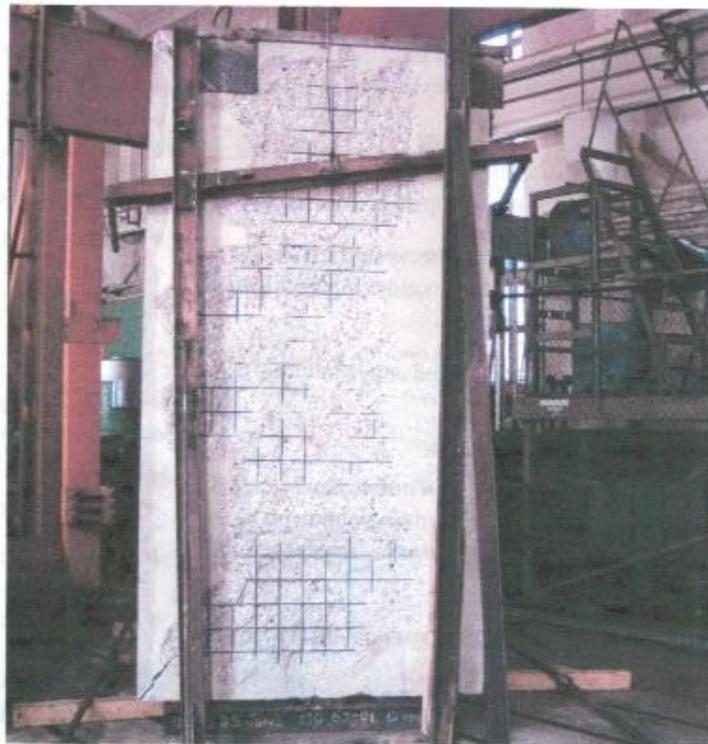




Открытое акционерное общество
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
(ОАО ЦНИИС)

ИССЛЕДОВАНИЕ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ОСТАТОЧНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ СЛОЕВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ТРЕХСЛОЙНОЙ СТЕНОВОЙ ПАНЕЛИ (СИСТЕМЫ «ТЕРМО-КРОСТ» ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЖАРНЫХ ИСПЫТАНИЙ (ЭТАП 2)



Москва 2011

Открытое акционерное общество
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
(ОАО ЦНИИС)

УДК
№ госрегистрации
Инв. №

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Генерального директора
ОАО ЦНИИС по научной работе -
главный инженер д-р техн. наук



А. А. Цернант

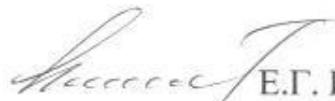
“ ” 28.09 2011 г.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ОСТАТОЧНОЙ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ СЦПЛЕНИЯ СЛОЁВ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ СТЕНОВОЙ ПАНЕЛИ (СИСТЕМЫ
«ТЕРМО-КРОСТ») ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЖАРНЫХ
ИСПЫТАНИЙ (ЭТАП 2)

Договор ИЦ-11-1358/2
ИЦ-11-1359/2 от 26.07.2011 г.

Руководитель ИЦ «ЦНИИС-ТЕСТ»
канд. техн. наук

 Е.Г. Игнатьев

И.о. заведующего лабораторией
Вибродинамических испытаний канд.
техн. наук

 Е.Г. Игнатьев

Зам. заведующего лабораторией
Вибродинамических испытаний

 А.Н. Коротков

Нормоконтролёр канд. техн. наук

 И.А. Бегун

МОСКВА 2011

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы:

Руководитель ИЦ «ЦНИИС-ТЕСТ»
канд. техн. наук



Е.Г.Игнатьев

(разработка методики, проведение испытаний, анализ результатов, автор разделов 2,3,4, приложения)

Заведующий лабораторией
Моделирования и испытания
конструкций ИЦ «ЦНИИС-ТЕСТ»



А.М. Тарасов (разработка методики, проведение испытаний, анализ результатов)

Исполнители:

Заместитель заведующего
лабораторией Вибродинамических
испытаний



А.Н.Коротков

(подготовка стендового оборудования, закрепления панели, участие в проведении испытаний, автор разделов 1, 4, оформление отчета)

Заместитель заведующего
лабораторией Моделирования и
испытания конструкций ИЦ
«ЦНИИС-ТЕСТ»



Д.В. Пряхин (подготовка и размещение приборов, участие в проведении испытаний, обработке результатов)

Ведущий инженер-электроник



В.Г. Лазарев (подготовка и размещение приборов, участие в проведении испытаний, обработке результатов)

Ведущий инженер-электроник



А.Б. Ивановский (оформление отчета)

Заместитель заведующего
лабораторией Моделирования и
испытания конструкций ИЦ
«ЦНИИС-ТЕСТ»



В.Ф.Бочкова (подготовка и размещение датчиков, участие в проведении испытаний)

РЕФЕРАТ

В отчёте 27 листа, 3 графика, 4 чертежа, 11 фотографий, 2 прил., 2 табл.

ИСПЫТАНИЯ, ДЕФОРМАЦИИ, ПЕРЕМЕЩЕНИЯ, ВЕРТИКАЛЬНЫЕ УСИЛИЯ, ЖЕЛЕЗОБЕТОННАЯ ТРЕХСЛОЙНАЯ СТЕНОВАЯ ПАНЕЛЬ СИСТЕМЫ «ТЕРМО-КРОСТ», КОННЕКТОРЫ, ФИКСИРУЮЩИЕ АНКЕРА, СВЯЗИ.

В данном отчёте приводятся результаты испытаний трёхслойной стеновой панели системы «ТЕРМО-КРОСТ», изготовленной ООО «Эко Док» с определением остаточной механической прочностью сцепления слоёв, деформативности на вертикальные усилия, после проведения пожарных испытаний.

Делаются выводы о прочностных и деформационных свойствах панели.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение.....	5
2 Краткие сведения об объекте испытания.....	5
3 Методика испытаний.....	10
4 Результаты испытаний.....	20
5 Выводы.....	26

ПРИЛОЖЕНИЯ.....

Приложение А Техническое задание на выполнение работ по договору ИЦ-11-1358/2 и ИЦ-11-1359/2 от 26 июля 2011 г. «Исследование с определением остаточной механической прочности сцепления слоёв железобетонной трёхслойной стеновой панели (системы «ТЕРМО-КРОСТ») после проведения пожарных испытаний (этап 2)»

Приложение Б Программа прочностных испытаний «Исследование с определением остаточной механической прочности сцепления слоёв железобетонной трёхслойной стеновой панели (системы «ТЕРМО-КРОСТ») после проведения пожарных испытаний (этап 2)» (по договору ИЦ-11-1358/2 и ИЦ-1359/2 от 26.июля 2011 г.)

1 Введение

В период с 22августа по 7 сентября 2011г. в рамках договора № ИЦ-11-1358/2 и № ИЦ-1359/2 от 26 июля 2011 г. между Представительством ООО «КРОСТ», ООО “Бийский завод стеклопластиков” (Заказчик) и ОАО ЦНИИС (Испытательный центр “ЦНИИС-ТЕСТ”) (Исполнитель) в лаборатории вибродинамических испытаний были подготовлены и проведены испытания образца железобетонной трехслойной стеновой панели системы “ТЕРМО-КРОСТ”, изготовленной ООО «Эко Док».

Целью данных испытаний являлось определение остаточных прочностных и деформативных свойств представленного образца СП-2 на вертикальные нагрузки, после проведения пожарных испытаний (определение возможного смещения наружного слоя панели по отношению к внутреннему слою).

2 Краткие сведения об объекте испытания

Объектом испытания явилась железобетонная трехслойная стеновая панель СП-2 системы “ТЕРМО-КРОСТ”, по комплекту документации 1-НУ-2011-КЖ4, выполненная в соответствии с требованиями СП 52-01-2003 “Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения”, СТО 7712005280-002-2011 “Система “ТЕРМО-КРОСТ”. Стены и панели трёхслойные железобетонные для зданий и сооружений высотой не более 75 м”, рассчитанные на прочность в эксплуатационных, монтажных условиях и на выем изделия из опалубочной формы.

Панель была изготовлена 11 июня 2011 г. ООО «Эко Док» согласно конструкторской документации, технологического регламента и Техническим условиям на данную продукцию и имела маркировку: **СП-2 11.06.2011г. Q=1.25 т.**

Конструкция панели выполнена из тяжелого бетона, класса прочности на сжатие В25 F 150, W6 (ГОСТ26633-91), принятые для наружных трехслойных

панелей. Армирование: отдельными стержнями из арматуры А500С (ГОСТ Р 52544-2006), типовыми сетками по ГОСТ 23279-85 и арматурной проволоки класса В500С (ГОСТ Р 52544-2006), а также арматурными монтажными закладными деталями из арматуры класса А500С, А240 (ГОСТ 5781-82*), С245 (ГОСТ 27772-88*).

Согласно проекту длина панели 1500 мм, высота 2900 мм, толщина 320 мм, площадь наружного слоя 4,35 м², масса 1,25т. Данный тип панели предназначен для использования в несущих и ненесущих стенах, во внутренних и наружных элементах, а также в ненагруженных перегородках зданий и сооружений различного назначения, в том числе жилых. Общий вид панели (фото), схема показаны на рисунках 2.1, чертежи панели (вид снаружи, схема расположения гибких связей, армирования) приведены на рисунках 2.2.

Трехслойная панель включает в себя: первый (наружный) слой переменной толщины от 65 мм до 75 мм - облицовка, второй (промежуточный) слой толщиной 180 мм - утеплитель, третий (внутренний) слой толщиной от 60 мм до 70 мм - несущая железобетонная плита с закладными деталями для опирания и монтажных соединений.

В качестве утеплителя - термоизоляционного слоя панели применены плиты, пенополистирольные экструдированные (ЭППС), уложенные в два слоя, склеенные между собой. По периметру панели установлены вставки из жестких минеральных плит "Beton element batts", изготовленные по ТУ 5762-001-45757203-99, но в процессе проведения пожарных испытаний были уничтожены огнём.

В процессе пожарных испытаний на наружном слое панели образовались трещины в левом верхнем углу и внизу под углом в 45°, раскрытием от 30 мм до 0,5 мм на длине до 300 мм. После пожарных испытаний осыпался защитный слой бетона и оголилась арматурная сетка. Это говорит о неравномерной толщине защитного слоя бетона наружного и внутреннего слоя стеновой панели. Защитный слой бетона до арматурной сетки составляет от 20 мм до 28 мм.

Были проведены испытания прочности бетона методом упругого отскока (склерометр ОМШ-1, зав. №2014,17) наружного слоя стеновой панели после пожарных испытаний, т. к. запас прочности бетонного слоя при пожаре зависит от воздействия огня в течение определенного времени. Класс бетона по прочности на сжатие для стеновой панели принят В25 (327 кгс/см²), но после проверки класс бетона снизился до прочности ниже В15 (220кгс/см²).



Рисунок 2.1 - Общий вид панели СП-2 продукции ООО «ЭКО Док»

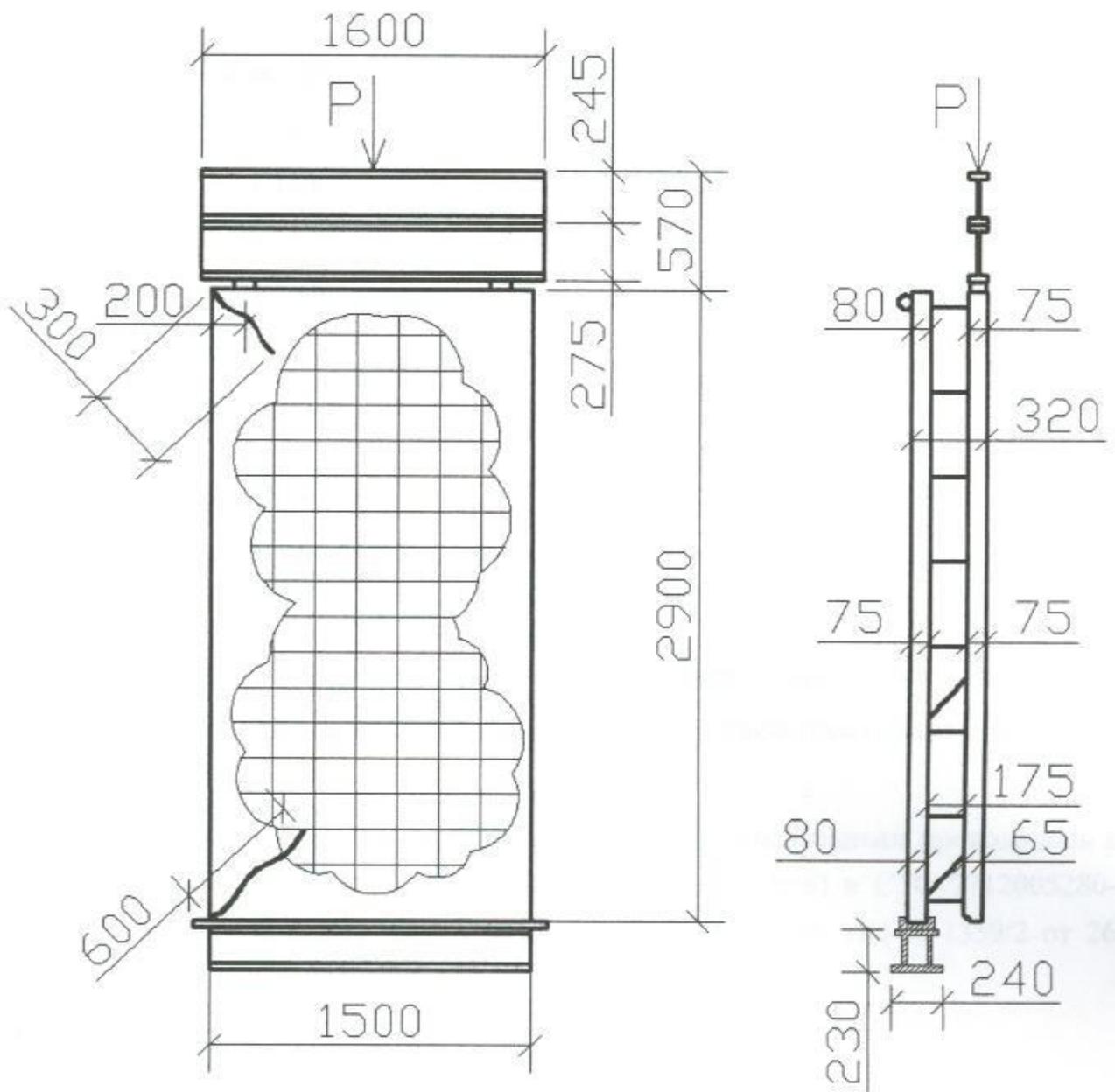


Рисунок 2.2 - Образец панели наружной стены (СП-2)
по фактическим размерам наружного слоя

Объединение слоев панели (наружной и внутренней) обеспечивается связями: горизонтальными (“распорки”) СГ СПА и наклонными (“подвесками”) наклонными СН СПА - коннекторами - гибкими стержневыми связями из стеклопластиковой арматуры с анкерами по концам производства ООО «Бийский завод стеклопластиков». Таким образом, анкер на одном конце коннектора заделан в бетон наружного слоя, анкер на другом конце коннектора заделан в бетон внутреннего слоя панели, средняя часть коннектора пересекает слой утеплителя.

Образец панели для испытаний отбирался представителями ПСФ «КРОСТ» и поставлялся в Испытательный центр «ЦНИИС-ТЕСТ».

Отличительной особенностью данного типа конструкций является применение в качестве утеплителя экструдированного пенополистирола марки ЭППС, а также гибких связей (соединений) из стеклопластиковой арматуры (СПА).

Испытания железобетонной трехслойной стеновой панели проводилось в соответствии с требованиями ГОСТ 8829-94 (разделы 6÷8) и СТО 7712005280-002-2011, и во исполнение договора № ИЦ-11-1358/2 и № ИЦ-11-1359/2 от 26 июля 2011 г.

3 Методика испытаний

Испытания панели проводили в вертикальном (рабочем) положении на силовом полу, специализированном стенде лаборатории «Вибродинамических испытаний ИЦ «ЦНИИС-ТЕСТ».

Силовой пол предназначен для испытаний конструкций на вертикальные усилия до 400 тс. Общие размеры силового поля 10×18 м.

Образец панели помещался под силовой каркас таким образом, чтобы одним слоем она опиралась на опору (через металлическую стойку высотой 230 мм), а на другой слой передавалась нагрузка через систему распределительных балок. Домкрат, передающий нагрузку на испытываемую панель, работал от станции (насос гидравлический с ручным приводом, модель НРГ 7160Р, заводской номер №647).

Усилие сжатия обеспечивалось гидравлическим домкратом ДГ-200П150. Автономная система управления гарантировала нагрузку на изделие с шагом 500 кгс.

Схемы опирания и передачи нагрузки были определены Заказчиком согласно ТУ и программы испытаний. Нагружение панели производили постепенно, частями, равными не более 20% от контрольной нагрузки. После каждого этапа панель должна выдерживаться под нагрузкой в течении 30 минут. По достижении нагрузки, равной 80% от разрушающей нагрузки была сделана выдержка в течении 2 часов.

Для обеспечения схемы опирания и передачи нагрузки в соответствии с требованием проекта и условиями Заказчика, а также в целях технологичного и безопасного проведения работ на всех этапах (подготовки, непосредственно испытаний, включая разрушение, снятия образца после испытаний) была разработана и изготовлена оснастка - опорные рамы, распределительные балки, опорные части, вспомогательные балки, направляющие, распорки, ограничители.

Для удержания панели от опрокидывания была оборудована система стоек, тяги подкосов, заанкеренных в пол испытательного цеха. Схема установки панели в силовом каркасе её закрепления и загрузки показана на рисунках 3.1÷3.2.

Опираение плиты производилось через опорное устройство (балка прямоугольного сечения) на внутренний (несущий) слой панели, сдвигающая нагрузка прикладывалась в 2 точках к наружному слою плиты (облицовке) - рисунки 3.3.

Технология загрузки панелей была подчинена двум условиям, выдвинутым Заказчиком.

Во-первых, при передаче на внешнюю панель контрольной нагрузки 5,0 тс надо было выждать два часа, чтобы зафиксировать на сколько миллиметров нагруженная панель за этот период переместится вниз.

Во-вторых, нужно было определить величины нагрузок, при которой будут разрушаться внутренние связи в панелях – коннекторы.

Приложение нагрузки производилось по следующей схеме:

1 этап: загрузка наружного слоя по схеме 1-1,0 тс; 2-2,0 тс; 3-3,0 тс; 4-4,0 тс; 5-5,0 тс; с выдержкой от 30 минут на каждом шаге нагрузки до создания усилия 5,0 тс равной 80% от разрушающей нагрузки (контрольная нагрузка), плюс вес нагрузочной рамы вместе домкратом-0,45 тс. При достижении контрольной нагрузки конструкция выдерживалась под нагрузкой в течении 2 часов, после продолжились нагружения 6-5,765 тс

2 этап: дальнейшее повышение с каждым шагом нагрузки до треска, щелчков, сопровождающих разрыв (отрыв) коннекторов внутри панели и последующего разрушения с регистрацией разрушающей нагрузки.

Разрушение панели предполагалось в форме вертикального смещения вниз наружного слоя относительно внутреннего вследствие обрыва стеклопластиковых связей - коннекторов.

В процессе испытаний предусматривались:

– регистрация усилий нагружения на всех этапах - по поверенному манометру № 5993 модель 1226 ГОСТ 6521-72 гидравлического насоса с ручным приводом, модель НРГ 7160Р;

– оценка относительных смещений двух слоев по торцам панели - визуально по рискам;

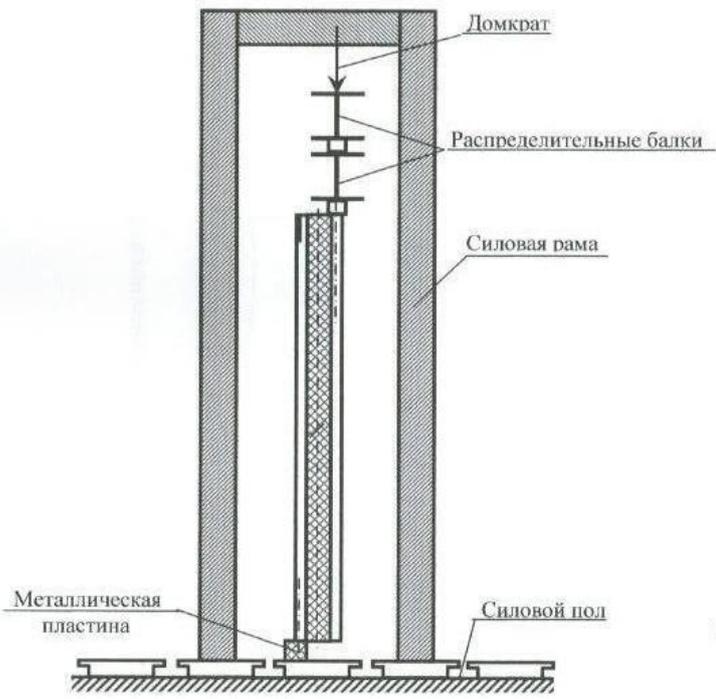


Рисунок 3.1 - Схема опирания и загрузки испытываемой панели

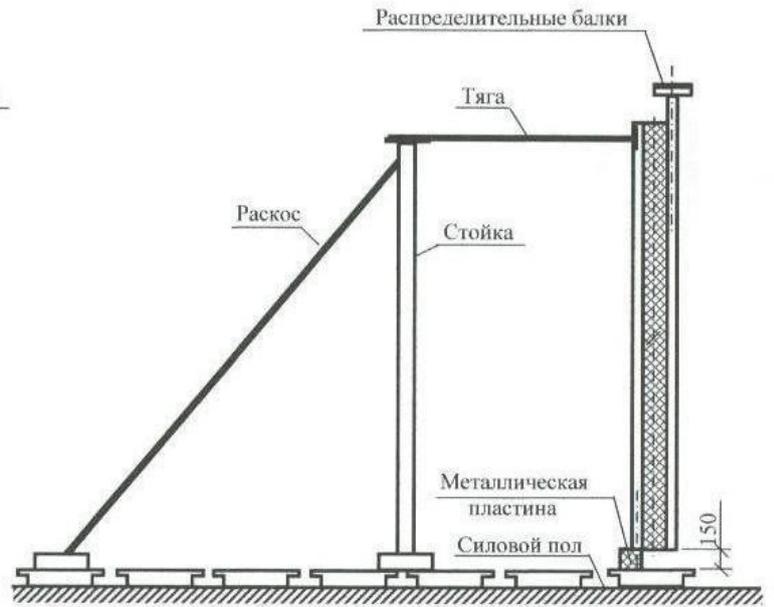


Рисунок 3.2 - Закрепление панели от опрокидывания в ходе испытаний

- измерения взаимных вертикальных перемещений наружного и внутреннего слоев панели в 4-х сечениях - электрическими прогибомерами с точностью до 0,1 мм;
- измерения горизонтальных перемещений панели в двух точках электрическими прогибомерами с точностью до 0,1 мм;
- измерения напряжений, продольных усилий, моментов в сечениях коннекторов расположенных, как горизонтально, так и под углом 45°. Размещение электрических прогибомеров представлено на рисунке 3.4, тензорезисторов на рисунке 3.6.

На рисунках 3.5÷3.14 показаны рабочие фрагменты установки приборов, закрепления панели.

Перед испытаниями были проведены обмеры, наружный осмотр панели, при этом были выявлены повреждения в виде трещин сверху и снизу под углом в 45°.и осыпка защитного слоя бетона после пожарных испытаний.

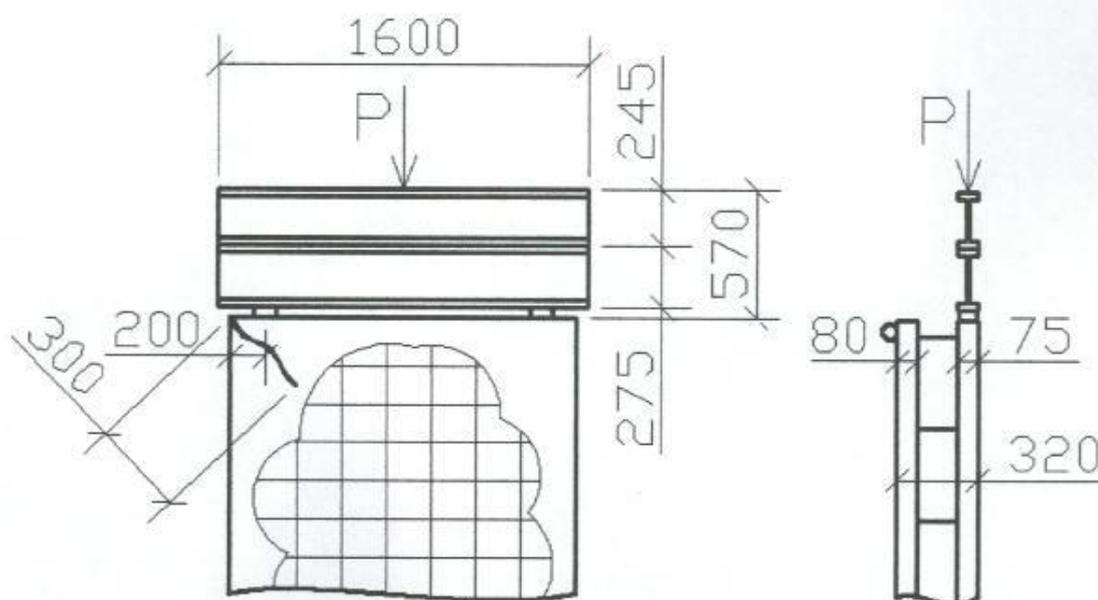


Рисунок 3.3 - Распределительная балка для передачи нагрузки на испытываемую панель

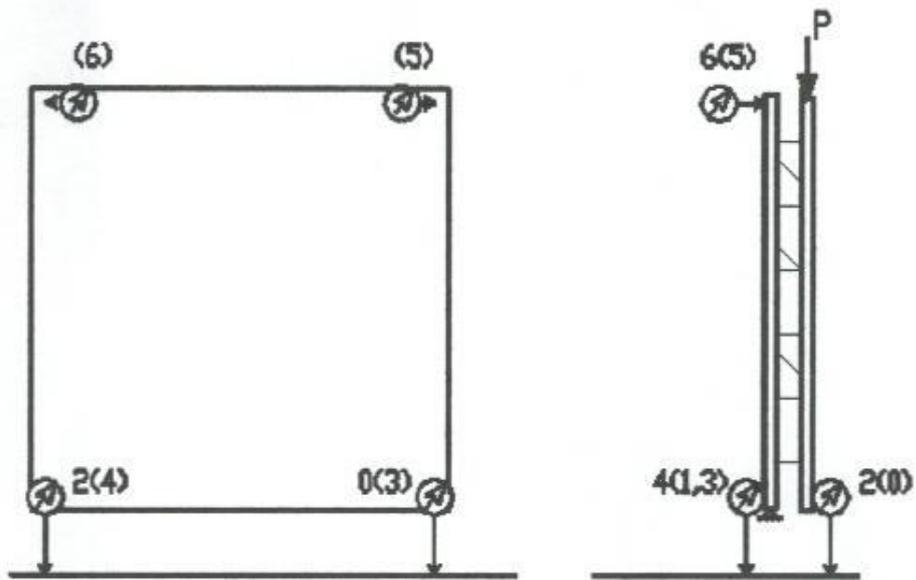


Рисунок 3.4 - Установка прогибомеров

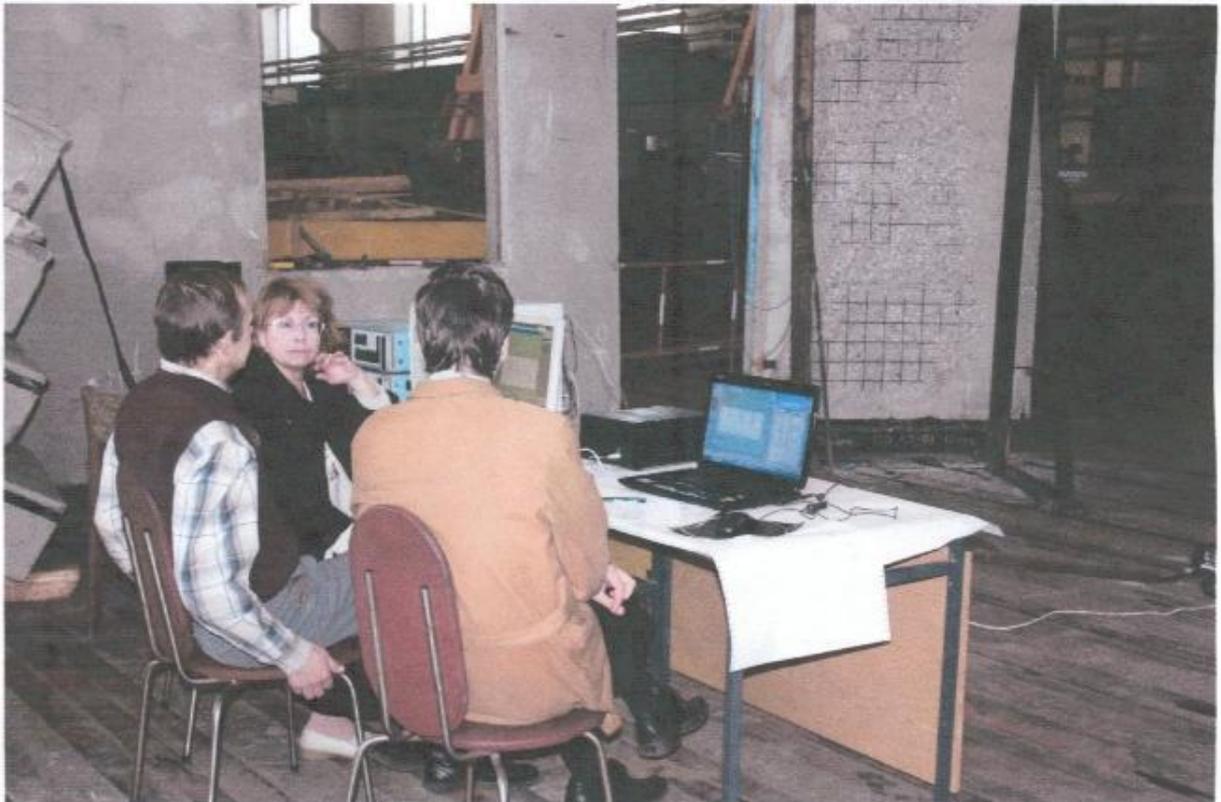


Рисунок 3.5 – Приборы, оборудование при испытании панели

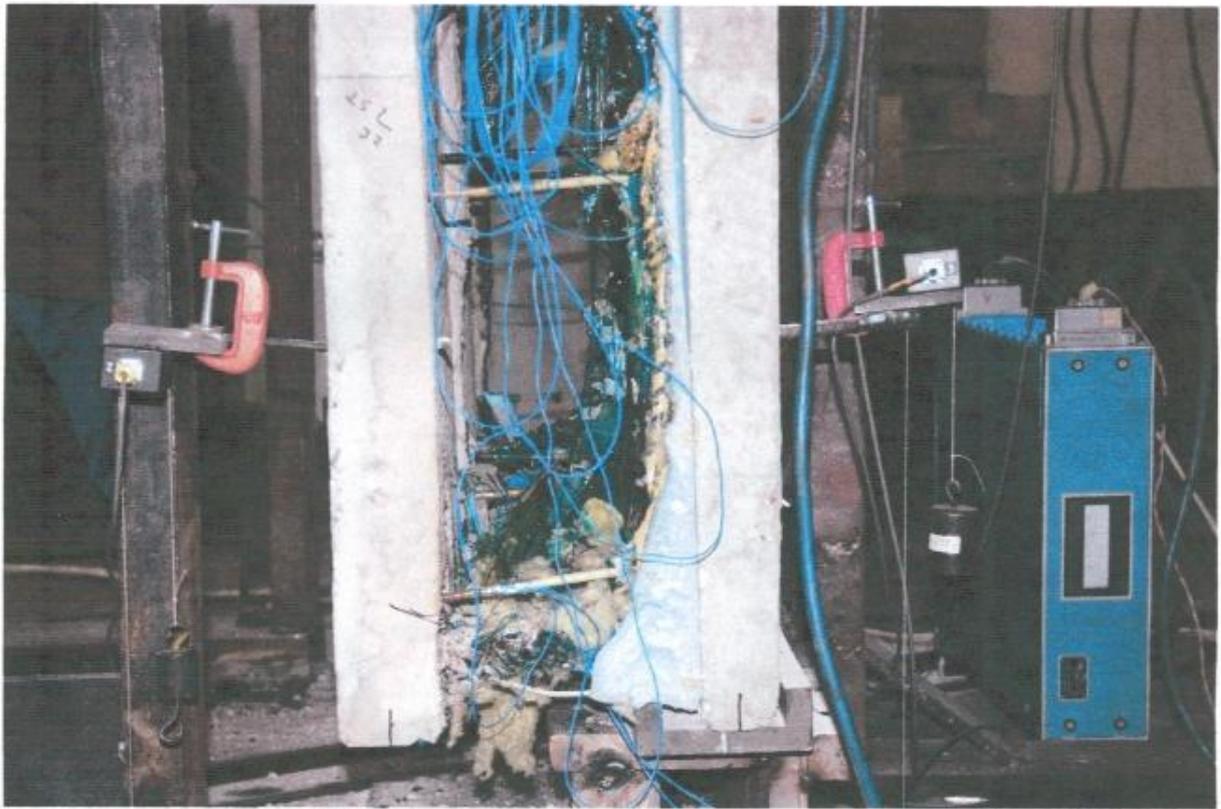


Рисунок 3.6 – Установка приборов на испытываемой панели



Рисунок 3.7– Приложение нагрузки на панель

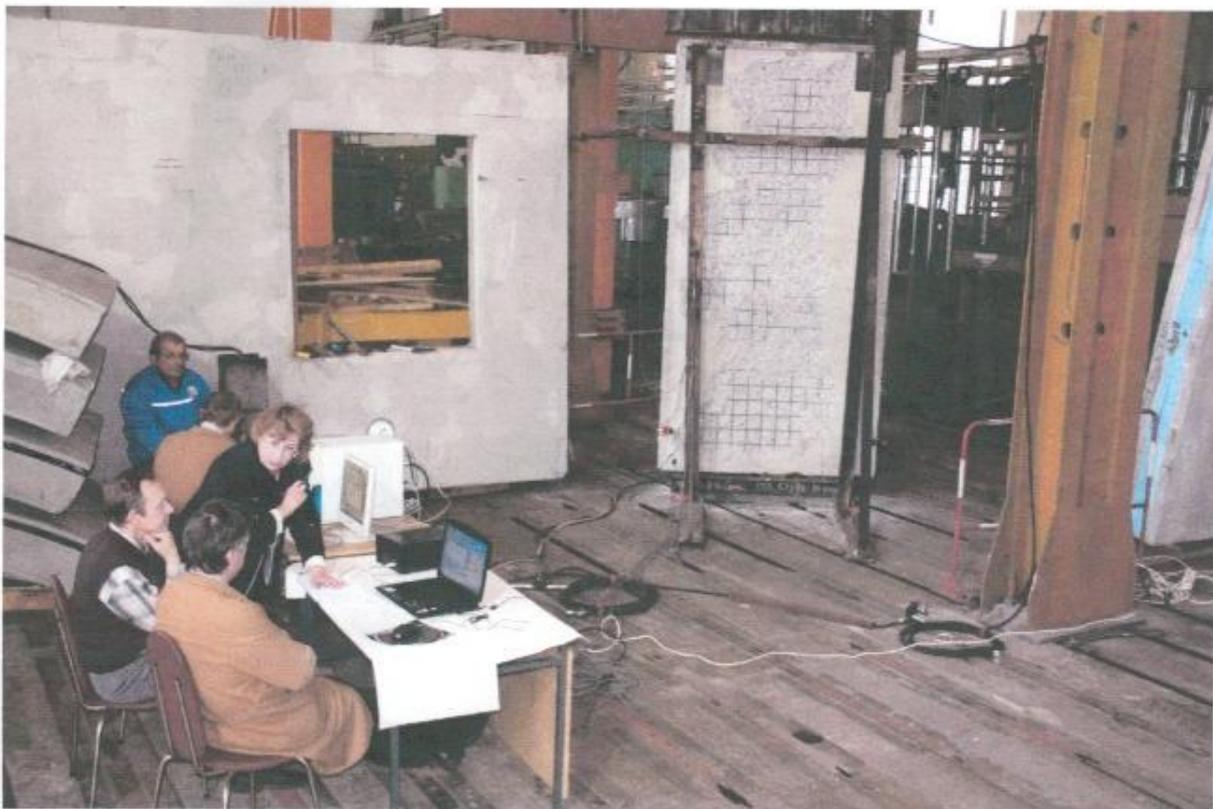


Рисунок 3.8 – Общий вид стенда, приборов, оборудования.



Рисунок 3.9– Скол в верхнем углу панели после термического воздействия



Рисунок 3.10- Трещина в нижнем углу панели после термического воздействия.



Рисунок 3.11 – Обнажение арматуры после термического воздействия

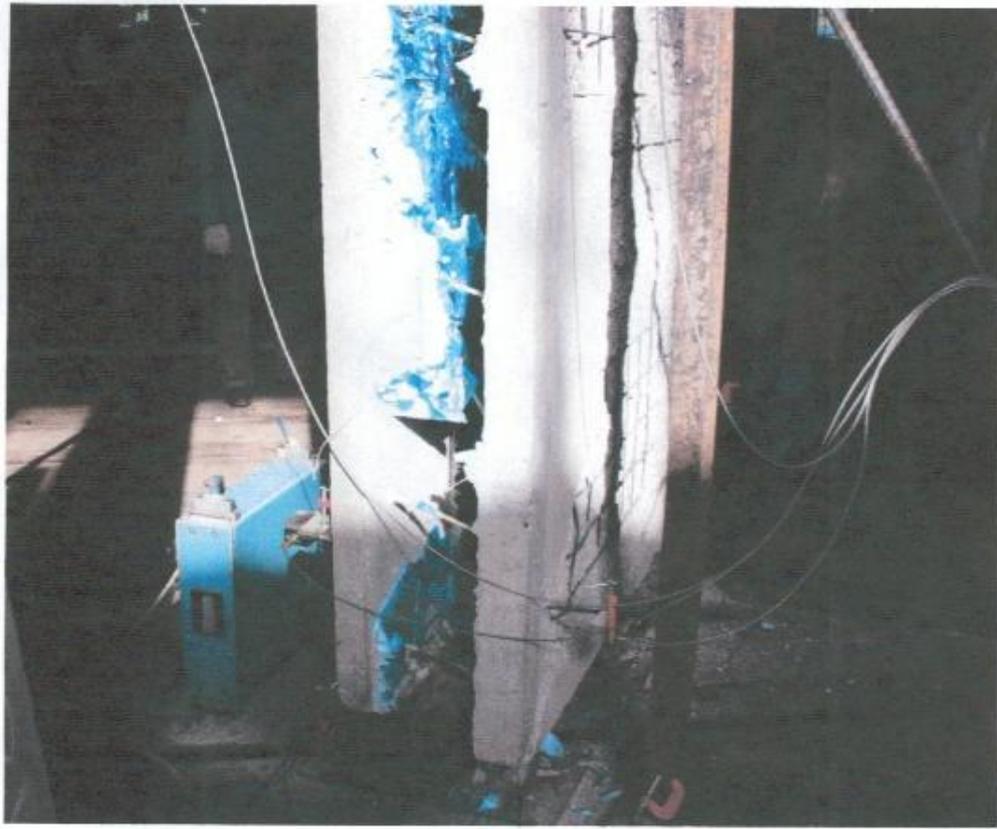


Рисунок 3.12 - Смещение плит панели после нагружения.



Рисунок 3.13 – Разрыв поперечной арматуры после нагружения.

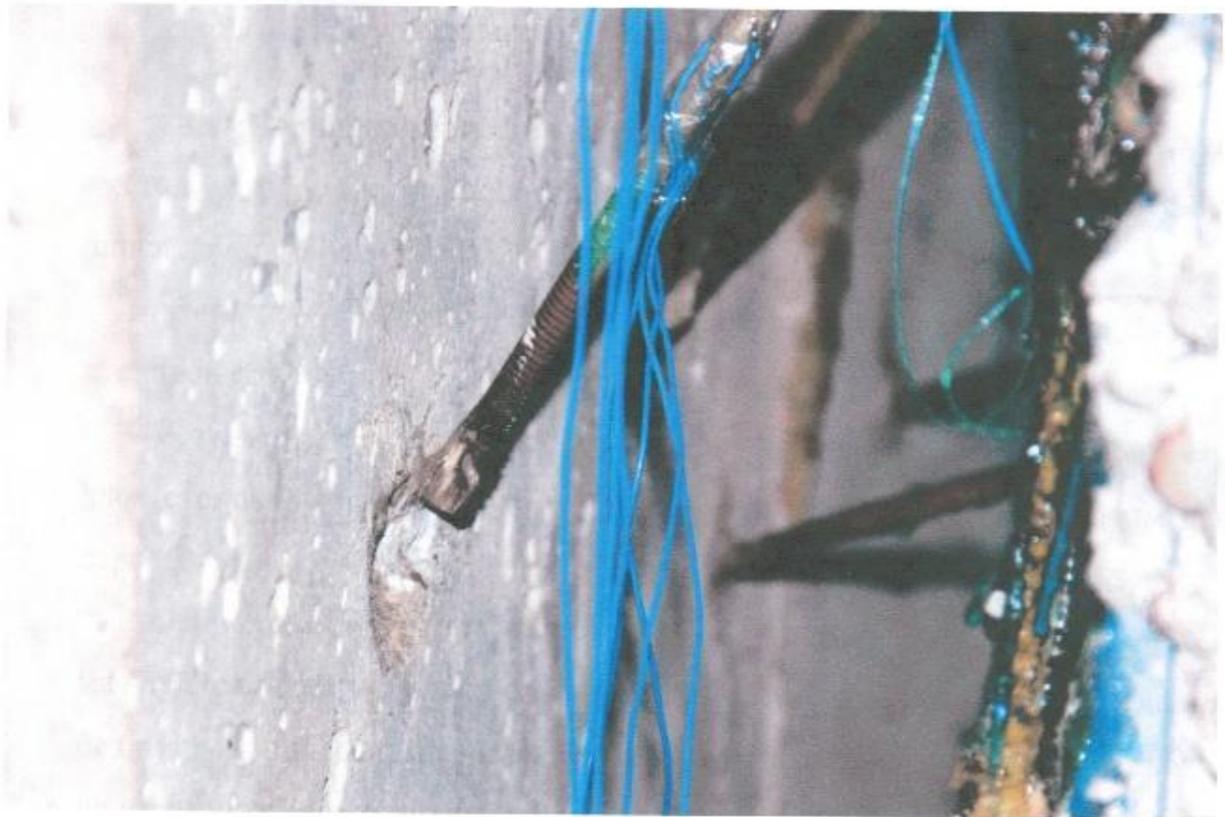


Рисунок 3.14 – Вырыв наклонной арматуры из бетона после нагружения.

4 Результаты испытаний

Замер прочности бетона наружного слоя панели после пожарных испытаний (методом упругого отскока склерометром ОМШ) показал, что класс бетона снизился до прочности В15 (220 кгс/см²).

В процессе испытаний зафиксирована сдвижка бетонных слоёв исследуемой стеновой панели.

Результаты определения сдвига наружного слоя относительно внутреннего слоя стеновой панели представлены в таблице 4.1. По полученным данным построена зависимость взаимных сдвигов панели от нагрузки рисунок 4.3.

Основным результатом проведенных экспериментов стало то, что исследуемая трехслойная панель выдержала нагрузку, нормативную (2620 кгс) не только без разрушения, но и без появления видимых трещин в наружных слоях. Величина взаимного сдвига при нормативной нагрузке составила в среднем 2,75 мм.

При контрольной нагрузке 5,0 тс, максимальная величина сдвига слоёв стеновой панели относительно друг друга составила 8,8 мм. После двухчасовой выдержки стеновой панели под воздействием данной нагрузки сдвиг увеличился до 11,2 мм (на 26%). При этом видимых разрушений в наружных слоях не обнаружено.

Общее состояние обследованной стеновой панели после разгрузки, следующее:

- левая сторона - в первом ряду наклонной арматуры (порядок счёта от низа) вырыв 2-х стержней из анкеров в наружном слое панели;
- правая сторона панели - из второго ряда наклонной арматуры вырыв 2-х стержней из анкеров в наружном слое панели;
- горизонтальная арматура не нарушена - обнаружены небольшие трещины и сколы в бетоне и в местах крепления анкеров, а также её изгиб по направлению сдвига.

5 Выводы

Исследуемая трехслойная панель выдержала нормативную нагрузку (2620гс) не только без разрушения, но и без появления видимых трещин в наружных слоях. Величина взаимного сдвига при нормативной нагрузке составила в среднем 2,75 мм.

При контрольной нагрузке 5,0 тс, максимальная величина сдвига слоёв стеновой панели относительно друг друга составила 8,8 мм. После двух часовой выдержки стеновой панели под воздействием данной нагрузки сдвиг увеличился до 11,2 мм (на 26%). При этом видимых разрушений не обнаружено.

Т.о. проведенные испытания показали, что запасы прочности, заложенные в конструкцию трёхслойной железобетонной панели системы «ТЕРМО-КРОСТ» (с гибкими стеклопластиковыми связями, изготавливаемыми ООО «Бийский завод стеклопластиков»,) позволяют обеспечить безаварийную работоспособность данной панели в условиях воздействия нагрузок от пожара, а также возможность безаварийных ремонтно-восстановительных работ после пожара на здании, смонтированном из панелей данной конструкции.

Таблица 4.1

Нагрузка, кгс	0	1000	1000	2000	2000	3000	3000	4000	4000	5000	5000
Время выдержки, мин	0		15		30		30		30		120
Взаимный сдвиг, мм	0	0,24	0,25	1,31	1,90	3,29	3,59	5,55	6,35	8,83	11,167

Таблица 4.2

Нагрузка, кгс	0	1000	1000	2000	2000	3000	3000	4000	4000	5000	5000
Время выдержки, мин			10		30		30		30		120
Стержень 1											
Нормальные силы, кгс	0	10,124	10,124	33,547	44,067	77,217	82,775	137,56	147,49	192,94	265,59
Моменты, кгс*см	0	1,6275	1,6975	7,0175	-9,205	12,863	13,283	22,278	25,883	40,495	42,875
Стержень 3											
Нормальные силы, кгс	0	11,116	12,307	32,554	36,723	63,322	61,138	96,273	88,531	112,95	127,44
Моменты, кгс*см	0	-1,61	-1,645	-7,14	11,463	18,988	20,335	30,398	-33,39	43,383	-47,04
Стержень 4											
Нормальные силы, кгс	0	70,666	68,284	140,74	163,56	217,95	205,45	257,65	223,51	77,812	4,9625
Моменты, кгс*см	0	-0,07	-0,07	0,1225	0	0,245	0,2625	0,7	0,98	2,66	6,2475

Зависимость нормальных сил в арматуре при внецентренной нагрузке

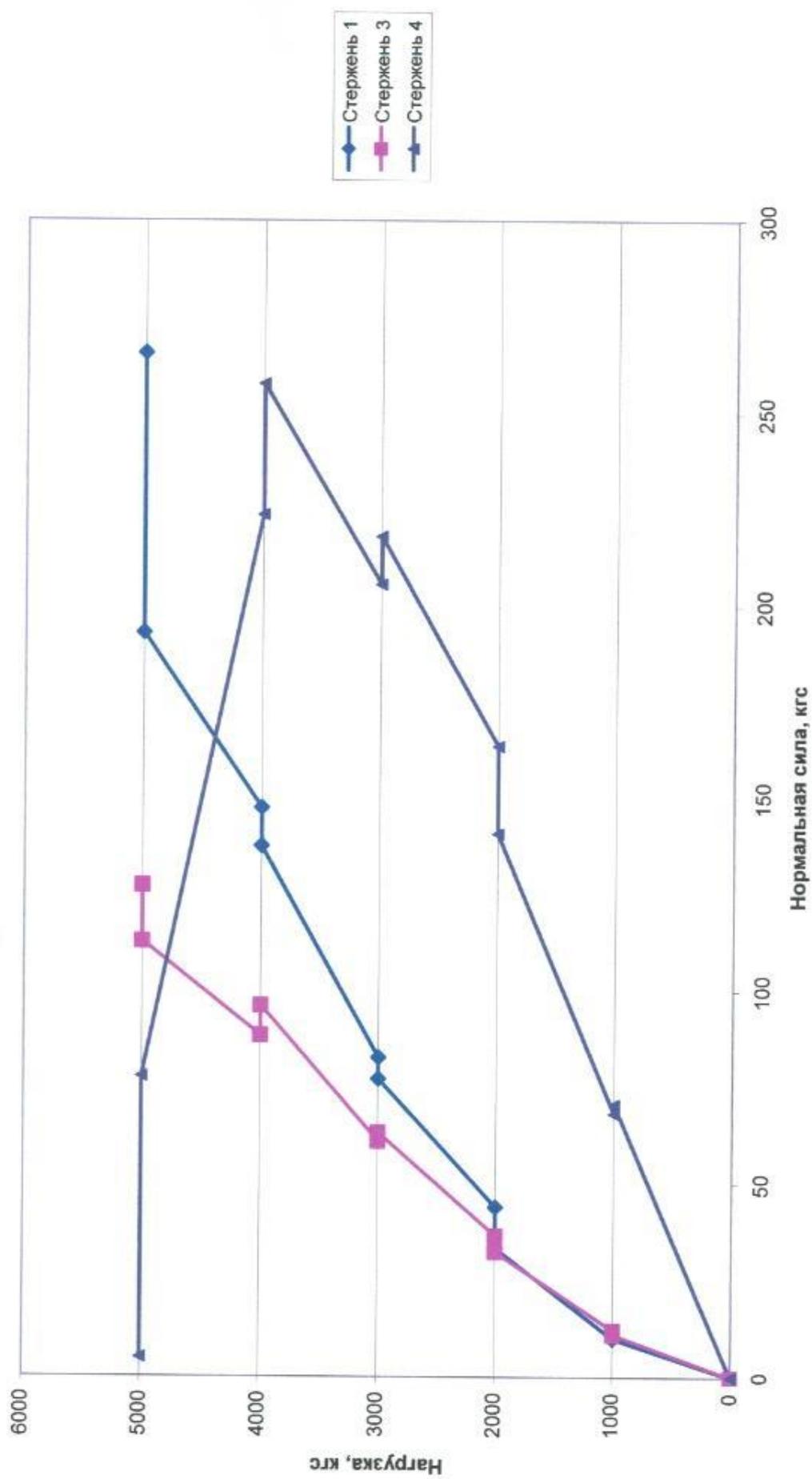


Рисунок 4.1 – Изменение силы в арматуре при меняющейся нагрузке

Зависимость моментов в арматуре при внецентренной нагрузке

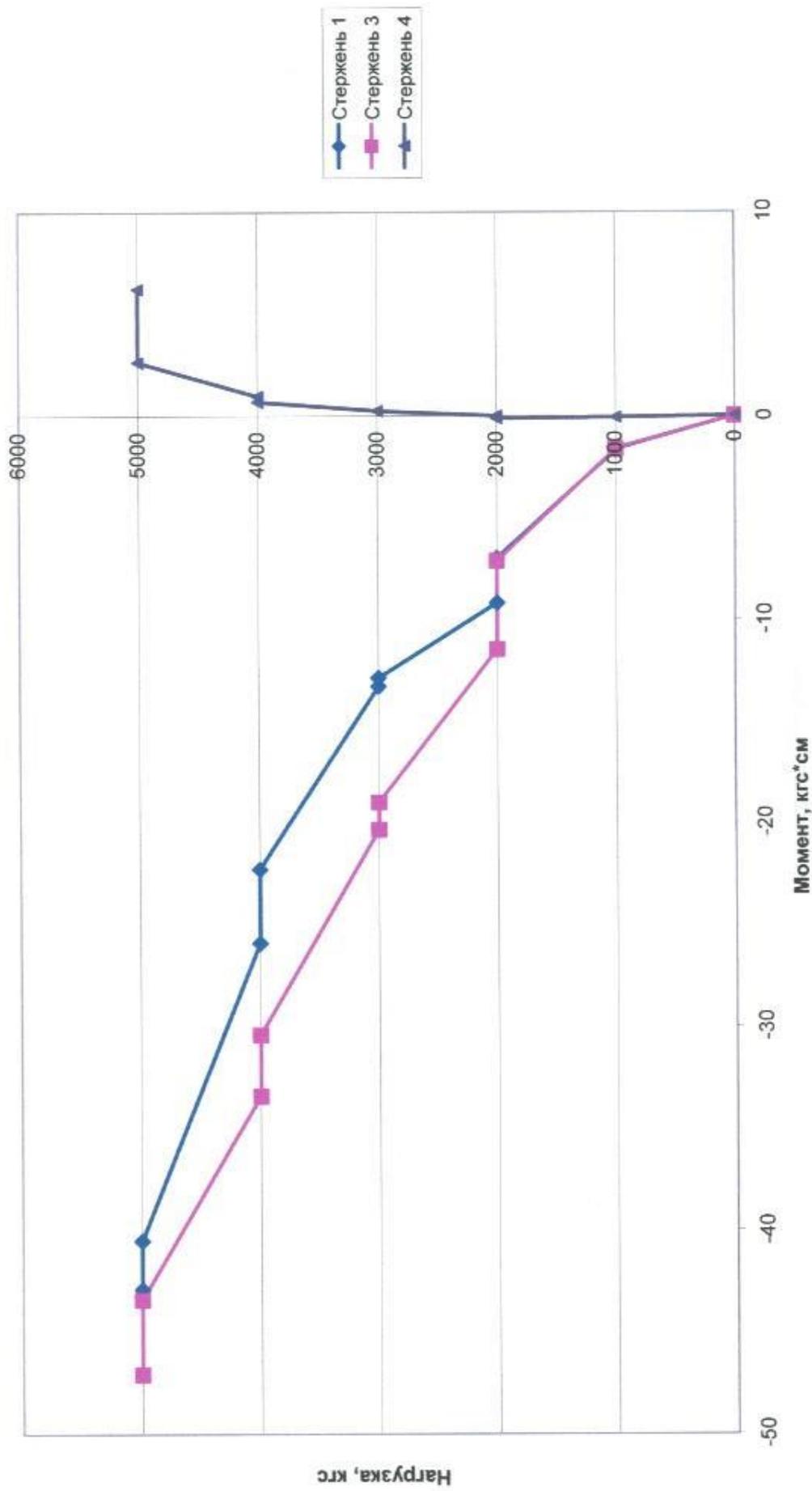


Рисунок 4.2 – Изменение момента в арматуре при меняющейся нагрузке

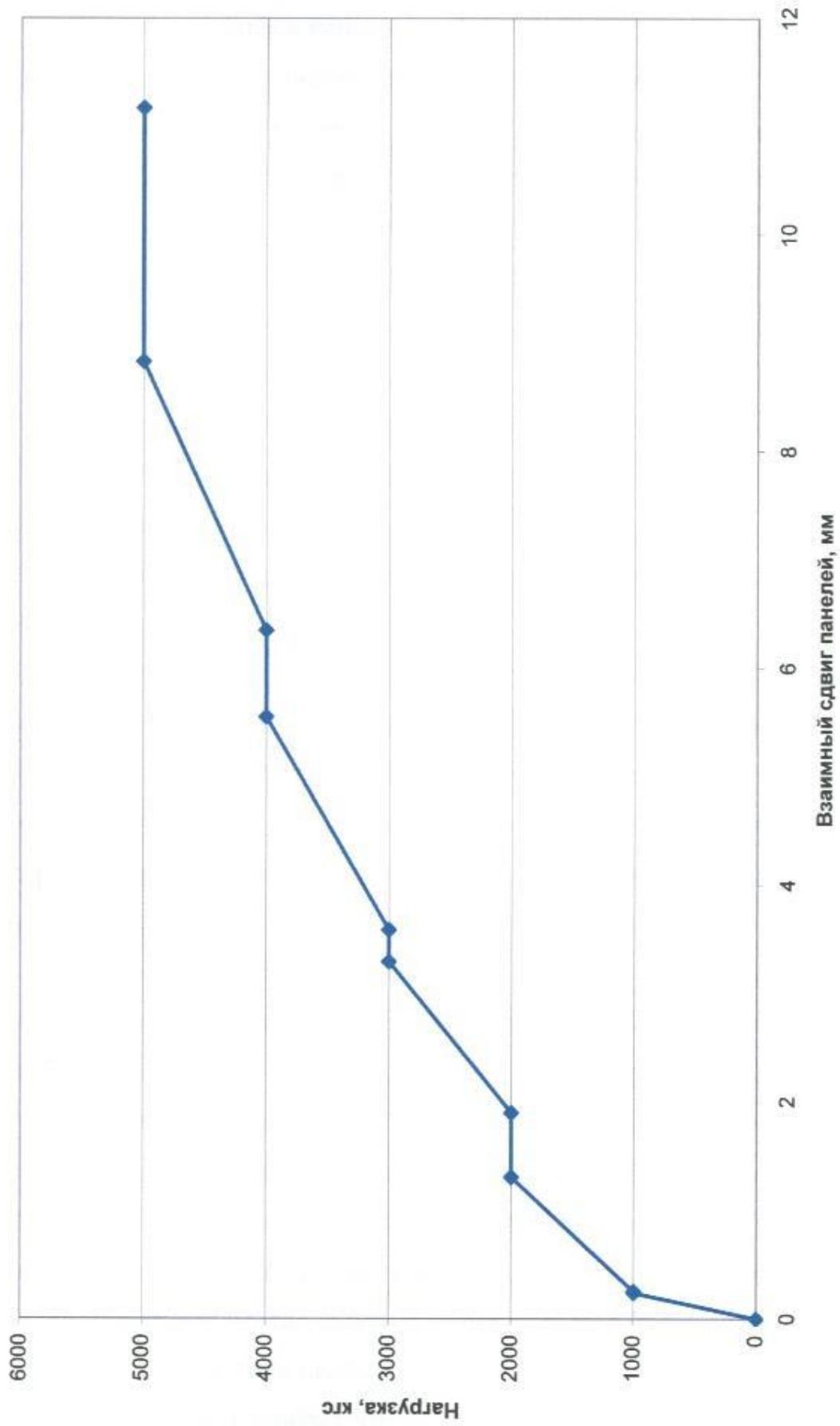


Рисунок 4.3 – Зависимость взаимного сдвига крайних панелей от нагрузки