

3 Программа исследований процесса трещинообразования модели балконной плиты и испытаний ее на прочность

3.1 Описание модели балконной плиты.

Конструкции балконных плит отличаются большим многообразием, как по материалам и геометрии, так и по схеме их армирования. Большое распространение имеют плиточные железобетонные конструкции, армированные стальными стержнями и проволочными сетками.

В качестве модели плиты была выбрана стандартная схема армирования по ГОСТ 28697-83. Геометрические размеры ее соответствуют стандартным размерам, кроме ширины плиты, которая была обусловлена габаритными размерами испытательного стенда.

Схематическое изображение модели приведено на рис. 2.1.

В соответствии с требованиями ГОСТ 28697-83 в растянутой зоне поперечного сечения плиты заложены 3 арматурных стержня 1 диаметром \varnothing 10 мм, а в зоне сжатия стальная сетка 2 из проволоки диаметром \varnothing 5 мм. Материал заполнителя плиты – бетон марки 200, приготовленный по традиционной технологии. Из бетонной смеси, приготовленной для плиты, были изготовлены три образца размером 100x100x100 мм для испытаний на прочность. На этих образцах для определения статического модуля упругости $E_{ст}$ при сжатии были наклеены тензодатчики. Была использована общеизвестная методика определения $E_{ст}$ тензометрическим методом [8].

3.2 Программа исследований процесса трещинообразования

Конечной целью исследований процессов трещинообразования и разрушения моделей плит является получение исходных данных для разработки критериев их предразрушающего состояния. Эти критерии будут положены в основу разрабатываемой методики технической диагностики элементов выступающих частей зданий и сооружений.

- Программа исследований включала следующие этапы. На первом этапе:
- с помощью вибровозбудителя с регулируемой частотой нагружающего модуля комплекса ИВК-02 в испытуемом образце плиты возбуждаются изгибные колебания малой амплитуды с частотой, изменяемой от нуля до 100 Гц;
 - измеряются частоты всех мод изгибных колебаний и регистрируются резонансные частоты собственных колебаний плиты;
 - с помощью вибровозбудителя постоянной частоты комплекса ИВК-02 подвергают в течение 5 мин испытуемый образец изгибным колебаниям с большой амплитудой;
 - вновь измеряют частоты собственных колебаний испытуемого образца;

- поэтапно повторяют последние две операции до тех пор, пока наименьшая резонансная частота собственных изгибных колебаний не изменится на 5, 10, 15, 20 % от исходного значения;
- на каждом этапе производят осмотр и регистрацию суммарной длины трещин в поверхностных слоях испытуемого образца; одновременно с этим регистрируют параметры акустоэмиссионных сигналов ($\sum A_i, \dot{N}$), полученных на выходе акустоэмиссионного измерительного тракта комплекса ИВК-02;
- в соответствии с изложенной ниже методикой производят обработку полученных данных и рассчитывают предельные значения критерия предвещающего состояния испытуемого образца модели.

4 Разработка измерительно-вычислительного комплекса и конструкции нагружающего модуля

4.1 Краткое описание измерительно-вычислительного комплекса

Общий вид комплекса ИВК-02 с нагружающим модулем изображен на рис. 4.1.

С целью исследования динамики процесса трещинообразования в элементах строительных и машиностроительных конструкций авторами был разработан автоматизированный информационно-вычислительный многопараметрический комплекс ИВК 02, представляющий собой многоканальное цифровое измерительное устройство с возможностью настройки, конфигурирования, тестирования, обработки и идентификации результатов измерения и определения активных оптических источников и акусто-эмиссионных (АЭ)-сигналов. Комплекс является многофункциональным устройством, обеспечивающим высокую точность, скорость измерения и обработку данных испытания объектов техники и позволяет проводить диагностику технического состояния элементов конструкций с целью повышения надежности их эксплуатации. Комплекс, построенный на базе многоканальной многофункциональной измерительной платы L-780 фирмы L-Card, имеет математическое обеспечение по обработке оптических и АЭ-параметров, разработанное на основе многолетнего опыта исследовательской группы отдела «Физики прочности и механики разрушения» НИИ механики и прикладной математики им. акад. И.И.Воровича по проведению оптической и АЭ-диагностики технического состояния различных промышленных объектов и их элементов, а также оценки степени их остаточного ресурса.

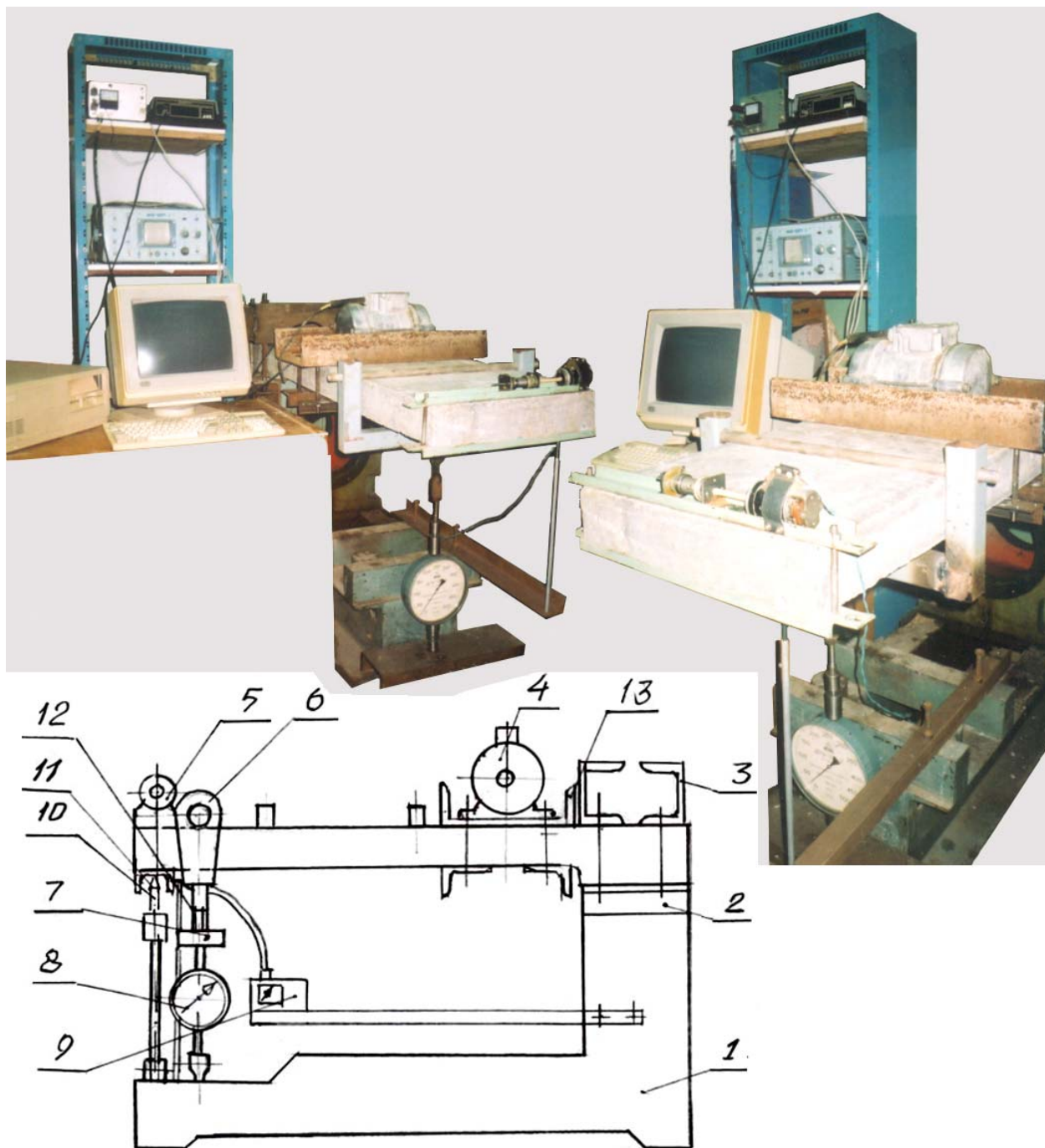


Рис.4.1. Схема и общий вид нагружающего модуля измерительно-вычислительного комплекса ИВК-02

1	Станина	2,3	Накладки для крепления плиты
4	Мощный вибровозбудитель постоянной частоты	5	Маломощный вибровозбудитель с регулируемой частотой
6	Хомут	7	Нагружающий винт
8	Динамометр 8 ДПУ – 0,5 – 2	9	Оптоволоконный измеритель перемещений
10	Индикаторная система измерения больших перемещений	11	Тензометрический датчик
12,13	Элементы крепления вибровозбудителей		

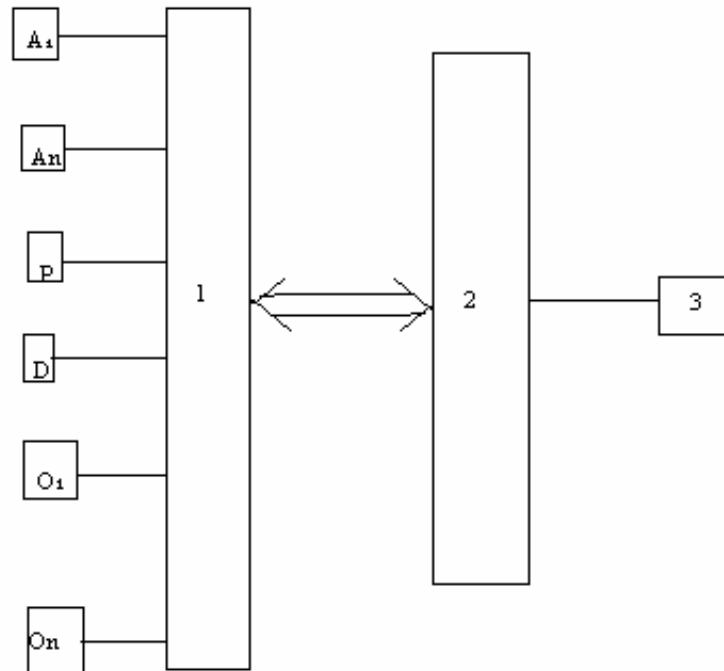


Рис. 4.2. Схема обработки информации информационно-вычислительным комплексом ИВК-02

В комплекс входят: A_1 , A_n – первый и n -тый приемные акустические каналы, соответственно. P , D – параметрические каналы для анализа полей напряжений и деформации исследуемого элемента конструкции, соответственно, O_i – оптические каналы, 1 – многоканальная плата L-Card, 2 – микро-ЭВМ, 3 – принтер. Все каналы имеют соответствующие устройства сопряжения и масштабирования.

Механическое нагружение элемента конструкции осуществляется в нагружающем модуле. Параметры АЭ-сигналов регистрируются акустико-эмиссионным блоком и подаются на соответствующие каналы платы L-780. Проверка работоспособности и калибровка акустоэмиссионного блока системы производилась с помощью имитатора АЭ-сигналов.

С помощью комплекса ИВК-02 была решена задача нахождения корреляционных зависимостей между деформационными характеристиками, повреждаемостью материала и параметрами сигналов акустической эмиссии; интенсивностью светового потока, протекающего через оптоволоконный преобразователь (ОВП), а также поиск критериев диагностики технического состояния элементов конструкций акустооптоволоконным методом.

4.2 Конструкция нагружающего модуля комплекса

Нагружающий модуль комплекса ИВК-02 предназначен для натуральных испытаний консольных элементов строительных конструкций на статическую и динамическую прочность, а также для регистрации параметров трещинообразования и разрушения.

Конструктивно модуль (рис. 4.4) состоит из массивной чугунной станины 1, на верхней выступающей поверхности которой жестко закрепляется испытуемый элемент строительной конструкции (например, модель балконной плиты). Крепление испытуемой плиты осуществляется с помощью стянутых болтами накладок 2, 3, выполненных из стальных профилей швеллерного и уголкового сечения. Затяжка болтовых соединений, имитирующая закрепление плит в стенах зданий, выполняется тарированными ключами. На поверхности испытуемой плиты крепятся низкочастотный вибровозбудитель колебаний постоянной частоты 4 и маломощный вибровозбудитель 5 с регулируемой частотой колебаний. На концевой части плиты крепится хомут 6, на нижней части которого монтируется нагружающий винт с гайкой 7 и динамометр 8 ДПУ – 0,5 – 2. Рядом с хомутом устанавливается оптоволоконный измеритель перемещений 9, а также индикаторная система для измерения больших перемещений 10. Корпус измерителя 9 установлен на жестком кронштейне, закрепленном к станине, а оптоволоконный датчик перемещений расположен на вертикальной стойке у нижней поверхности плиты напротив закрепленного на ней отражающего зеркала. Регулируемый начальный зазор между зеркалом и торцом датчика фиксируется стопорным винтом. На верхней поверхности плиты монтируются датчики АЭ акустоэмиссионного измерительного тракта комплекса ИВК-02.

Статическое нагружение испытуемого элемента конструкции осуществляется ходовым винтом с гайкой 7. При этом усилие нагружения контролируется с помощью динамометра 8 и тензодатчика 11.

Динамически испытуемый элемент конструкции нагружается двумя вибровозбудителями 4, 5, закрепленными на верхней поверхности элемента (плиты): низкочастотный вибровозбудитель колебаний установлен около заземления плиты, а вибровозбудитель с регулируемой частотой 5 – на концевой свободной части плиты. Оба вибровозбудителя крепятся к испытуемому образцу с помощью съемных крепежных элементов 12, 13, стянутых болтовыми соединениями.

5. Методика технической диагностики элемента выступающих частей зданий

5.1. Результаты натуральных испытаний модели плиты

На первом этапе исследований была решена частная задача определения предела прочности бетона для модели балконной плиты. В соответствии со стандартной методикой определения прочности бетона были изготовлены стандартные образцы - кубики 100х100х100 мм (3 шт.) из бетона для модели плиты. На один из образцов были наклеены тензодатчики и по стандартной методике испытаний на одноосное сжатие строилась диаграмма деформирования $P_{сж}(Δl)$ (рис. 5.1).

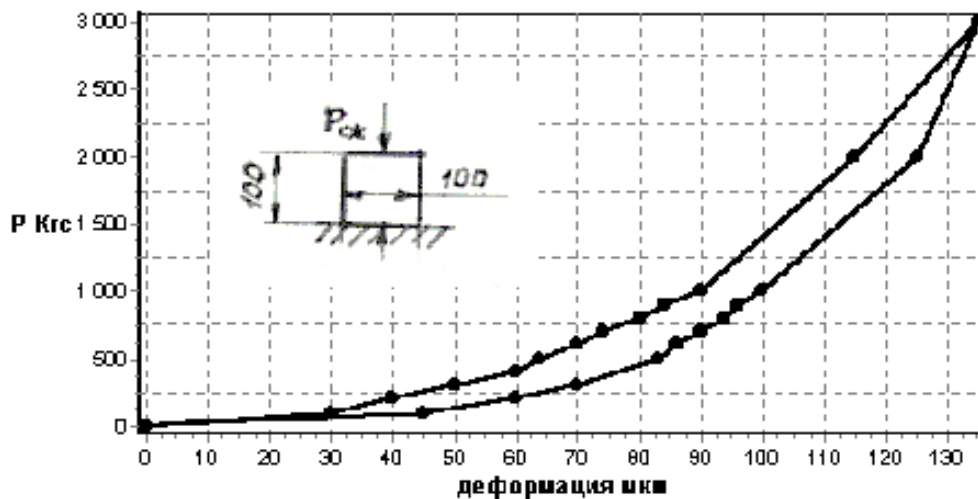


Рис. 5.1. Диаграмма деформирования на сжатие стандартного образца из бетона

Полученная деформационная зависимость имеет явно нелинейный характер. Это связано с влиянием на результаты измерений сил трения на контактных плоскостях «пуансон-образец», несовместимости модулей упругости и коэффициентов Пуассона материалов пуансона испытательной машины и испытуемого образца, «краевого эффекта». В силу этих факторов в приконтактных зонах образца создается неоднородное напряженное состояние, искажающее результаты испытаний, и поэтому расчет статического модуля упругости бетона $E_{сж}$ по деформационной зависимости нецелесообразен из-за очень больших погрешностей.

На другом образце кубика из бетона на разрывной испытательной машине Р-50 были проведены стандартные испытания на прочность при сжатии, в процессе которого также была снята деформационная зависимость $P(ΔL)$ (рис. 5.2.). По результатам испытаний был рассчитан предел прочности при растяжении бетона $\sigma_{nr}=245$ кгс/см².

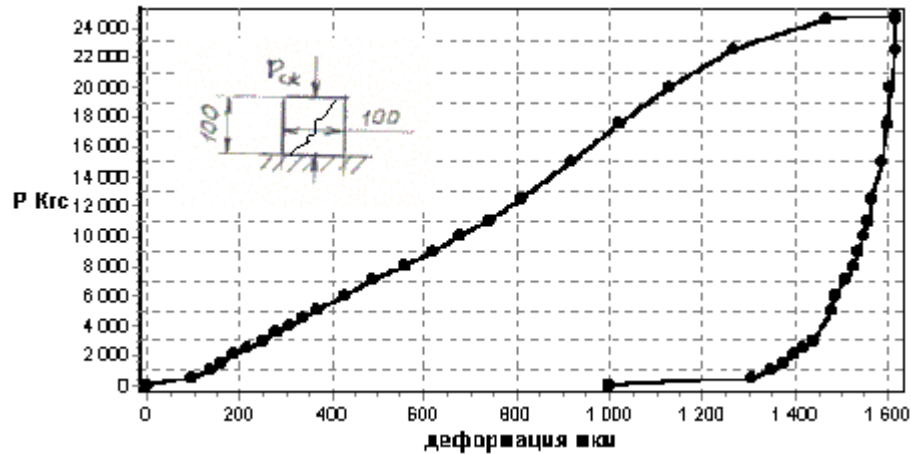


Рис. 5.2. Диаграмма деформирования и разрушения стандартного образца из бетона при одноосном сжатии

Из графика зависимости $P_i(\Delta l)$ видно, что при сжимающем усилии $P_{сж}=20000$ кг скорость нарастания деформации увеличивается и кривая зависимости выполаживается. Эта особенность графика зависимости объясняется характером разрушения испытуемого образца. При сжимающем усилии $0.8P_{разр}$ на боковых поверхностях и площадке нагружения образца происходит скалывание фрагментов образца – пластинок прямоугольной и эллиптической конфигурации. Поверхности разрушения проходят через границы, разделяющие твердый раствор и фракции щебня. Поверхность выколов ребристая. Явление «осыпания», возможно, связано с остаточными напряжениями или поверхностными трещинами, возникшими при изготовлении образцов. Следует отметить также, что количество выколов на образце неодинаково: их больше на стороне образца, расположенной ближе к источнику вибрации от двигателя испытательной машины.

При сжимающем усилии $P_{сж}=24500$ кг в образце возникает магистральная трещина с последующим разрушением испытуемого образца с разделением на отдельные фрагменты.

На следующем этапе исследований задача определения модуля упругости и скорости звука в железобетоне была решена экспериментально-расчетным путем. Схема нагружения модели плиты изображена на рис. 5.3. Для этой схемы прогиб консольной плиты как балки определяется по известной формуле

$$y_в = \frac{Pa^2(2a + 3b)}{6EJ},$$

откуда статический модуль упругости

$$E_{ст} = \left| \frac{Pa^2(2a + 3b)}{6y_в j_y} \right|.$$

Измерив значения прогиба при изгибе в точке В (рис 5.3) можно рассчитать значение $E_{ст}$. Для этого были измерены прогибы модели плиты при ее заве-

домо упругом деформировании. Усредненные результаты измерений прогиба приведены в табл. 5.1

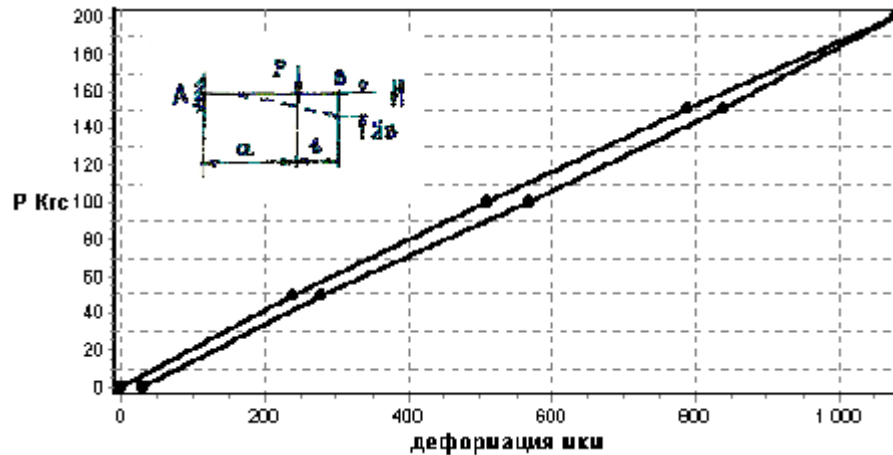


Рис. 5.3. Деформационная зависимость ж/б плиты при консольном статическом изгибе

Таблица 5.1

Усилие P_i	кГс	0	50	100	150	200	150	100	50	0
Прогиб y_B , мм		0	0,24	0,51	0,79	1,07	0,84	0,57	0,26	0,03

Как видно из этих данных, деформационная зависимость $P_i(y_B)$ имеет вполне линейный характер. Погрешность опытного определенная E_{cm} составила $\sim 3\%$, что вполне приемлемо для таких материалов, как железобетон.

Используя последние соотношения для $E_{ст}$ и подставив в него значения y_B получим расчетное значение

$$E_{cm} = 119,66 \cdot 10^3 \text{ кГс/см}^2$$

С учетом того, что модель балки была изготовлена без виброуплотнения бетона, значение жесткости образца укладывается в пределы известных справочных данных [7].

На третьем этапе экспериментов решалась задача исследования влияния статических и динамических воздействий в диапазоне низких частот на амплитудно-частотные характеристики железобетонных плит. Исследования проводились на модели плиты, отличающейся от описанной выше. Отличие этой модели от примененной на первых 2х этапах экспериментов заключалось в измененной длине консольной части плиты ($(a+b) = 870$ мм). При этой схеме нагружения (рис. 5.3) точка приложения статического усилия $a = 705$ мм, а измерения прогиба проводились в точке, отстоящей от заделки $(a+b) = 835$ мм.

Вначале был проведен эксперимент по снятию деформационных зависимостей при статическом изгибе плиты $P_i(\Delta l)$ в диапазоне усилия до 200 кГс (рис. 5.4), а затем в диапазоне до 300 кГс (рис. 5.5).

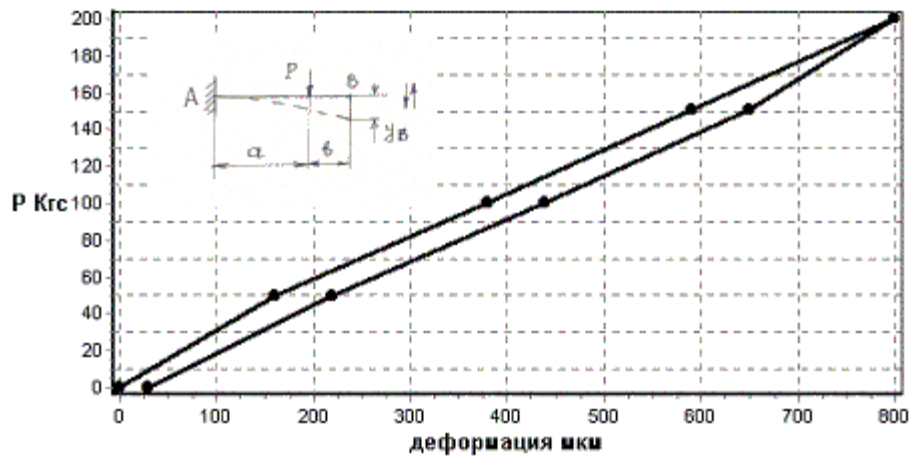


Рис.5.4. Деформационная зависимость ж/б плиты при консольном статическом изгибе

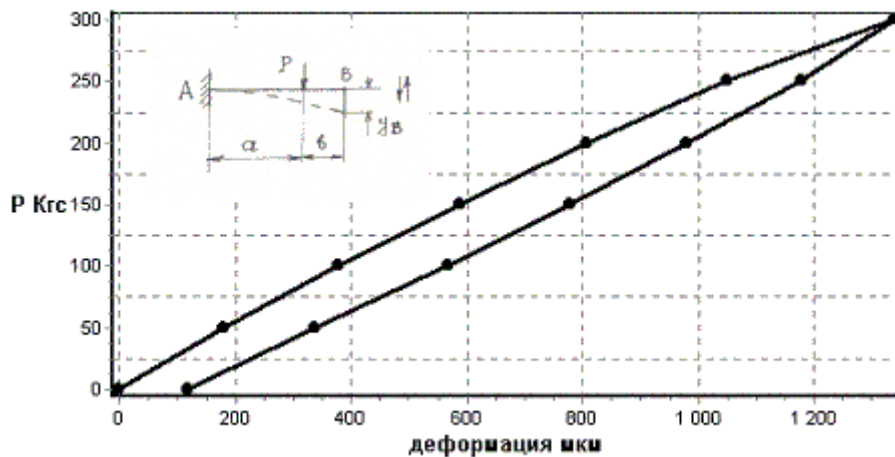


Рис.5.5. Деформационная зависимость ж/б плиты при консольном статическом изгибе (с последствием)

Анализ этих зависимостей показал, что гистерезис деформационных кривых растет с увеличением предельной нагрузки: при $P_{max} = 200$ кГс остаточная деформация Δl_{max} составила 3,8 %, а при 300 кГс – 8,9 %, т. е. при усилиях > 200 кГс доля неупругих деформаций начинает существенно расти, и это необходимо учитывать при определении механических характеристик плит из железобетона.

Далее были проведены исследования амплитудно-частотных характеристик модели плиты с использованием нагружающего модуля комплекса ИВК-02. Для решения этой задачи первоначально измерялись частоты собственных изгибных колебаний плиты при слабом динамическом воздействии и статической нагрузке P_i , увеличивающейся от 0 до 300 кГ с интервалом 50 кГ. График зависимости $f_{изг}(P_i)$ приведен на рис. 5.6.

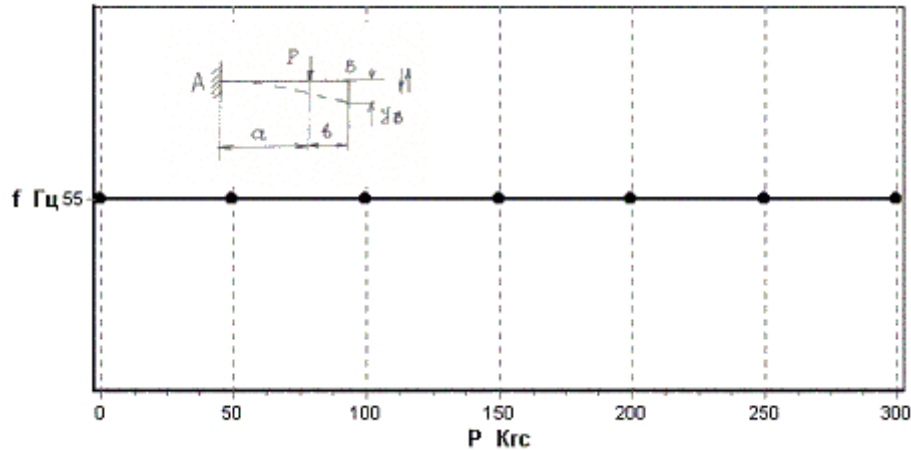


Рис.5.6. Зависимость первой собственной частоты (изгибная мода) ж/б плиты от силы, приложенной при консольном статическом изгибе

Из графика видно, что низшая частота изгибных колебаний $f_{изг} = 55$ Гц практически не меняется во всем диапазоне усилий P_i вплоть до $P_{max} = 300$ кгс. Из этого можно сделать предварительный вывод о том, что статические нагрузки в исследованном диапазоне ($P_{max} = 300$ кгс) не влияют на степень поврежденности испытуемой плиты – новые поверхностные трещины нами не наблюдались.

В связи с этим возникла задача оценки влияния динамических нагрузок на кинетику образования микротрещин в железобетонных элементах конструкций путем анализа их амплитудно-частотных характеристик. С этой целью на испытуемую модель плиты был установлен мощный вибровозбудитель с постоянной частотой колебаний $f_{возб} = 50$ Гц. Динамическая нагрузка прикладывалась на расстоянии $d = 230$ мм от заделки (рис. 5.7).

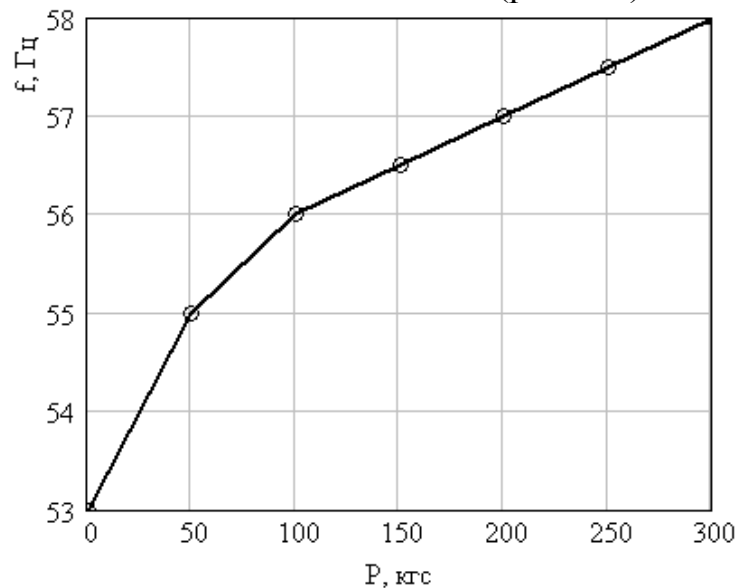


Рис.5.7. Зависимость первой собственной частоты (изгибная мода) ж/б плиты от силы, приложенной при консольном статическом изгибе после динамического нагружения в течение $t=10$ мин

Программа испытаний заключалась в следующем: плита подвергалась динамической нагрузке в течение времени $t_d = 10$ мин, после чего вибровозбудитель выключался, к плите прикладывалась статическая изгибная нагрузка P_i от 0 до $P_{max} = 300$ кГс, и с интервалом усилий $\Delta P = 50$ кГс измерялась собственная частота изгибных колебаний. По результатам измерений частоты $f_{изз}$ была построена зависимость $f_{изз}(P_i)$ (рис. 5.7). Далее испытываемая модель разгружалась, осуществлялось вибронагружение балки в течение $t_d = 20$ мин, и производились те же операции, что и на первом цикле.

Далее были проведены исследования по оценке влияния длительности вибронагружения на процесс образования микротрещин в плите. При этом измерения статического прогиба и частоты собственных колебаний $f_{изз}$ на конце консоли плиты y_B проводились при ее статическом нагружении до $P_i = 300$ кГс. Результаты измерений y_B и $f_{изз}$ приведены ниже в таблице 5.2.

Таблица 5.2

Влияние длительности динамического нагружения на деформацию и частоту собственных колебаний.

P_i , кГс	Длительность динамического нагружения t_d , мин и частота резонанса, Гц		
	20 мин	40 мин	80 мин
	Прогиб, мкм / частота, Гц		
0	0 / 52	0 / 52	0 / 53
50	190 / 56	220 / 55	240 / 54
100	430 / 56	440 / 55	480 / 55
150	680 / 56	680 / 58	720 / 56
200	900 / 56	920 / 57	980 / 57
250	1200 / 56	1200 / 58	1250 / 57
300	1480 / 57	1480 / 59	1520 / 57

По этим данным построен график зависимости прогиба y_B от статической нагрузки при различной длительности динамического нагружения частотой $f_{возб} = 50$ Гц (рис. 5.8).

Анализ этих зависимостей показал, что чем больше длительность динамического нагружения плиты, тем больше деформация балки под статической нагрузкой, т. е. растет количество микрповреждений. Для получения количественных оценок по степени влияния вибраций на железобетонные плиты необходимо провести более длительные по времени испытания.

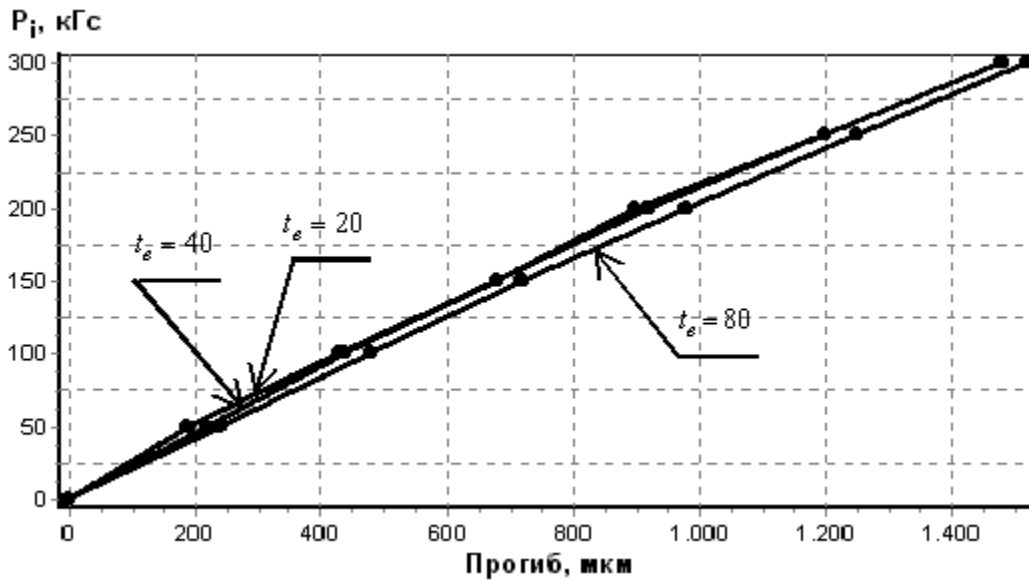


Рис. 5.8. Зависимость деформации плиты от длительности динамического возбуждения

Исследования амплитудно-частотных характеристик железобетонных плит типа балконных показали, что длительность динамических воздействий частотой 50 Гц коррелирует с жесткостью плиты, т. е. с количеством очагов микрповреждений (микро- и макротрещин, пор). С ростом длительности воздействия растет число повреждений. Предварительные результаты испытаний позволили сделать вывод о том, что закон их нарастания носит экспоненциальный характер.

Далее на основе полученных данных предлагается методика технической диагностики балконных плит, позволяющая определить предразрушающие состояния плит по критическому значению динамического прогиба конца плиты и ее частот резонанса при воздействии на плиты вибрации от движущихся рядом со зданием тяжелых транспортных средств.

5.2 Особенности акустооптоволоконной методики технической диагностики элементов строительных конструкций

Системы технической диагностики элементов машиностроительных и строительных конструкций в основном базируются на определении деформационных характеристик материалов, оцениваемых одним из традиционных методов неразрушающего контроля.

Известные акустоэмиссионные (АЭ) методики диагностики позволяют анализировать динамику возникновения и развития несплошностей (микротрещины, раковины, инородные включения и др.) в однородных по структуре материалах и элементах конструкций. Однако, АЭ- метод не позволяет выявлять локальные источники микро- и макроразрушения в элементах конструкций сложной конфигурации однозначно, т. к. исключить из спектра АЭ- импульсов ложные сигналы достаточно сложно, ибо это требует применения трудоемких длительных процедур. Поэтому достоверность результатов контроля АЭ- методом высока в основном для конструкций простых геометрических форм [9, 10].

В отличие от этого, известный оптоволоконный метод контроля локальных деформаций позволяет определять их (и связанные с ними несплошности в материале) с высокой надежностью, в том числе и в элементах конструкций сложной конфигурации [11, 12]. Однако, чувствительность оптоволоконных преобразователей (ОВП) не всегда достаточна для регистрации момента зарождения микротрещин. Достоверность результатов измерений с помощью ОВП выше, чем при применении АЭ- метода, но только в диапазоне деформаций, ограниченном порогом чувствительности ОВП.

Предложенный авторами комплексный акустооптоволоконный способ [11] исследования механического состояния материалов и элементов конструкций позволяет избежать ряда недостатков упомянутых выше методов [10, 13].

Способ заключается в том, что датчики АЭ- импульсов регистрируют начало развития пластических деформаций в материале, моменты зарождения трещин, их развитие и накопление, одновременно с этим ОВП фиксируют местоположение зоны микроразрушения по величине локальной деформации, развивающейся в зоне установки преобразователя в элементе конструкции.

Процедура расчета параметров АЭ- импульсов и связи их с механическим состоянием конструкций приведена в [9, 10], а методика определения уровня локальных деформаций с помощью ОВП изложена в [11, 12].

Кроме отмеченных выше достоинств акустооптоволоконной методики, последняя применима для контроля элементов конструкций, например,

строительных, имеющих большие габариты. Для них особое значение имеет производительность контрольных операций. Описываемая методика обеспечивает высокую скорость контрольных операций, превосходящую ту, которая достижима при применении других методов неразрушающего контроля и технической диагностики (НК и ТД).

Рассмотрим проблему достоверности результатов НК и ТД, обеспечиваемую предложенным методом. Достоверность результатов контроля можно оценить по двум факторам: относительному количеству необнаруженных данным методом дефектов из общего числа всех имеющихся в испытуемом изделии, а также по относительному количеству опасных дефектов в изделии. В случае контроля прочности комплексным методом, достоверность определяют из статистического соотношения, определяемого как сумма достоверностей многократных контрольных операций [6]:

$$D_k = \sum_{j=1}^r P_j \sum D_{ij} \prod_{ij=1}^{n_j} (1 - D_{ij-1}),$$

где P_j – доля (частность) наличия дефектов каждого вида в проверяемом изделии от общего количества несплошностей, подлежащих обнаружению;

n_j – количество контролей, проводимых для обнаружения дефектов j -го вида;

D_{ij} – достоверность каждого одиночного контроля при обнаружении дефектов j -го вида;

r – количество выделенных видов дефектов.

Анализ достоверности контрольных операций может быть сделан по результатам испытаний достаточно большого ($n_j \geq 50$) количества находящихся в эксплуатации балконных плит. Эта работа может быть выполнена в развитие и продолжение настоящей НИОКР.

5.2 Методика технической диагностики балконных плит.

Последовательность проведения операций по технической диагностике балконных плит заключается в следующем.

1. На поверхность испытуемой плиты в зоне заземления устанавливаются датчики акустоэмиссионного измерительного тракта комплекса ИВК-02. Датчики размещаются в узлах сетки, разработанной для конкретного типа балконной плиты в соответствии с результатами предварительных исследований НДС нагруженной плиты.

2. В торцевой зоне консоли плиты устанавливают датчики перемещений оптоволоконного измерительного тракта.

3. Монтируют в консольной части плиты маломощный вибровозбудитель колебаний (МВК) нагружающего модуля комплекса ИВК-02.

4. Последовательно нагружают статической нагрузкой P_i плиту, причем нагрузка (тарированные грузы) прикладывается на расстоянии $0,9b$, где b – ширина плиты (начало отсчета от линии заземления). Прикладываемые статические усилия P_i , $i = 1, 2, 3, \dots$ увеличивают от нуля с интервалом 50 кг до значения $P_k(f_{np})$, где f_{np} – предельное значение наименьшей частоты изгибных колебаний плиты.

5. На каждой ступеньке статического нагружения P_i включают МВК и регистрируют резонансные частоты изгибных колебаний плиты f_p . Полученные значения P_i и f_p заносят в таблицу.

NN	P_i , кг	f_p , Гц	$\sum A_i$	\dot{N}_i	δ_i

6. На k – том интервале статического нагружения, на котором достигнуто значение частоты f_{np} , регистрируют параметры АЭ- сигналов: сумму амплитуд $\sum A_i$, активность АЭ- импульсов \dot{N}_i и соответствующие им усилия P_i и локальную деформацию $\delta_{i np}$. Текущие значения этих параметров обрабатываются в ПЭВМ по специальной программе. Корреляционные зависимости параметров распечатываются на принтере комплекса ИВК-02.

7. Повторяют операции 4 – 6 не менее 10 раз и рассчитывают средневыборочное значение $P_{cp}(f_{np})$.

8. Сравнивают полученное значение $P_{cp}(f_{np})$ с нормированной допустимой нагрузкой на балконную плиту $[P]$. Если $P_{cp}(f_{np}) > [P]$, то делается вывод о возможности дальнейшей эксплуатации балконной плиты при условии отсутствия на ней магистральных трещин или явных очагов разрушения.

9. На каждом этапе нагружения производят визуальный осмотр поверхности плиты, и в случае обнаружения трещин испытания прекращают и анализируют полученные результаты.

В процессе статического нагружения в плите может возникнуть магистральная трещина. Момент ее зарождения определяется по самопроизвольному прекращению роста нагрузки, которое легко регистрируется по динамометру 8 (рис. 4.4).

Примечание: Предельное значение деформации $\delta_{np}(f_{np})$, соответствующее максимуму на корреляционной зависимости $\dot{N}(\delta_i)$ и перегибу кривой зависимости $\sum A_i(\delta_i)$ является критерием предразрушающего состояния испытываемой плиты. Обоснование этого утверждения приведено в нашей ранней работе [14].

Заключение

Экспериментально определен уровень вибрационного воздействия на основания жилых строений, расположенных на транспортных магистралях города. Установлено, что наиболее интенсивное воздействие испытывают строения со стороны движущегося грузового автомобильного и железнодорожного транспорта и трамвая. Максимум спектра возбуждения приходится на диапазон частот 4-64 Гц, достигая амплитуд 0.2-0.5 мм. Теоретический и экспериментальный анализ напряженно-деформированного состояния модельной плиты из железобетона, выполненный с помощью разработанного стенда и информационно-измерительного комплекса для натурных испытаний, выявил резонансные частоты различных мод колебаний (изгибных и крутильных) плиты.

Исследования амплитудно-частотных характеристик железобетонных плит, типа балконных, показали, что количество очагов повреждений и макротрещины, пор в циклически нагружаемой плите коррелирует с длительностью динамических воздействий (на частоте 50 Гц). Результаты испытаний позволили сделать вывод, что закон нарастания количества повреждений носит экспоненциальный характер, установленный с помощью методики комбинированной обработки сигналов от акустоэмиссионного и оптоволоконного датчиков.

Разработан проект методики диагностики предразрушающего состояния выступающих элементов зданий, находящихся в нестационарных условиях, вызванных движением тяжелых транспортных средств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вибрации в технике. Справочник. Т.т.1-6. М., Машиностроение, 1981
2. С.П.Тимошенко Теория упругости. М., Наука, 1980, 462 с.
3. Ю.Н.Работнов Механика деформируемого твердого тела. М., Наука, 1982, 654 с.
4. И. Каримов Механика трещинообразования при разрушении бетона (Интернет-обзор). Башкирский гос. аграрный ун-т, ikar@ufa.ru
5. Walz Kurt, Wischers Gerd. Uber Aufgaben und Stand der Betontechnologie. Teil 2. Gefuge und Festigkeit des erharteten Betons. О задачах и состоянии технологии бетона. Часть 2. Структура и прочность затвердевшего бетона. //Beton, -1976. -№11. -pp.442-444, 426
6. Desov A.E. Basic principles of high-strength concrete. Основные принципы получения высокопрочного бетона. //Transpr. Res. Rec. -1974, -№504. -pp.37-42.
7. Зайцев Ю.В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами механики разрушения. -М.: Стройиздат, 1982. -196 с.
8. Сухарев И.П. Экспериментальные методы исследования деформаций и прочности. – М.: Машиностроение, 1978. – 216 с.
9. Грешников В.А., Дробот Ю.Б. Акустическая эмиссия. Применение для испытания материалов и изделий. – М.: Изд-во стандартов, 1976.– 272 с.
10. Акустико-эмиссионная диагностика конструкций /А.Н. Серьезнов, Л.Н. Степанова, В.В. Муравьев и др. – М.: Радио и связь, 2000. – 280 с.
11. Акопьян В.А. Методика и устройство для определения локальных деформаций в тонкостенных конструкциях оптоволоконным методом //Дефектоскопия. 1994, № 8, с. 64 – 68.
12. Акопьян В.А., Рожков Е.В. Исследование процессов разрушения элементов конструкций акустооптоволоконным методом // Совр. пробл. мех. сплош. среды. Труды 2-й Междунар. конф. / г. Ростов-на-Дону, т.1, 1997, с. 5 – 9.
13. Глазков Ю.А. К вопросу оценки эффективности комплексного неразрушающего контроля //Техническая диагностика и неразрушающий контроль, 1989, № 4, с. 14 – 21.
14. Акопьян В.А., Виноградов Д.А., Краснобаев И.А., Рожков Е.В. Анализ кинетики микротрещинообразования в алюминиевых сплавах методом акустической эмиссии //Дефектоскопия, 2002, № 11, с. 91 – 95

