

**Д.Н. Імамалієва**

**Усунення наслідків стихійних лих**

*У даній роботі досліджуються стихійні лиха, які є трагедією для всієї держави, і, особливо для тих районів країни, де вони виникають. Правильна поведінка населення при стихійних лихах, що спирається на знання основ цивільної оборони, є основою зниження людських втрат і матеріальних збитків.*

*У статті зазначено, що дії населення при стихійних лихах і при ліквідації їх наслідків повинні проводити в суворій відповідності до вказівок органів цивільної оборони.*

**Ключові слова:** *стихійне лихо, матеріальні збитки, землетрус, антисейсмічні будівлі, зсуви, снігові бурі.*

УДК 539.3

**Т.Д. Гасанова,**

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0002-5318-0063

**Т.Ш. Маммедлі,**

докторант

ORCID: 0000-0002-0472-2989

Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет

### **АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ И КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ С ДИАФРАГМОЙ ЖЕСТКОСТИ ПРИ УДАРНЫХ И ВИБРАЦИОННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

*При обследовании эксплуатируемых сооружений, на конструкции которых действует динамическая нагрузка, экспериментальные исследования, как правило, проводятся в условиях действия эксплуатационной нагрузки. Задача данного исследования предельно конкретна - зарегистрировать параметры, характеризующие работу конструкции под нагрузкой и сравнить их с допускаемыми.*

*При исследовании динамики сооружения в отличие от статики, необходимо не только оценить его работу по предельным состояниям, но и проверить соблюдение условий, специфических для эксплуатации конструкции, подверженных колебаниям. Основными критериями оценки вибраций являются их амплитуды и частоты. При установлении предельных величин динамических колебаний нормами учитываются также продолжительность их воздействия.*

*В настоящей работе освещены задачи динамических испытаний: Исследование влияния динамической нагрузки на прочностные и деформативные характеристики строительных материалов; Экспериментальная проверка новой методики расчета конструкции на динамические воздействия; Исследование статических параметров динамических воздействий; Совершенствование методики динамических испытаний.*

**Ключевые слова:** *сейсмическая нагрузка, динамическая нагрузка, диафрагма жесткости, вынужденные колебания, ударное воздействие.*

В соответствии с объектом, задачами и методикой эксперимента можно выделить три группы испытаний динамической нагрузкой: Испытание конструкций существующего сооружения; Испытание строительных деталей серийного изготовления; Научно-исследовательские испытания динамической нагрузкой.

При испытаниях конструкций обследуемых сооружений динамической нагрузкой исследования проводятся по двум направлениям: 1. Определяют реакции конструкции на заданные воздействия с целью установления ее напряженно-деформированного состояния при динамических воздействиях; 2. Оценивают состояние конструкции и ее действительную схему работы, используя при этом динамические испытания в режиме собственных или вынужденных колебаний.

### 1. Динамические испытания при кратковременном воздействии.

Экспериментальная оценка работы конструкций при кратковременных динамических нагрузках большой интенсивности предполагает решение следующих задач: Определение влияния скорости деформирования на прочностные и реологические свойства строительных материалов; Исследование влияния параметров импульса нагрузки (длительность, форма, максимальное значение) на кинетику напряженно-деформированного состояния, перераспределение усилий при появлении и развитии неупругих деформаций, на трещиностойкость и несущую способность конструкции.

### 2. Исследование совместной работы конструктивных элементов сооружения и основания при импульсном воздействии.

Как показали, проведенные нами, результаты многочисленных лабораторных испытаний прочностные и деформативные свойства строительных и других материалов существенным образом зависят от скорости нагружения. Прочность бетона может увеличиваться до 80% при возрастании скорости деформирования. Модуль упругости возрастает до 30%. Значительно, более чем в 2,5 раза, может возрасти трещиностойкость бетона при переходе от статического к импульсному нагружению. Точное значение соответствующих коэффициентов динамического упрочнения бетона зависит от структуры бетона, вида напряженного состояния и скорости нагружения.

При высоких скоростях нагружения изменяются прочностные и деформативные свойства конструкционных сталей и сплавов. Результаты испытаний показывают, что для малоуглеродистой стали при скорости деформирования  $10^3 \text{ сек}^{-1}$  предел текучести увеличивается приблизительно в 3 раза, а прочность возрастает на 40%. Для арматурных сталей увеличение временного сопротивления составляет 20% и предел текучести составляет 90%.

Менее изучены динамические прочностные и деформативные свойства каменных материалов, пластмасс и алюминиевых сплавов. Однако для этих конструкционных материалов отмечается увеличение прочности и изменение диаграммы деформирования при переходе от статического к высокоскоростному деформированию. Нами были предложены законы деформирования, содержащие первые и вторые производные по времени:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{1}{E(\sigma)} \frac{\partial \sigma}{\partial t} + K(\sigma) \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial t^2} = \varphi(\sigma) \frac{\partial^2 \sigma}{\partial t^2} + g(\sigma) \left( \frac{\partial \sigma}{\partial t} \right)^2 + \mu(\sigma) \frac{\partial \sigma}{\partial t} \quad (2)$$

где:  $E(\sigma)$ ,  $K(\sigma)$ ,  $g(\sigma)$  и  $\mu(\sigma)$  функции определяемые экспериментально.

С целью определения экспериментальных функций, входящих в модель (1) и (2) проведена серия испытаний в диапазоне скоростей удара  $v=27-95 \text{ м/сек}$  с использованием скоростной кинесъемочной аппаратуры СКС-1М. Блок-схема приведена на рисунке 1. В качестве образцов были приняты различные канаты и поливинилхлоридные, латунные, отожженные медные, капроновые нити длиной 2,6 метров.

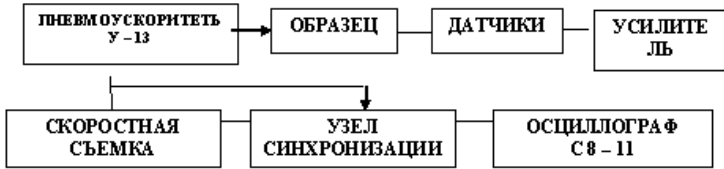


Рис. 1. Блок-схема эксперимента

Проведены испытания с измерением натяжения на обоих закрепленных концах разноудаленных от точки удара. Зажимы датчиков были удалены от точки удара на расстояние 1,7м и 0,9м. Из экспериментов найдены зависимости скорости удара от угла наклона, например, для поливинилхлоридной нити, на основе которых определены

$$a(\sigma) = \frac{a_0}{1+\gamma\sigma} \quad (3)$$

Для построения фазовой диаграммы напряжение-деформации полученная экспериментальная кривая  $\sigma - t$  аппроксимируется следующим образом

$$t = \alpha\sigma^2 + \beta\sigma + t_0 \quad (4)$$

где:  $\alpha, \beta$  - параметры подлежащие определению,  $t_0$  - время запаздывания фронта.

На основе расчетных формул (2), (4) и экспериментально определяемых функций  $\varphi(\sigma)$ ,  $g(\sigma)$  и  $\mu(\sigma)$  построены фазовые диаграммы  $\sigma - \varepsilon$  (рис.2), где кривая 2 (экспериментальные кривые показаны пунктирными линиями) соответствует показанию нижнего пьезоэлектрического датчика, кривая 2-показанию верхнего датчика.

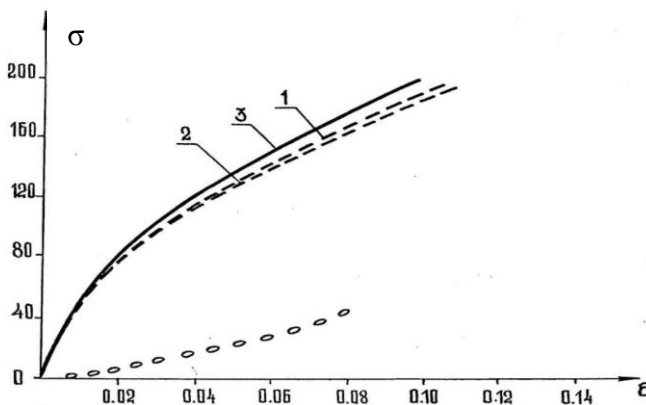


Рис. 2. Фазовые диаграммы показаний верхнего и нижнего пьезоэлектрического датчика

На основе полученных численных данных [4] построена динамическая предельная диаграмма напряжения-деформации. Расчет проведен по следующей формуле

$$\varepsilon = \int_{\sigma_0}^{\sigma} \frac{\alpha \sigma}{\rho_0 \alpha^2(\sigma)} \quad (5)$$

На рисунку 2 показана эта диаграмма, кривая 3 соответствует данным в точке закрепления. Как видно из рисунка предельные диаграммы хорошо согласуются с диаграммами, построенными по показанию датчиков. Там же для сравнения с динамическими диаграммами приведена также статическая диаграмма в виде кружков. Отношение значений напряжений на динамической диаграмме к значениям напряжений на статической меняется в пределах 5-10 раз.

Сопоставление экспериментальных и теоретических результатов подтверждает правильность применения определяющего уравнения состояния (2) для описания волновых процессов в вязко-нелинейно-упругих материалах и целесообразность его использования в инженерной практике.

### 3. Экспериментальное определение динамических параметров колебаний сооружений.

Целью настоящих экспериментальных исследований является определение параметров колебаний объекта наблюдений, в данном случае, макета четырехэтажного здания и шестнадцатизэтажного каркасного здания, построенного в г. Баку с диафрагмой жесткости при натуральных вибрационных сейсмических воздействиях. Блок-схема данного эксперимента приведена на рис.3.

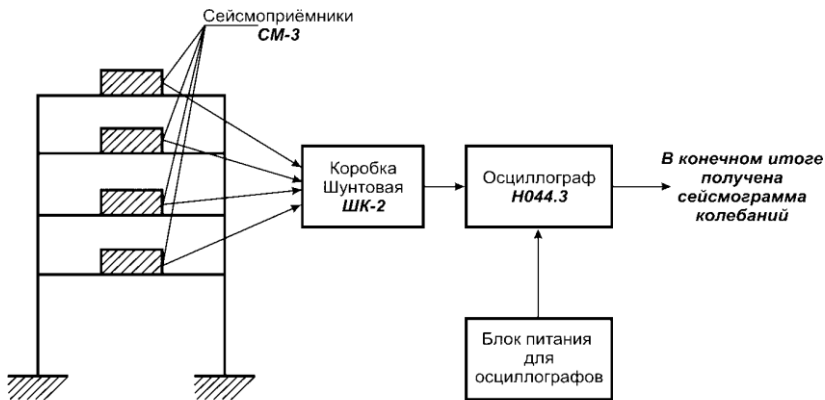


Рис. 3. Блок-схема подключения приборов

В данных экспериментах для записи колебаний макета и 16-и этажного каркасного здания были использованы сейсмоприемники СМ-3. Прибор СМ-3 универсален и может быть использован для регистрации как вертикальных, так и горизонтальных колебаний. Период собственных колебаний  $T=2$ сек. Максимальная амплитуда колебаний  $A_{\max}=5$ мм. Сейсмоприемники регистрируют механические колебания, которые преобразовывают в электрические и передают их в осциллограф, но через так называемую шунтовую коробку ШК-2. Коробка ШК-2 предназначена для включения в сейсмические каналы между датчиками-сейсмоприемниками и гальванометрами осциллографа для ступенчатого снижения величины электрического сигнала в 1, 2, 5, 10, 20, 50 и 100 раз по каждому из шести каналов.

Светолучевые осциллографы НО44.3 предназначены для регистрации световым лучом на специальной фотографической «осциллографной» бумаге изменяющихся во времени электрических процессов, а также различных физических процессов, преобразованных в электрические. Принцип действия их основан на преобразовании регистрируемой электрической величины осциллографическим зеркальным гальванометром отклонения светового пятна. При колебаниях рамки гальванометра и меняется угол отражения в горизонтальной плоскости. Отраженный луч света перемещается, далее записывается развернутый во времени исследуемый процесс (рис.4). На рисунке 4 представлены записи колебательного движения макета.

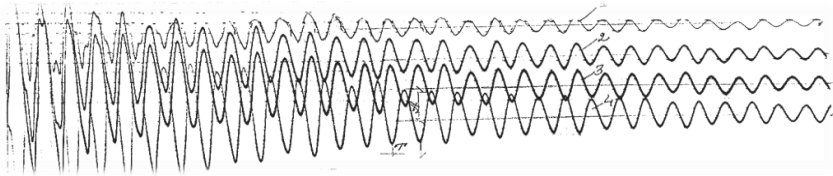


Рис.4. Записи колебательного движения

- 1- записи на уровне 1-го этажа, 2- записи на уровне 2-го этажа,  
3- записи на уровне 3-го этажа, 4- записи на уровне 4-го этажа.

Обработывая полученной сейсмограммы определяем следующие параметры колебаний исследуемого объекта: длительность всей записи и участка наиболее интенсивных колебаний, максимальную амплитуду колебаний, видимый период колебаний соответствующей максимальной амплитуде и преобладающий период колебаний, логарифмический декремент затуханий. Для пересчета амплитуд в размерность физических величин используются характеристики и результаты тарировки приборов, то есть определения коэффициента увеличения сейсмоприемников СМ-3. Истинная величина амплитуда в нашем случае

$$A_{\text{ист.}} = \frac{A_{\text{запись}}(\text{мм})}{y} = \frac{A}{1250} \quad (6)$$

Периоды колебаний определяются как интервалы времени, заключенные между экстремумами. Видимый период, соответствующий максимальной амплитуде, определяется интервалом между экстремумами. Преобладающие периоды находятся как среднее арифметическое значение в групповых выборках характерных периодов, различающихся между собой более чем на 20%. Амплитуды колебаний отсчитывают от нулевой линии. На осциллограммах нулевая линия отсутствует и ее определяют следующим образом: в начале и в конце записи амплитуды близки к нулю, поэтому соединив эти участки записи, можно получить хорошее приближение к нулевой линии. Логарифмический декремент колебаний определяется по следующей формуле

$$\lambda = \ln \frac{A_1}{A_2} = \ln \frac{A_n}{A_{n+1}} \quad (7)$$

По вышеизложенной схеме были проведены динамические эксперименты по испытанию макета четырехэтажного здания и шестнадцатипятиэтажного каркасного здания, построенного в городе Баку. Макет для испытания был использован для проверки и тарировки приборов, а также в научно- исследовательских целях.

Суть испытання динамических характеристик зданий по этому способу сводится к тому, что на определенном расстоянии от испытываемого объекта с определенной высоты от земли в зависимости от величины требуемого импульса сбрасывается металлический груз, имеющий форму цилиндра весом 3,5 тонн, который вызывает сотрясение грунта. При этом испытываемый объект выводится из состояния равновесия, переходящий затем в фазу свободных колебаний. Как вынужденное с наложенными собственными, так и свободное колебание здание, колебание грунта от сотрясения, вызванного падением груза фиксируются соответствующий виброизмерительной аппаратурой.

Для получения данных о возмущающих силах, то есть о сейсмическом эффекте колебаний, взаимовлиянии между фундаментом и основанием, а также о вынужденных и собственных колебаниях 16-ти этажного здания, более ясного представления о форме и величине перемещения сейсмометры устанавливаются на уровне подошвы фундамента на первом, четвертом, восьмом, двенадцатом и шестнадцатом этажах. Полученная осциллограмма поперечных колебаний представлена на рис 5.

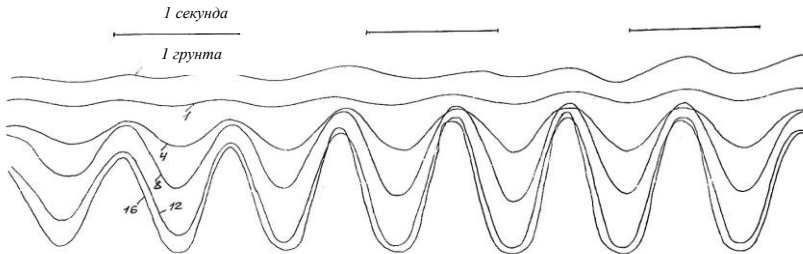


Рис. 5. Осциллограммы поперечных колебаний макета 4-х этажного здания

Изменяя направления расположения виброизмерительных приборов получена также осциллограмма продольных собственных колебаний здания.

Обработывая полученной сейсмограммы и определяя параметры колебаний здания можно сделать следующие выводы:

1. Динамические испытання проведенные с целью определения динамических и жесткостных характеристик, несущей способности конструктивных элементов здания, выявления скрытых дефектов;
2. Скорость распространения продольных волн в грунте, на котором расположено здание, составляет,  $a=850$  м/сек.;
3. По результатам расчетов нормативные значения периодов собственных колебаний  $T_{расч.}=1,4$  сек, коэффициент динамичности  $\beta=0,714$ . По результатам испытаний в поперечном направлении период собственных колебаний  $T_{зкс.}=0,8$  сек, логарифмических декремент колебаний  $\lambda=0,18$ , коэффициент затухания  $\varepsilon=0,23$ . В продольном направлении  $T_{зкс.}=0,7-0,75$  сек;  $\lambda=0,25$ ;  $\varepsilon=0,33$  преобладающий период собственных колебаний грунта  $T=0,12$  сек. Коэффициент динамичности для поперечных колебаний  $\beta=1,023$ , продольных колебаний  $\beta=1,03$ , расчетный  $\beta=0,64$ . В зависимости от изменения фактического периода собственных колебаний здания по

сравнению с нормативным установлено, что степень повреждения здания умеренная;

4. Периоды собственных колебаний по этажам здания не изменяются, как и в продольном направлении, так и в поперечном направлении. Это означает, что прочность бетона по всем этажам одинакова, не меняется и соответствует классу В25.

5. С помощью специально составленной программы на алгоритмическом языке LIRA построены спектры ускорения грунта в зависимости от периода и проведен анализ полученных этих и частотных спектров.

6. Результаты проведенных испытаний показали, что прочность бетона соответствует классу В25 и здание сейсмостойкое, построено по нормам «Строительство в сейсмических районах».

#### **Список литературы:**

1. Агаларов Д.Г. Мамедов Ш.А. Об одной теории распространения волн в вязко-не линейно-упругих стержнях. Изв. А.Ц. Азерб. СССР, серия физ-тех. и матем. наук, Баку, 1984, №2, стр.53-55.

2. Мамедов Ш.А. Динамическая теория поливинилхлоридной нити. Материалы V Республиканской конференции молодых ученых, посвященной 25-летию образования ИММ АН Азерб. ССР, Баку, изд-во «Элм», 1984, стр. 95-97

3. Агаларов Д.Г., Мамедов Ш.А. Исследование распространения волн в стержнях с нелинейными реологическими эффектами. Тезисы докладов VIII Всесоюзного симпозиума по распространению упругих и упругопластических волн, Новосибирск, 1987 г, стр.122.

4. Мамедов Ш.А., Агаларова Т.Д. Об одном методе оценки влияния волновых явлений, возникающих при ударе на материалы, конструкции сооружения №4, АЗИСУ, Баку, 1994, стр.108-114.

5. Mamedov Sh.A, Qasimov I.I, Namazov Y.B. The experimental investigation of dynamic characteristic of some constructions and materials by reflected from a fixed end waves. Сборник научных трудов по механике, №13, Баку, 2003, стр. 163-167.

6. Martelli, A. Progress of the application of passive anti-seismic systems. 7<sup>th</sup> International Conference on Earthquake Resistant Engineering Structures Location: Limassol, Cyprus Date: May 11-13, 2009.

7. Harve, P.S., Jr.; Wiebe, R; Gavi, H.P. On the chaotic response of a nonlinear rolling isolation system. Physica d-nonlinear phenomena, Volume:256, p.36-42, 2013

8. Astroza, Rodrigo; Conte, Joel P. Influence of the construction process and nonstructural components on the modal properties of a five-story building. Earthquake engineering and structural dynamics, Volume: 45, Issue:7, p. 1063-1084, 2016.

#### ***Т.Д. Гасанова, Т.Ш. Маммедли***

#### ***Аналіз поведінки матеріалів і каркасних будинків з діафрагмою жорсткості при ударних і вібраційних сейсмічних впливах***

*У статті висвітлено задачі динамічних випробувань: Дослідження впливу динамічного навантаження на міцність і деформативні характеристики будівельних матеріалів; Експериментальна перевірка нової методики розрахунку конструкції на динамічні дії; Дослідження статичних параметрів динамічних впливів; Удосконалення методики динамічних випробувань. Автори виводять результати експерименту, мета якого зареєструвати параметри, що характеризують роботу конструкції під навантаженням і порівняти їх з допустимими.*

**Ключові слова:** сейсмічне навантаження, динамічне навантаження, діафрагма жорсткості, вимушені коливання, ударна дія.

*T.J.Hasanova, T.Sh.Mammedli*

*The analysis of behavior of materials and frame buildings with the rigidity diaphragm at shock and vibration seismic influences*

*In the article the results of dynamic tests are shown: Research of influence of dynamic load on strength and deformative characteristics of construction materials; Experimental check of a new method of calculation of a design on dynamic influences; Research of static parameters of dynamic influences; Improvement of a technique of dynamic tests. The author removes results of an experiment which purpose to register the parameters characterizing work of a design under loading and to compare them with allowed.*

**Key words:** seismic loading, dynamic load, rigidity diaphragm, the forced fluctuations, shock influence.

УДК 339.03:658.51

**В.В. Титок,**

старший викладач

ORCID: 0000-0002-9527-3006

**О.М. Ємельянова,**

канд. наук з держ. управ.

ORCID: 0000-0001-9831-4734

Київський національний університет будівництва і архітектури

## **РОЗРАХУНОК ВИПАДКОВИХ ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ РОБІТ В ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОДЕЛЯХ ЗВЕДЕННЯ КАРКАСНО-МОНОЛІТНОГО БУДИНКУ**

*В статті розглянуто метод імітаційного моделювання, який враховує особливості його використання в умовах зведення каркасно-монолітного будинку. Розроблено методику імітаційного моделювання з використанням методу Монте-Карло для виконання однієї роботи і будівництва об'єкта в цілому для двофакторного бета-розподілу. Отримані емпіричні закономірності, що характеризують тривалості окремих робіт та етапів зведення каркасно-монолітного будинку.*

**Ключові слова:** каркасно-монолітні будівлі, тривалість будівництва, бета-розподіл, імовірнісні моделі.

**Аналіз досліджень і публікацій з проблематики.** Особливістю сучасних складних виробничих систем в будівництві є те, що вони реалізуються в обстановці випадкових впливів, обставин і перешкод на основі апарату сітьових моделей. В зв'язку з необхідністю оптимізації календарного, ресурсного, вартісного планування у будівництві в умовах затримок робіт і зміни їх тривалості, актуальним є планування робіт будівельного об'єкта з урахуванням випадкової тривалості робіт.

У практиці створення будівельних об'єктів широко використовуються ймовірнісні методи. Такі методи при створенні моделей використовували у своїх працях Антипенко С.Ю. [1], Бабич В.І. [2], Дадіверіна Л.М. [5], Данкевич Н.О. [6], Калугін Ю.Б. [7], Лубенець В.Г. [9], Шатрова І.А. [12] та інші. Наприклад, для визначення тривалості виконання окремих комплексів будівельних робіт в середині