических анкеров марки **FIS SB 390S (FISCHER)**
установленных в панели из монолитного железобетона.

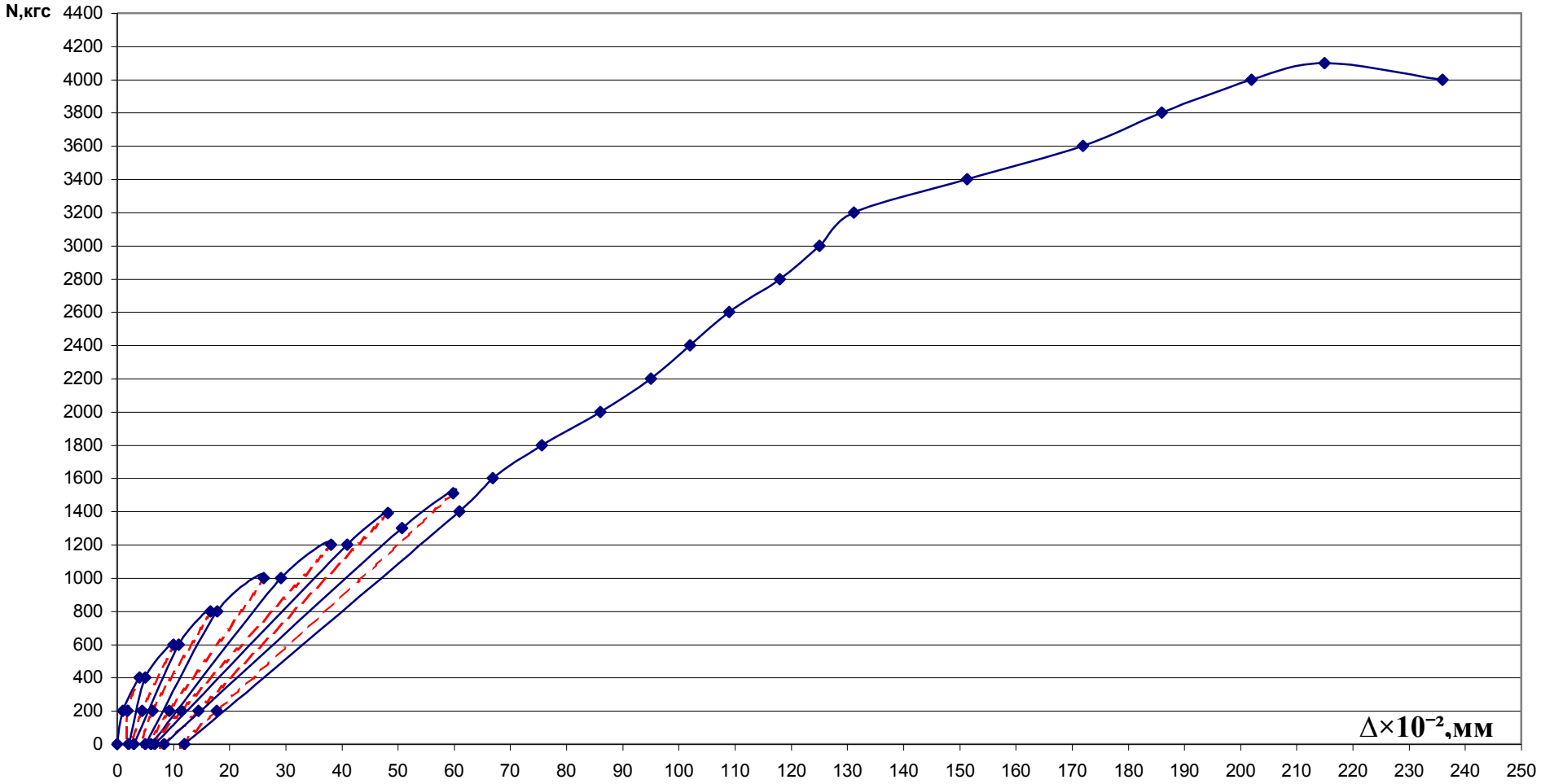


Рис. 5.49 Графики зависимости "нагрузка-перемещение" для химических анкеров марки **RSB 10 (FISCHER)** установленных в панели из монолитного железобетона.

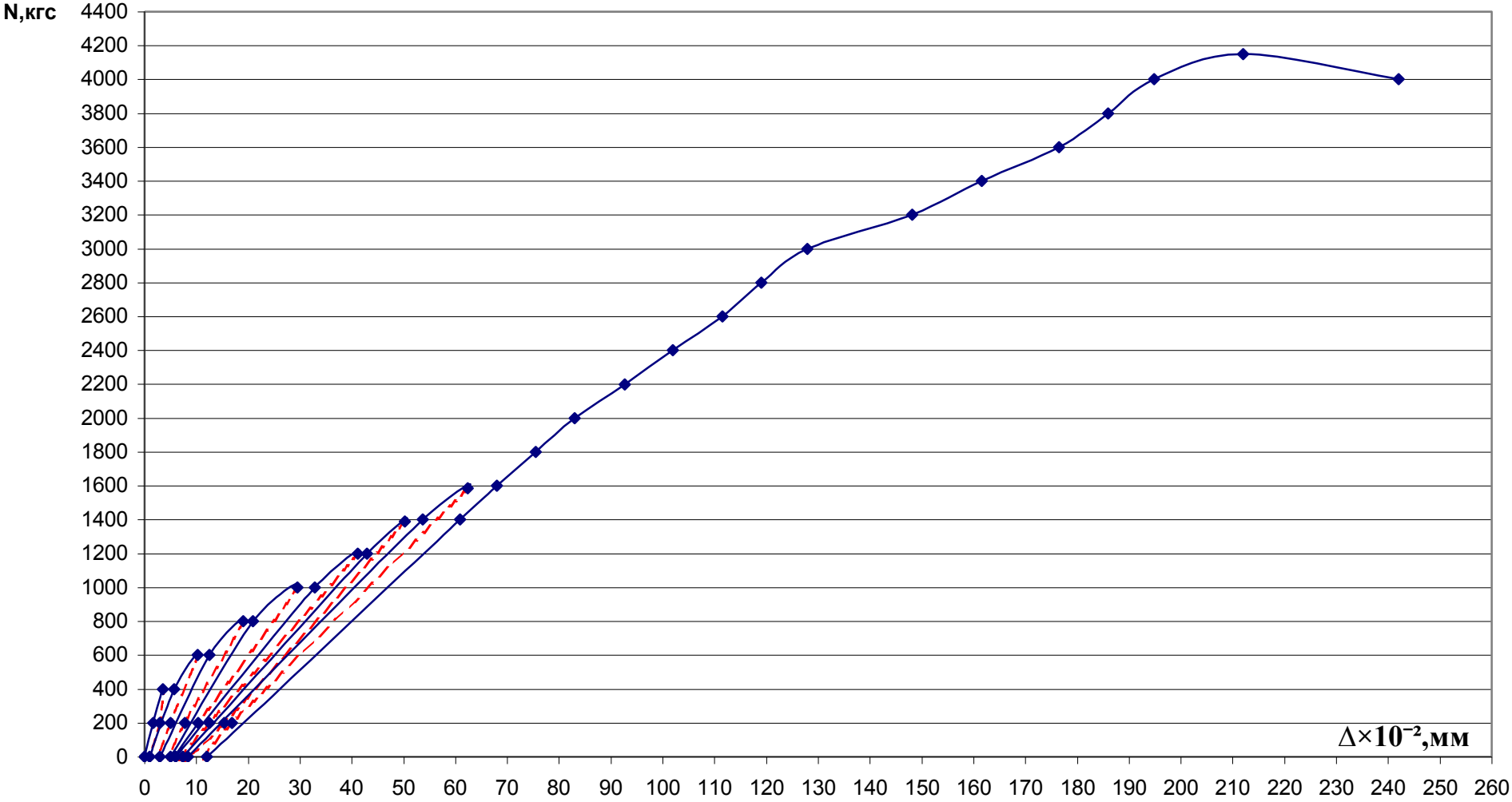


Рис.55 График зависимости "нагрузка-перемещение" для химических анкеров марки RM 10 (FISCHER) установленных в панели из монолитного железобетона.

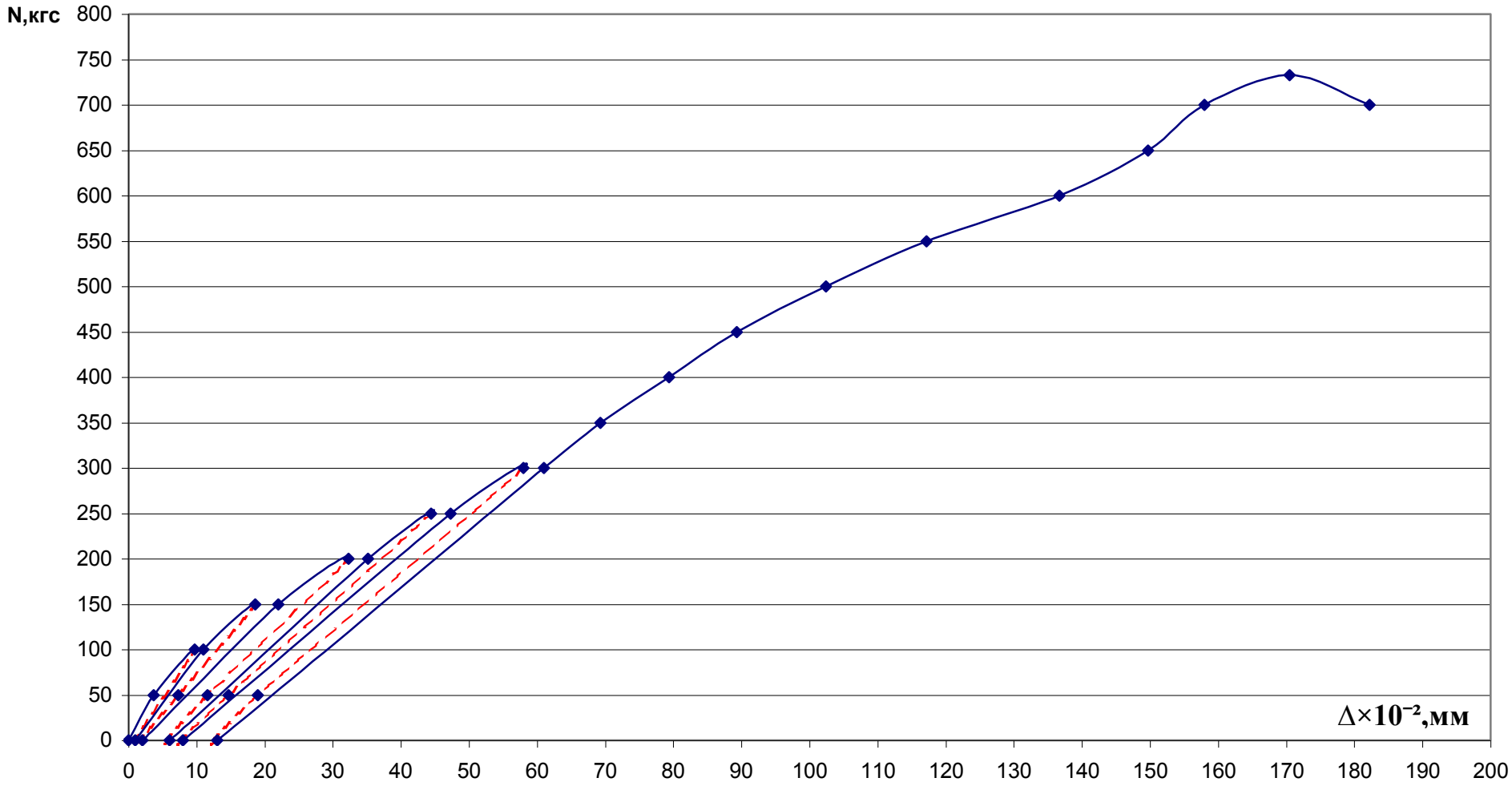


Рис. 7.10 График зависимости "нагрузка-перемещение" для для анкеров скрытого крепления **FZP II 13×26 M8**

Рис. 5.51 График зависимости "нагрузка-перемещение" для анкеров скрытого крепления **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL (FISCHER)**, установленных в облицовочные плиты из травертина,.
(FISCHER), установленных в облицовочные плиты из натурального камня (травертин).

а)

б)

Рис. 5.52 Характер разрушения химических анкеров **FIS SB 390 S** (а) и **RSB 10** (б) при вырыве из монолитного железобетона.

а)

б)

Рис. 5.53 Характер разрушения анкеров **RM 10** (а) и **FAZ II 10/20 A4** (б) при вырыве из монолитного железобетона.

Рис. 5.54 Характер разрушения анкера **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL** при вырыве из натурального камня.

5.3.2 Статические испытания анкеров на вырыв и срез по II-ой методике

Анализ результатов статических испытаний анкеров марок **FAZ II 12/20, FH II 15/10 B, Zykon FZA 12×50 M8/15, FHB II M12** и **FIS EM 390 S 12×240** на вырыв и срез после проведения испытаний этих анкеров на действие динамической нагрузки позволяет отметить следующее.

1. Проведение статических испытаний анкеров на вырыв сразу после завершения их испытаний на динамические нагрузки показали, что их несущая способность практически не изменилась − среднее значение разрушающей нагрузки при вырыве составило как и до динамических испытаний $N_{ср}$≈63 кН (см. рис.5.55, 5.56).

   Абсолютные деформации анкера в момент вырыва уменьшились более чем в два раза: на начальном этапе испытания при действии статической нагрузки величина смещения анкеров составила $\Delta_{ср.}$≈5 мм (см. рис. 5.21). По результатам статических испытаний анкеров, прошедших динамические испытания, величина $\Delta_{ср.}$≈2.5÷2.6 мм (см. рис.5.55, 5.56).

   Указанный эффект объясняется, как уже отмечалось выше, частичным проскальзыванием анкеров, т.е. анкер как бы выбирает имеющиеся люфты и происходит полный распор стального стержня в клеевой массе и непосредственно самой массы в бетоне.

2. На графиках рис. 5.57, 5.58 приведены результаты статических испытаний анкеров на срез после завершения их испытаний на динамические нагрузки, приложенные поперек продольной оси анкера. По представленным графикам можно констатировать, что несущая способность анкеров при срезе после динамических воздействий практически не изменилась. До испытаний усилие среза составляло $N_{срез}$=44.1 кН, после динамических испытаний − $N_{срез}$=43.9 кН.

3. На рис. 5.58 показан график зависимости «нагрузка − деформация» при статическом приложении нагрузки к анкерам, предварительно

прошедших динамические испытания на действие поперечной относительно их продольной оси силы. Сравнение результатов статических испытаний принятых марок анкеров (рис. 5.17) на вырыв до и после динамических испытаний показывает, что их несущая способность на вырыв после воздействия динамической нагрузки практически не изменилась.

Таким образом, при применении в сейсмических районах анкеров марки **FHB II M12** и **FIS EM 390 S** при установке их в стены из тяжелого бетона их несущая способность может приниматься такой как и в случае использования этих анкеров в обычных районах.

Как видно из таблицы 5.9 прочность при вырыве и срезе анкеров марок **FAZ II 12/20, FH II 15/10 B, FHB II M12** и **Zykon FZA 12×50 M8/15** после испытаний их на динамические нагрузки практически не изменилась.

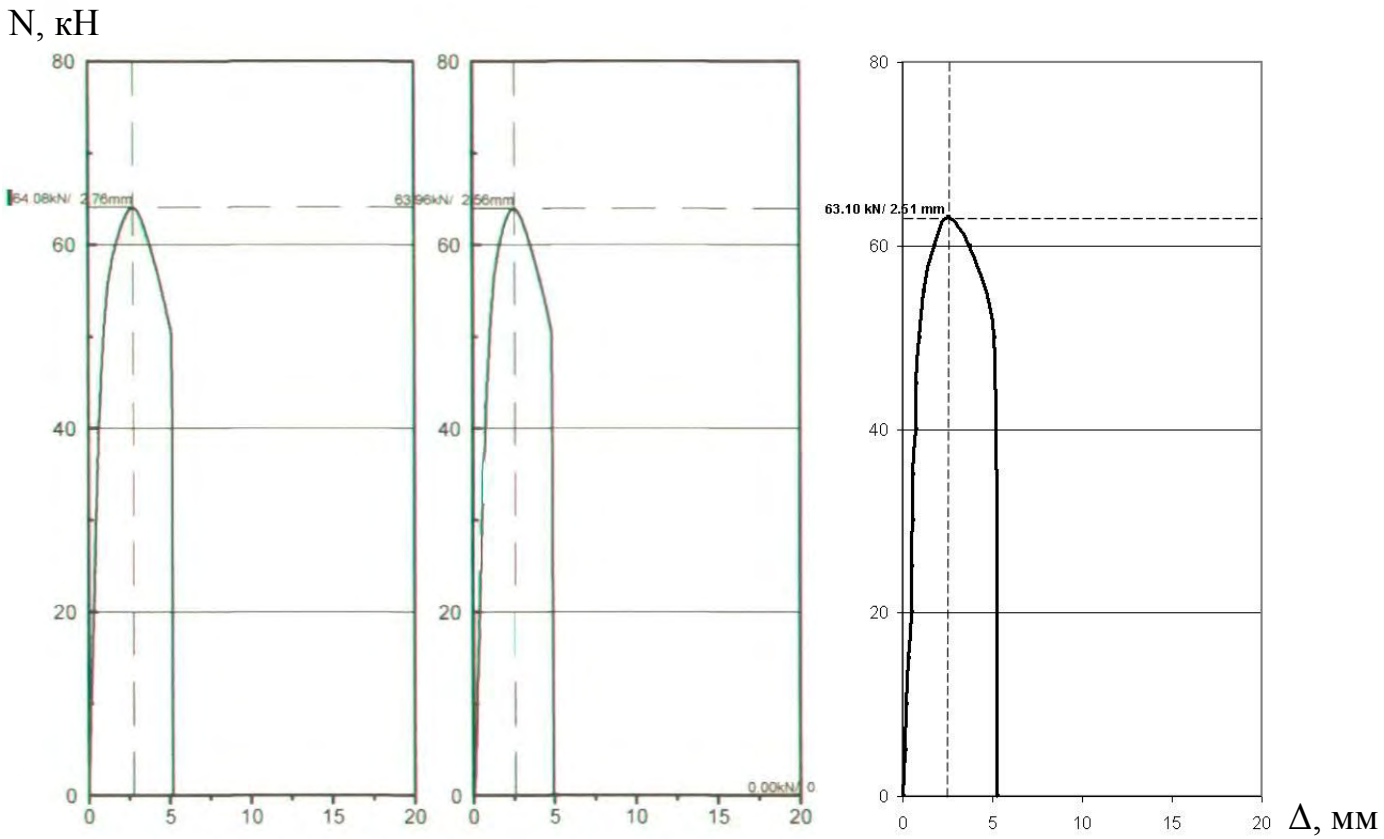


Рис. 5.55 Графики зависимости «нагрузка−деформация» для анкеров марки FHB II M 12 при статическом нагружении продольной (вырыв) относительно оси анкера нагрузкой (испытания анкеров после прекращения действия продольной динамической нагрузки f=5 Гц n=500 циклов).

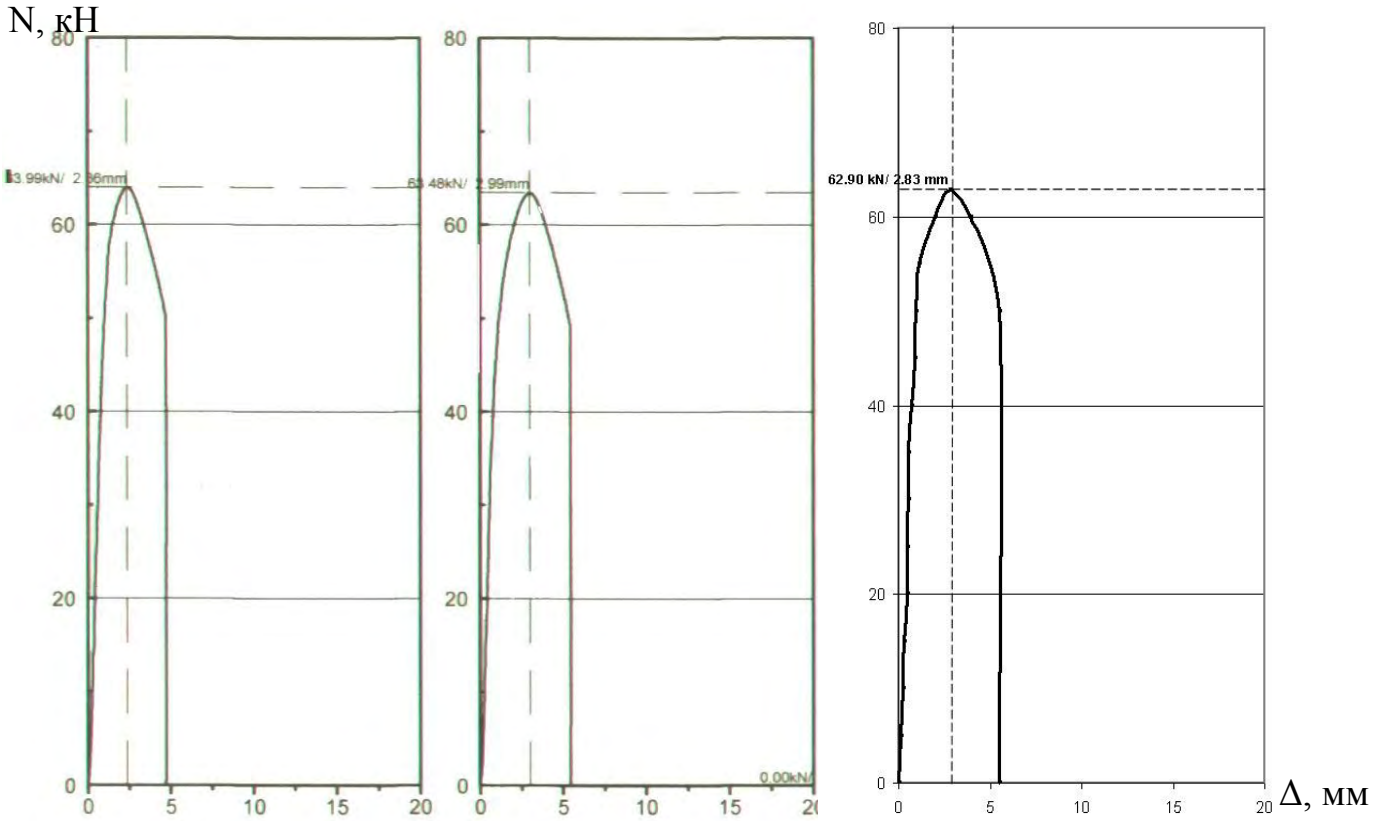


Рис. 5.56. Графики зависимости «нагрузка−деформация» для анкеров марки FHB II M 12 при статическом нагружении продольной (вырыв) относительно оси анкера нагрузкой (испытания анкеров после прекращения действия продольной динамической нагрузки при f=15 Гц n=1000 циклов).

а) Образец №1 б) Образец №2

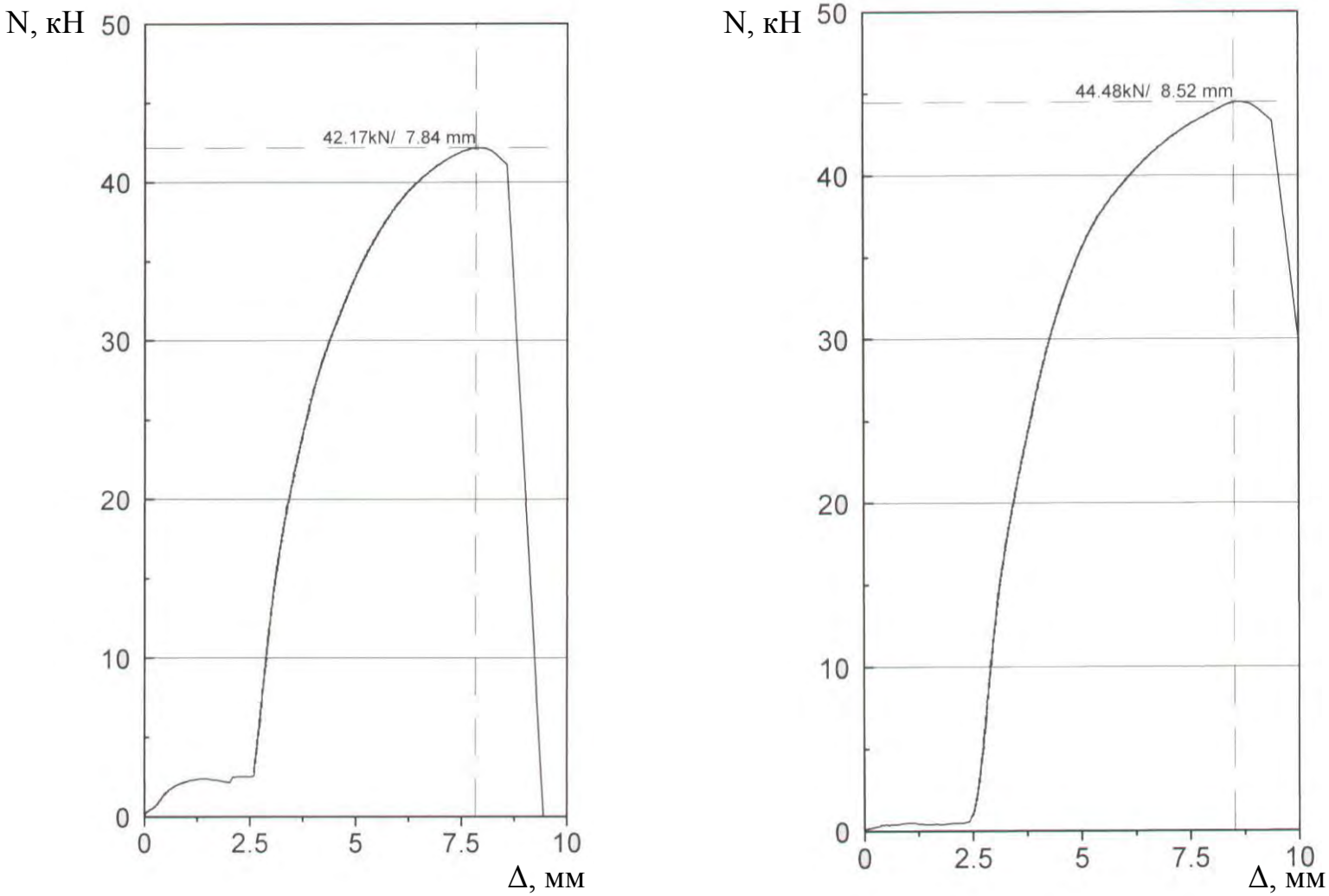


Рис.5.57 График зависимости «нагрузка−деформация» для анкеров марки FHB II M 12 при статическом нагружении поперечной (срез) относительно оси анкера нагрузкой (испытания анкеров после прекращения действия поперечной динамической нагрузки с f=5 Гц n=500 циклов).

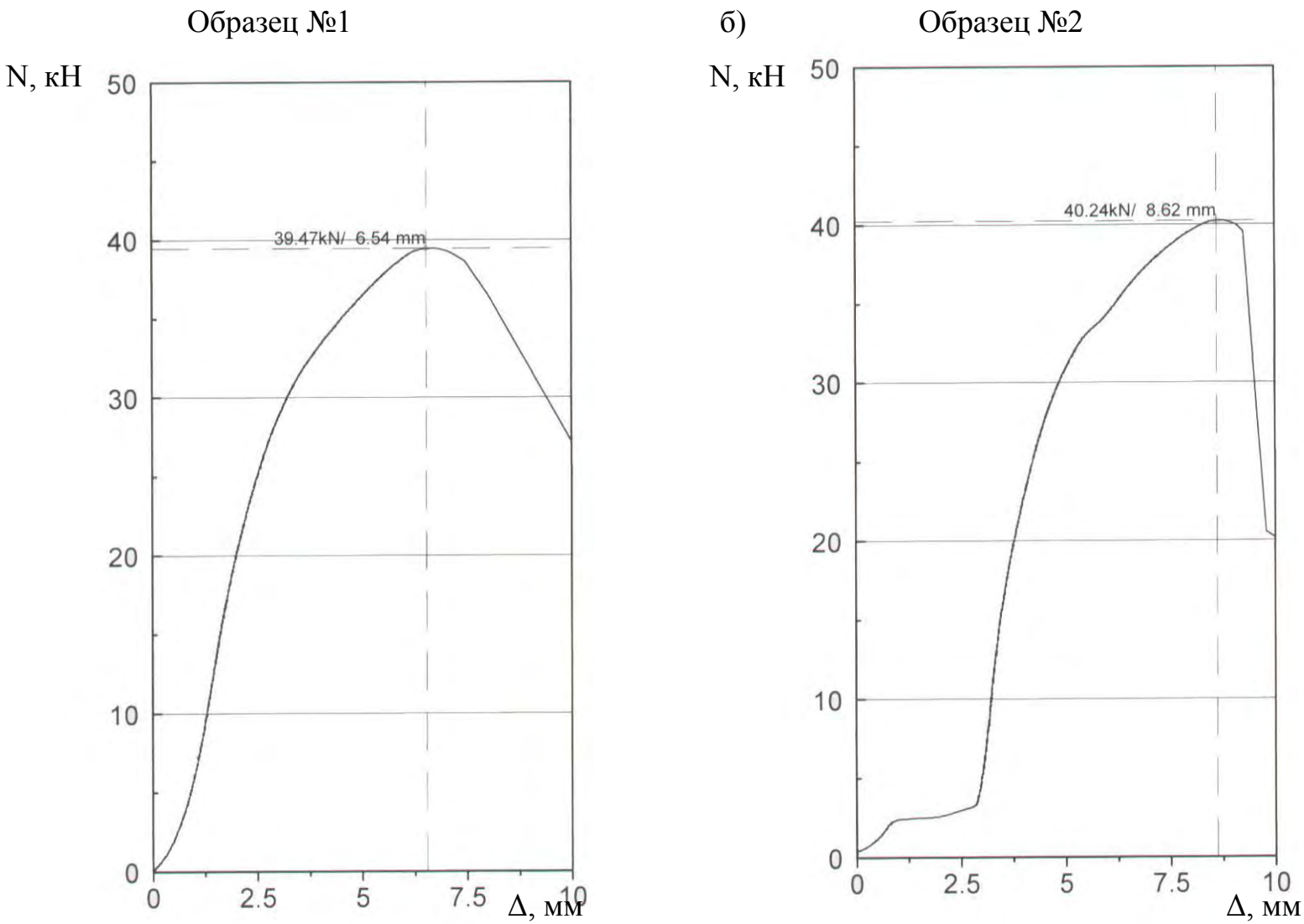


Рис. 5.58 График зависимости «нагрузка−деформация» для анкеров марки FHB II M 12 при статическом нагружении поперечной (срез) относительно оси анкера нагрузкой (испытания анкеров после прекращения действия поперечной динамической нагрузки с f=15 Гц n=1000 циклов).

Результаты испытания анкеров на динамическую (циклическую) нагрузку.

Таблица 5.9

Вид нагрузки		Наименование анкера				
		FHB II M12	FAZ II 12/20	FH II 15/10 B	Zykon FZA12×50 M 8/15	FIS EM 390 S 12×240
Статическая нагрузка вырыва до динамических испытаний, кН		63.52-62.90-63.36 $N^{ср}_{пред.}$=63.26	34.71-35.83-32.98 $N^{ср}_{пред.}$=34.51	32.95-39.70-31.36 $N^{ср}_{пред.}$=34.67	25.03-27.34-27.90 $N^{ср}_{пред.}$=26.76	51.5-53.0-51.0 $N^{ср}_{пред.}$=51.83
Динамические испытания (вырыв), (граничные значения циклической нагрузки) кН	n=500 циклов f=5 Гц	2 кН − 0.7×$N^{ср}_{пред}$				
	n=1000 циклов f=15 Гц					
Статическая нагрузка вырыва после динамических испытаний на действие продольной силы, кН	n=500 циклов f=5 Гц	64.06-63.96-63.10 $N^{ср}_{пред.}$=63.71	36.14-38.48-37.50 $N^{ср}_{пред.}$=37.37	39.16-41.10-39.61 $N^{ср}_{пред.}$=39.96	23.93-27.94-27.5 $N^{ср}_{пред.}$=26.46	52.0-50.0-51.0 $N^{ср}_{пред.}$=51.0
	n=1000 циклов f=15 Гц	63.99-63.48-62.90 $N^{ср}_{пред.}$=63.46	43.68-44.75-42.16 $N^{ср}_{пред.}$=43.53	33.70-38.02-38.03 $N^{ср}_{пред.}$=36.58	25.75-25.66-24.10 $N^{ср}_{пред.}$=25.17	50.6-52.2-51.4 $N^{ср}_{пред.}$=51.4

Продолжение Таблица 5.9

Вид нагрузки			Наименование анкера				
			FHB II M12	FAZ II 12/20	FH II 15/10 B	Zykon FZA12×50 M 8/15	FIS EM 390 S 12×240
Статическая нагрузка среза до динамических испытаний, кН			42.76-48.20-41.59 $V^{ср.}_{пред}$=44.18	40.27-41.41-41.10 $V^{ср.}_{пред}$=40.93	54.11-52.36-56.11 $V^{ср.}_{пред}$=54.19	31.78-31.53-32.58 $V^{ср.}_{пред}$=31.96	27.4-26.8-27.3 $V^{ср.}_{пред}$=27.1
Динамические испытания (срез), (граничные значения циклической нагрузки), кН	n=500 циклов f=5 Гц		0.2 кН − 0.2×$V^{ср}_{пред}$				
	n=1000 циклов f=15 Гц						
Статическая нагрузка после динамических испытаний на срез, кН	Выр ыв	n=500 циклов f=5 Гц	57.3	33.6	35.7	16.4	27.4
		n=1000 циклов f=15 Гц	57.1	39.1	33.2	15.6	27.2
	Срез	n=500 циклов f=5 Гц	42.17-44.48 $V^{ср.}_{пред}$=43.33	41.87-42.03 $V^{ср.}_{пред}$=41.95	53.80-44.20 $V^{ср.}_{пред}$=49.0	31.19-30.05 $V^{ср.}_{пред}$=30.62	27.0-27.4 $V^{ср.}_{пред}$=27.2
		n=1000 циклов f=15 Гц	39.47-40.24 $V^{ср.}_{пред}$=39.95	43.62-40.88 $V^{ср.}_{пред}$=42.25	48.39-47.93 $V^{ср.}_{пред}$=48.16	25.38-16.3 $V^{ср.}_{пред}$=20.84	26.7-26.8 $V^{ср.}_{пред}$=26.75

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выводы и рекомендации.

По результатам экспериментальных исследований сейсмостойкости стальных анкеров **FAZ II 10/20 A4, FAZ II 12/20, FH II 15/10 B, Zykon FZA 12×50 M8/15,** химических анкеров - **FIS SB 390 S, RSB 10, RM 10, FHB II M12**, **FIS EM 390 S,** и анкеров для скрытого крепления натурального камня **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL** фирмы **«FISCHER»** можно сделать следующие выводы.

1. По результатам испытаний анкеров на действие динамических нагрузок, моделирующих сейсмические воздействия интенсивностью 7-9 баллов, установлено:
   - влияние динамической нагрузки, направленной вдоль и поперек оси анкера, на прочность стальных анкеров марок **FAZ II 10/20 A4**, анкеров для скрытого крепления облицовки из натурального камня (травертин) **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL** и химических анкеров **FIS SB 390 S, RSB 10, RM 10** с анкерной шпилькой М10, не выявлено. При этом в процессе испытаний величины ускорений в зонах установки анкеров были превышены по сравнению с нормативными значениями, соответствующими 9-балльной сейсмики (а= 4 м/с^2). Сравнение результатов статических испытаний принятых марок анкеров на вырыв до и после динамических испытаний показало, что их несущая способность на вырыв при использовании в качестве анкерного крепежа для фасадных систем после динамических испытаний, моделирующих сейсмические воздействия на здание интенсивностью 7-9 баллов, практически не изменилась;
   - при применении в сейсмических районах стальных анкеров марок **FAZ II 10/20 A4** и химических анкеров **FIS SB 390 S, RSB 10,**

RM 10 с анкерной шпилькой М10, и при установке их в стены из тяжелого бетона класса не ниже В25, а также при применении анкеров для скрытого крепления **FZP II 13×26 M8/SO/17** установленных в облицовку из натурального камня (травертин) в качестве крепежных элементов навесных фасадных систем их несущая способность может приниматься такой же, как и в случае использования этих анкеров в обычных районах;

2. При использовании анкеров **«FISCHER»** в сейсмоопасных регионах РФ с 7-9 балльной сейсмикой, необходимо учитывать следующее:
   - анкера марки **FAZ II 10/20 A4,** могут быть использованы для крепления фасадных систем в стены из железобетона при классе бетона не ниже В25 при удельном весе облицовки не более 130 кг/м^2. При этом следует обратить внимание, что при испытаниях разрушение анкеров происходило в результате разрыва шпильки;
   - химические анкера марок **FIS SB 390 S, RSB 10, RM 10** с анкерной шпилькой М10 (класс прочности не ниже 5.8) могут быть использованы для крепления фасадных систем в стены из железобетона при классе бетона не ниже В25 при удельном весе облицовки не более 130 кг/м^2. При этом следует обратить внимание, что при испытаниях разрушение анкеров **FIS SB 390 S, RSB 10, RM 10** с анкерной шпилькой М10 происходило в результате разрыва шпильки. В случае изменения класса прочности шпильки и диаметра (в части увеличения его разрывного усилия) его несущая способность при динамических нагрузках должна определяться по результатам статических испытаний;
   - анкера для скрытого крепления **FZP II 13×26 M8/SO/17 AL,**

могут быть использованы для крепления облицовки из натурального камня (травертин) к несущим элементам фасадной системы при удельном весе облицовки не более 130 кг/м^2. При этом следует обратить внимание, что при креплении облицовочных плит к направляющим следует применять не менее девяти анкерных узлов на каждую плиту размерами 1200х1800х50мм и 1000х2000х50мм.

3. На основе проведенных экспериментальных исследований анкерного крепежа в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко и Научно-исследовательском Центре компании **«FISCHER»** в г. Тумлинген (Германия), а также принимая во внимание имеющиеся у фирмы **«FISCHER»** европейские технические допуски (ETA) в части применения анкеров в сейсмически опасных районах, к применению в сейсмоопасных регионах РФ при землетрясениях 7-9 баллов можно допустить следующие марки анкеров:

<u>Стальные анкера</u>

- **FAZ II - Ø(10÷24)мм;**
- **FH II Ø(10÷32)мм;**
- **Zykon FZA Ø(10÷22)мм;**
- **FZP II M6÷M8 мм.**

<u>Химические анкера</u>

- **FIS SB 390 S – с резьбовыми шпильками Ø(10÷30)мм;**
- **RSB 10 - с резьбовыми шпильками Ø(10÷30)мм;**
- **RM 10 - с резьбовыми шпильками Ø(10÷30)мм;**
- **FHB II - с резьбовыми шпильками Ø(10÷24)мм;**,
- **FIS EM 390 S- с резьбовыми шпильками Ø(10÷40)мм.**

(Класс прочности резьбовых шпилек не менее 5.8)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. MSK-64. Шкала сейсмической интенсивности MSK. 1964.
2. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 30546.1-98 «Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости».
3. Стандарт организации. Крепления Анкерные. Метод определения несущей способности по результатам натурных испытаний. СТО 44416204-010-2010. М.2011.
4. ETAG № 001 GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL OF METAL ANCHORS FOR USE IN COCRETE, BRUSSELS, 1997.
5. Eligehausen R., Malle R., Silva J. Ancorage in concrete construction, Ernst&Sohn, Berlin, 2006.
6. Я.М. Айзенберг, Р.Т. Акбиев, В.И. Смирнов, М.Ж. Чубаков. «Динамические испытания и сейсмостойкость навесных фасадных систем». Ж. «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений» №1, 2008г. стр. 13-15.
7. Назаров А.Г., С.С. Дарбинян. Шкала для определения интенсивности сильных землетрясений на количественной основе. // В. кн.: Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности. Академия наук СССР. Междуведомственный совет по сейсмологии и сейсмостойкому строительству (МСССС) при президиуме АН СССР. М.: Наука, 1975.
8. Методические рекомендации по инженерному анализу последствий землетрясений. ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко ГОССТРОЯ СССР. – М., 1980, 62 с.
9. Отчет по результатам натурных испытаний фрагментов навесных вентилируемых фасадов «ДИАТ». ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко М., 2007.
10. Поляков С.В., «Сейсмостойкие конструкции зданий», Изд. «Высшая школа», М., 1969г., 335 с.
11. Корчинский И.Л. и др., «Сейсмостойкое строительство зданий», Изд. «Высшая школа», М., 1971г., 319 с.
12. Карапетян Б.К. «Колебание сооружений, возведенных в Армении», Изд. «Айостан», Ереван, 1967.
13. Корчинский И.Л., Беченева Г.В. «Прочность строительных материалов при динамических нагружениях», Стройиздат, М., 1966г.