

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Архитектурно-строительный факультет

Кафедра архитектуры

ОБСЛЕДОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по дисциплине и для самостоятельной работы
студентов специальности
08.05.01 Строительство уникальных
зданий и сооружений

Краснодар
КубГАУ
2019

Составители: А. М. Блягоз.

Обследование и испытание зданий и сооружений : метод. указания по дисциплине и для самостоятельной работы / сост. А. М. Блягоз. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 28 с.

Методические указания составлены в соответствии с программой курса и предназначены для студентов для студентов специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений. Описания лабораторных работ составлены с учетом выполнения элементов научных исследований во время проведения лабораторных занятий.

Рассмотрено и одобрено методической комиссией архитектурно-строительного факультета Кубанского государственного аграрного университета, протокол № 2 от 22.10.2019.

Председатель
методической комиссии



А. М. Блягоз

- © Блягоз А. М.,
составление, 2019
- © ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный
университет имени
И. Т. Трубилина», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Общие требования к проведению лабораторных работ	4
Требования по технике безопасности	5
Лабораторная работа №1. Определение поверхностной прочности бетона с помощью приборов механического действия и электронным измерителем прочности бетона ИПС-МГ4	6
Лабораторная работа №2. Определение прочности бетона с помощью ультразвукового прибора Бетон-22.....	13
Лабораторная работа №3. Определение величины защитного слоя, шага и диаметра арматуры железобетонного изделия с помощью магнитного прибора ИЗС-2	18
Лабораторная работа №4. Статическое испытание пробной нагрузкой металлической балки с использованием электротензометрии и тензорезисторов.....	21
Лабораторная работа №5. Динамические испытания составной металлической балки	25

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Строительное производство широко использует экспериментальные методы исследования работы конструкций сооружений при решении разнообразных инженерных задач, круг которых неуклонно возрастает, необходимость испытания конструкций сооружений возникает в разнообразных условиях, в том числе и когда теоретические методы решения задач оказываются бессильными. Кроме того, очевидно, что развитие и совершенствование существующих методов расчета также невозможно без углубленного экспериментального изучения действительной работы материалов, конструкций и сооружений под эксплуатационными воздействиями.

Экспериментальное изучение работы сооружений и измерительных приборов проводится в курсе «Обследование зданий и сооружений». Важное значение в этом курсе отведено лабораторным работам, которые призваны способствовать более полному усвоению теоретического материала, детальному знакомству с устройствами и принципами работы некоторых из приборов и приспособлений, получению навыков работы с ними и приобретению опыта экспериментального исследования конструкций и материалов – этой одной из форм научно-исследовательской работы, правильного анализа полученных результатов.

Лабораторные работы выполняются индивидуально каждым студентом. Перед выполнением студент изучает принципы действия приборов, методику исследований, производит необходимые теоретические расчеты для оценки предполагаемых результатов эксперимента.

К выполнению лабораторной работы допускаются студенты, прошедшие индивидуальное собеседование с преподавателем и показавшие умение правильно использовать аппаратуру, ясно и четко представляющие порядок выполнения работы.

Пропущенные лабораторные работы выполняются на дополнительных занятиях, назначаемых кафедрой.

ТРЕБОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Работа с некоторыми приборами и механизмами при проведении испытаний конструкций и материалов требует знания и соблюдения определенных правил техники безопасности:

- студенты приступают к выполнению лабораторных работ только под руководством преподавателя или лаборанта, предварительно ознакомившись с методикой их проведения, применяемыми приборами и механизмами, принципами их работы;

- перед включением приборов, питающихся от сети переменного тока, необходимо обязательно проверить их надежное заземление и готовность к работе;

- при работе с прессовым оборудованием до начала испытаний необходимо освободить подходы к приборам и механизмам, установить зону испытания и без необходимости в нее не заходить;

- в процессе испытаний загрузку конструкций и регистрацию показаний приборов производить только по указанию руководителя и проявлять при этом необходимую осторожность;

- в случае возникновения любой неисправности не делать попытки к ее устранению, а сообщить преподавателю;

- при исчезновении напряжения в сети необходимо привести приборы в исходное состояние, выключить все тумблеры и выключатели и сообщить о случившемся преподавателю.

При нахождении в лаборатории все студенты должны соблюдать строгую дисциплину, следовать указаниям ведущего преподавателя, который заранее готовится к испытаниям.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРОВ МЕХАНИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ И ЭЛЕКТРОННЫМ ИЗМЕРИТЕЛЕМ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ИПС-МГ4

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – изучить принцип и порядок работы с молотками Физделя и Кашкарова, электронным измерителем прочности бетона ИПС-МГ4 и методику определения прочности бетона с помощью этих приборов.

Для определения прочности бетона непосредственно в конструкциях широкое распространение получили приборы механического действия, простота устройства и работы которых позволяют обеспечить применение их непосредственно на строительной площадке и в заводских условиях, там, где работа других приборов подчас затруднительна.

В основе метода определения прочности бетона по величине заглабления лежит метод Бриннеля, широко используемый для определения твердости металлов в машиностроении. Он заключается в том, что при ударе или сдавливании шарика с определенным усилием на поверхности бетона остается отпечаток, диаметр которого тем больше, чем ниже прочность цементного камня, а следовательно, и бетона испытываемой конструкции.

2. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ПРИБОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В РАБОТЕ

2.1. Наиболее простым в конструктивном исполнении и по методике испытаний является молоток системы И.А.Физделя. Прибор И.А.Физделя представляет собой молоток весом 250 г, ударная часть которого заканчивается закаленным шариком диаметром 17,483 мм.

2.2. Эталонный молоток НИИмосстроя К.П.Кашкарова состоит из корпуса с поворотной головкой, рукоятки, стакана с отверстиями для шарика $d=15$ мм, стального стержня $D=10$ мм из гладкой арматурной стали марки Ст3, а также пружины, прижимающей шарик к стержню.

Эталонный стержень введен в конструкцию молотка Кашкарова для более точного определения поверхностной прочности бетона.

2.3. Замеры отпечатков на бетоне и на эталонном стержне производят с помощью углового масштаба, состоящего из двух стальных линеек, скрепленных между собой под определенным углом.

3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

При выполнении лабораторной работы необходимо определить прочность бетона в кубике $150 \times 150 \times 150$ мм с помощью молотка системы Физделя и эталонного молотка системы Кашкарова. Одновременно она

определяется путем испытания этих образцов на прессе, а полученные результаты сопоставляются для оценки.

3.1. Перед испытанием образцов с помощью молотка системы Физделя выбирают гладкую и чистую поверхность кубика, на которой намечают точки нанесения удара на расстоянии друг от друга не менее 30 мм и 50 мм от края. Затем делают 8-10 локтевых ударов постоянной силы и замеряют диаметр получившихся отпечатков. Для этого угловой масштаб надвигают на отпечаток до тех пор, пока окружность отпечатка коснется внутренних граней обеих линеек масштаба, причем измеряется большая величина диаметра отпечатка, без учета случайных зазубрин на его периферии.

При этом диаметры отпечатков, резко отклоняющихся как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения, что является следствием попадания ударной части молотка по раковине, скрытой пустоте, выступающему на поверхность бетона щебню, откола части бетона и т.д., выбраковываются.

Окончательное значение прочности необходимо принимать как минимум по 7 – 10 показаниям, которые заносятся в табл. 3.1.

Для каждой серии отпечатков определяют среднее значение наибольшей величины диаметра, по которому, пользуясь тарировочной кривой (рис. 3.1), находят соответствующую прочность бетона при сжатии на используемом участке образца.

3.2. Прежде чем начать испытание бетонного кубика эталонным молотком системы Кашкарова, на поверхности образца, как и в предыдущем случае, намечают точки нанесения ударов. Затем уже с усилием, необходимым для получения крупных, удобочитаемых отпечатков на поверхности бетона и эталонного стержня, наносят серию ударов по намеченным точкам. При этом после каждого удара эталонный стержень сдвигают на расстояние 10 мм, а по использованию одной образующей стержень поворачивают на 90 градусов и продолжают испытание дальше.

Отпечатки на поверхности бетона после каждого удара нумеруют, а после завершения серии – измеряют их и соответствующие им отпечатки на эталонном стержне.

После выбраковки отпечатков, резко отличающихся от средних значений, заполняют табл. 3.2. Среднюю прочность бетона на участке образца определяют, воспользовавшись тарировочной кривой (рис. 3.2), по полученному значению.

По тарировочной кривой определяется прочность бетона, если он испытывается в возрасте 28 суток при его влажности 2 – 6 %. В противных случаях прочность бетона на сжатие находится по формуле:

$$R_{сж} = k_B \cdot k_t \cdot R_{28} , \quad (3.1)$$

где k_b – коэффициент, учитывающий влажность бетона;

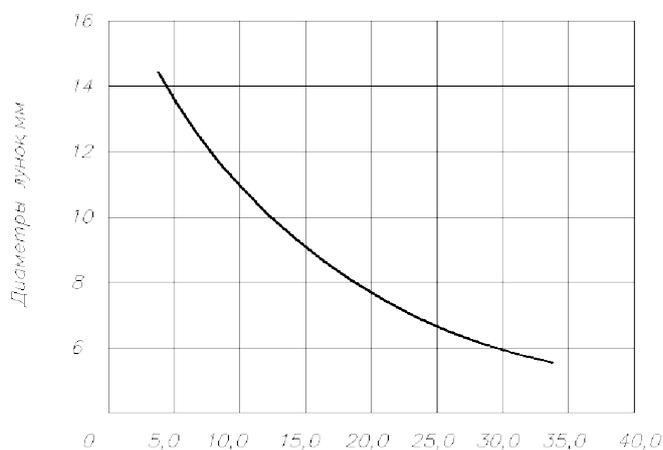
k_t – коэффициент, учитывающий возраст бетона. Определение этих коэффициентов производится по графикам, представленным на рис. 3.3.

Таблица 3.1

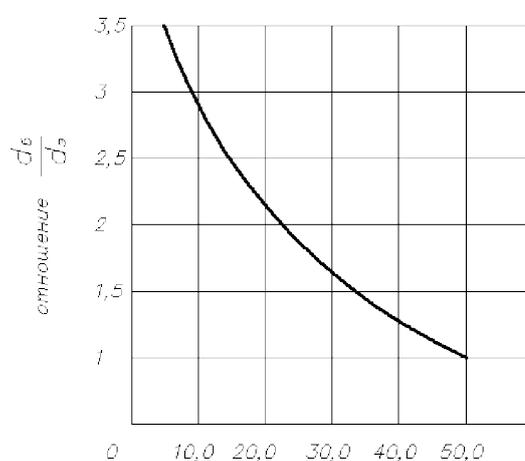
№ участка	Диаметр отпечатка, d_b , мм								d_b ср, мм	$R'_{сж}$, МПа	$K_{соотв.}$	$R_{сж}$, МПа
1												
2												

Таблица 3.2

№ участка	Отпечатки	Диаметр отпечатков, мм								d_b / d_3	$K = \frac{\sum d_b}{\sum d_3}$	$R'_{сж}$, МПа	$K_{соотв.}$	$R_{сж}$, МПа
1	D_b													
	D_3													
2	D_b													
	D_3													



Прочность бетона на сжатие, МПа
Рис. 3.1. Тарировочная кривая для молотка Системы Физделя



Передел прочности, МПа
Рис. 3.2. Тарировочная кривая для молотка системы Кашкарова

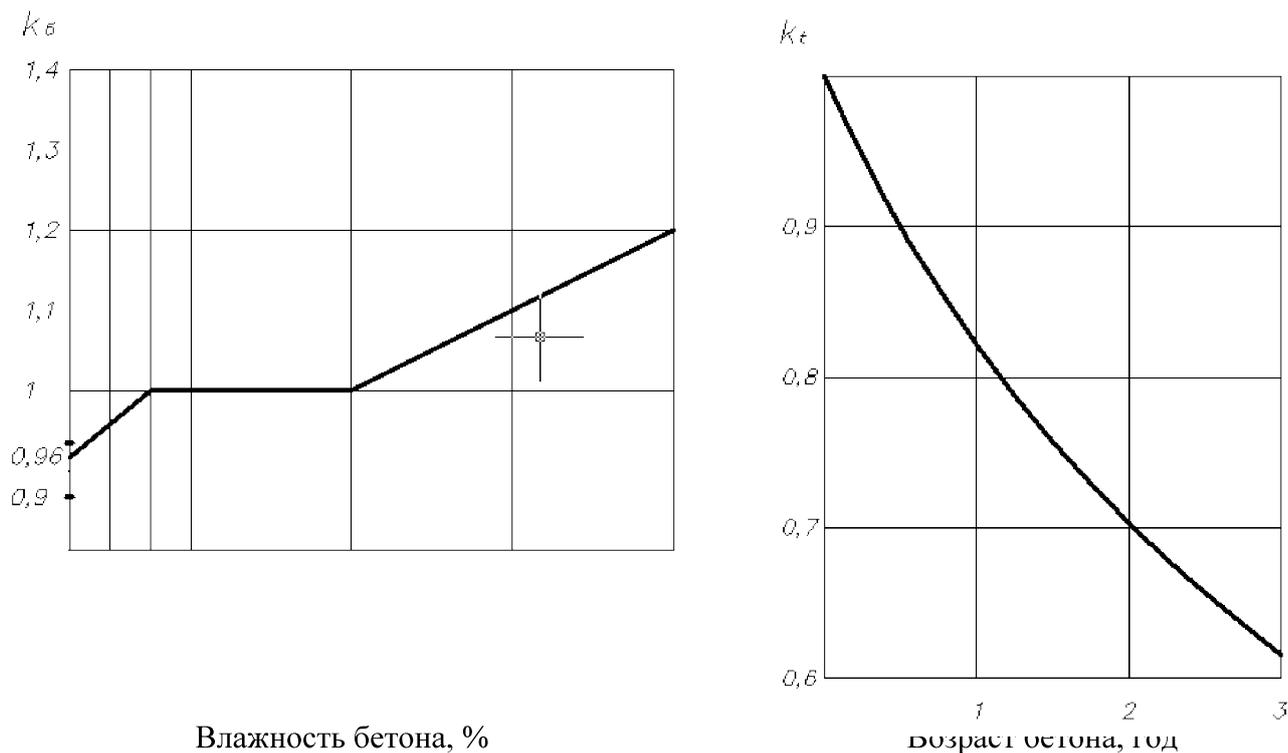


Рис. 3.3. График поправочных коэффициентов

Коэффициент $K_{\text{соотв.}}$ определяется как частное от деления величины действительной прочности бетона, полученной путем испытания кубов на прессе, и значения $R'_{\text{сж}}$ для каждого бетонного кубика.

Коэффициент $K_{\text{соотв.}}$ определяется для получения с помощью тарировочных кривых, приведенных на рис. 3.1 и 3.2, значения поверхностной прочности бетона образцов, изготавливаемых из бетона того же состава в дальнейшем, путем умножения полученных значений $R'_{\text{сж}}$ на $K_{\text{соотв.}}$, т.е. для корректировки тарировочных кривых в каждом конкретном случае.

3.3. Электронный измеритель прочности бетона «ИПС-МГ4».

Прибор предназначен для неразрушающего контроля строительных материалов (бетон, строительная керамика и др.), а также железобетонных изделий и конструкций.

В основу работы прибора положен метод ударного импульса по ГОСТ 22690-88. Измеряемые прибором параметры акустического импульса, возникающего на выходе преобразователя при соударении индикатора (бойка) о поверхность контролируемого материала, позволяют оценивать физико-механические свойства материалов в образцах и изделиях (прочность, твердость, упруго-пластичные свойства), выявлять неоднородности, зоны плохого уплотнения, наличие расслоений и др.

Работа прибора поясняется функциональной схемой, представленной на рис. 3.4.

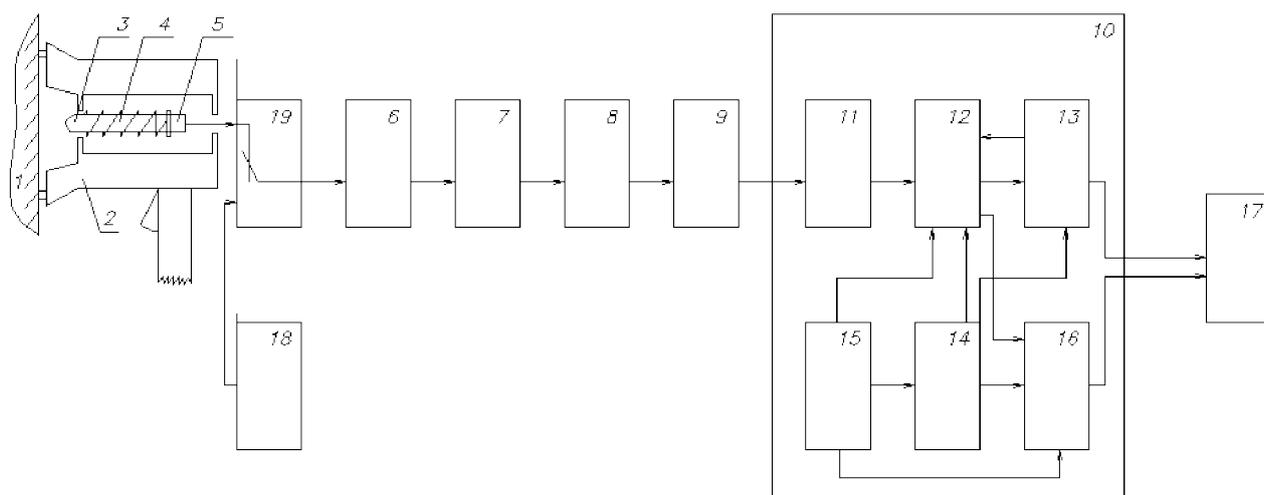


Рис. 3.4. Структурная схема прибора ИПС-МГ4: 1 – измеряемое изделие; 2 – склерометр; 3 – боек; 4 – пружина; 5 – датчик; 6 – фильтр; 7 – дифференциатор; 8 – пиковый детектор; 9 – преобразователь напряжение – частота; 10 – вычислительное устройство; 11 – счетчик; 12 – арифметическое логическое устройство; 13 – запоминающее устройство; 14 – программатор; 15 – клавиатура; 16 – память записной книжки; 17 – индикатор; 18 – генератор; 19 – переключатель «ПРОВЕРКА»

Конструктивно прибор ИПС-МГ4 выполнен в виде двух блоков:

- блока электронного,
- склерометра,

Прибор обеспечивает определение прочности в 10 – 50 МПа.

3.4. Подготовка прибора к работе.

3.4.1. Произвести диагностику цифровых устройств прибора. Для чего подключить склерометр к электронному блоку и нажать кнопку ОБРАБОТКА на лицевой панели прибора и включить питание (кн. ОБРАБОТКА отпускается после появления на индикаторе [0000]).

При исправной работе цифровых устройств на индикаторе высвечивается

[0], а при наличии неисправностей высвечивается [001], [002] или [003].

3.4.2. Произвести проверку работоспособности прибора. Для чего, удерживая склерометр в правой руке, взвести рычагом взвода боек до фиксации защелкой, нажать спусковой крючок и, кратковременно нажав кнопку ПРОВЕРКА, зафиксировать на индикаторе результат, который при исправной работе всех блоков должен составлять $18 \pm 2,5$ МПа.

3.5. Порядок работы.

Испытания производятся на участке размером не менее 100 кв.см, при его толщине не менее 50 мм. Граница участка испытания должна быть не ближе 50 мм от края конструкции. Расстояние между точками испытания

должно быть не менее 15 мм. Расстояние мест проведения испытаний до арматуры должно быть не менее 50 мм.

Число испытаний на участке должно быть не менее 5.

3.5.1. Подключить склерометр к электронному блоку. Включить питание, при этом на индикаторе высвечивается информация, свидетельствующая о готовности прибора к работе: [0].

3.5.2. Ввести в память прибора коэффициент, учитывающий положение склерометра относительно горизонтали:

- сверху вниз – коэффициент $\gamma = 0,92$ (нажать кнопку  клавиатуры);
- снизу вверх – коэффициент $\gamma = 1,08$ (нажать кнопку  клавиатуры);
- горизонтально – коэффициент $\gamma = 1,0$ (вводится автоматически или при одновременном нажатии кнопок  и ).

3.5.3. Удерживая склерометр в правой руке, взвести боек, при этом на индикаторе высвечивается номер измерения: [1].

3.5.4. Расположить склерометр таким образом, чтобы усилие прикладывалось перпендикулярно к испытываемой поверхности. (Склерометр должен опираться на все три точки).

После установки (прижатия) склерометра необходимо нажать спусковой крючок и зафиксировать результат, который автоматически записывается в память прибора для дальнейшей обработки.

Сброс результата с индикатора происходит в момент взвода бойка для следующего выстрела, на индикаторе при этом высвечивается номер следующего измерения: [2].

Рекомендуемое число измерений на одном участке - 10.

3.5.5. Нажать кнопку ОБРАБОТКА. При этом автоматически производится математическая обработка измерений, проведенных на участке, а на индикаторе высвечивается конечный результат прочности бетона на участке.

Математическая обработка включает:

- усреднение измерений $R = \frac{R1 + R2 + \dots + Rn}{n}$;
- отбраковку результатов, имеющих более чем 5 % отклонения от среднего R на участке;
- усреднение оставшихся после отбраковки измерений, например:

$$Rk = \frac{R1 + R3 + R7 + R9 + R10}{5} .$$

Конечный результат заносится в память «записной книжки» для дальнейшего извлечения с помощью кнопки ИЗВЛЕЧЕНИЕ ПАМЯТИ.

3.6. Для проведения измерений на других участках (изделиях) необходимо выполнить операции по п.п. 3.5.2 – 3.5.5.

Примечание. Информация в памяти сохраняется до отключения питания прибора.

4. ЭЛЕМЕНТЫ УЧЕБНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве элементов исследовательского характера для студентов рекомендуется:

- сопоставление данных по определению $R'_{сж}$ при его определении на различных гранях кубика: параллельно процессу забивки при изготовлении и перпендикулярно ему;
- сопоставление данных по определению $R'_{сж}$ при его определении различными студентами (3-5 человек);
- сравнение данных по вышеперечисленным пунктам, получены молотками Физделя и Кашкарова, а также электронным измерителем прочности бетона «ИПС-МГ4».

5. ВЫВОДЫ

В результатах определения величины $R'_{сж}$ с помощью молотков Физделя, Кашкарова и прибором ИПС-МГ находится марка бетона данного (или данных) кубика.

Правильность определения марки бетона устанавливается на гидравлическом прессе путём разрушения куба.

В выводах указываются возможные причины неточного определения марки бетона.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На чем основана методика определения прочности бетона молотком Физделя, эталонным молотком Кашкарова?
2. Какая точность измерения отпечатков необходима при работе этими молотками?
3. Какой формы получается отпечаток на эталонном стержне молотком Кашкарова и как измеряется диаметр?
4. Каким должно быть расстояние:
 - от отпечатка до края конструкции?
 - между отпечатками на эталонном стержне?
5. Что влияет на определение прочности бетона?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 22690. 2-77. Бетон тяжелый. Метод определения прочности эталонным молотком Кашкарова. – М.: Изд-во стандартов, 1982.
2. Инструкция для определения прочности эталонным молотком. – М.: Высшая школа, 1963.
3. Долидзе Д.Е. Испытание конструкций и сооружений. – М.: Высшая школа, 1975.
4. Джонс Р., Фэкзоару И. Неразрушающие методы испытания бетонов. – М.: Стройиздат, 1974.
5. Лещинский М.Ю. Испытание бетона: справочное пособие. – М.: Стройиздат, 1980.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРИБОРА БЕТОН-22

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – изучить принцип действия и порядок работы с прибором БЕТОН-22 и методику определения прочности бетонного образца с помощью этого прибора.

Известно, что скорость распространения ультразвуковых волн в различных материалах и средах неодинакова и зависит от их физических свойств в частности, и от прочности некоторых из них. Это свойство ультразвуковых волн и используется для определения прочности бетона в строительных конструкциях, исходя из зависимости $V-R$ по величине V , определяемой путем измерения времени прохождения ультразвука на участке определяемой длины, называемой базой прозвучивания.

2. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПРИБОРА БЕТОН-22

Блок – схема прибора представлена на рис. 2.1.

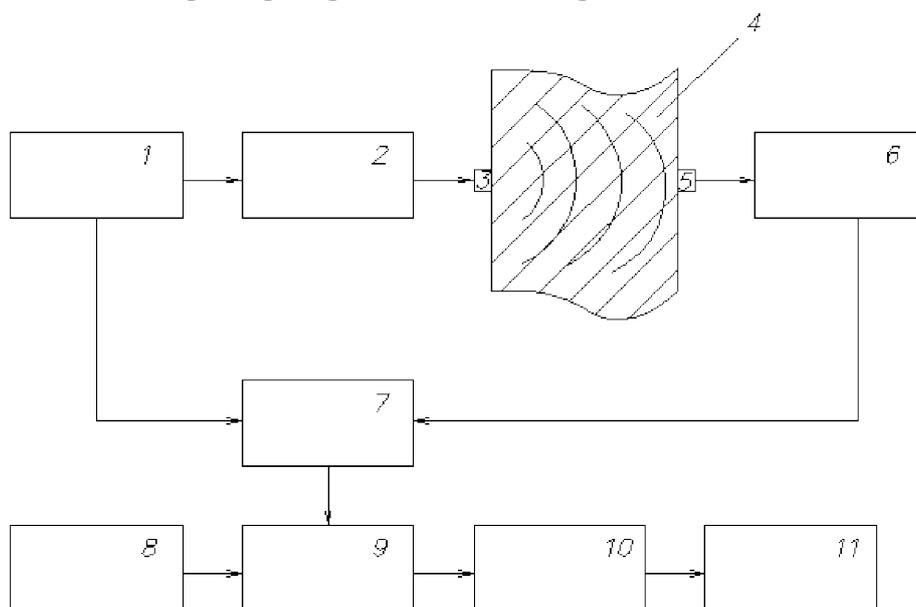


Рис. 2.1. Блок-схема ультразвукового импульсного прибора:

1 – синхронизатор; 2 – генератор зондирующих импульсов; 3 – излучающий пьезопреобразователь; 4 – испытываемый материал; 5 – приемный преобразователь; 6 – усилитель; 7 – триггер ворот; 8 – генератор меток времени; 9 – временной селектор; 10 – счетчик; 11 – цифровой индикатор

Прибор состоит из электронного блока, излучающего пьезообразователя и приемного преобразователя и представляет собой измеритель времени прохождения УЗ колебаний через испытуемый участок материала. Измерение ведется как при сквозном, так и при поверхностном прозвучивании.

В приборе применяются преобразователи двух видов:

- П III – 0,06П, который характеризуется отсутствием запятой в первом младшем разряде на цифровом табло;
- П III – 0,06С, индицируется появлением запятой в первом младшем разряде.

3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

3.1. Перед измерениями с преобразователями ПIII – 0,06 П необходимо нанести на рабочую поверхность УЗ преобразователей или на контролируемые участки образца или изделия тонкий слой контактной смазки, в качестве которой можно использовать технический вазелин, солидол и т.п.

3.2. Прижать рабочие поверхности преобразователей к поверхности контролируемого участка образца или изделия (совершить вращение преобразователей на 30 – 40°).

3.3. Включить прибор и произвести считывание результатов.

3.4. После окончания измерений необходимо удалить остатки контактной смазки с поверхности ультразвуковых преобразователей.

3.5. Порядок работы прибора с приспособлением для поверхностного прозвучивания.

3.5.1. Установить приспособление для поверхностного прозвучивания на контролируемый участок образца или изделия и прижать к контролируемому изделию.

3.5.2. Произвести считывание результатов измерения времени по показаниям прибора. Произвести два измерения и вычислить среднее.

4. ВЫЧИСЛЕНИЕ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА В БЕТОНЕ

4.1. После определения времени распространения УЗК в той или иной точке измеряют базу прозвучивания с погрешностью до плюс-минус 0,5% в мм.

4.2. Скорость распространения ультразвука определяют по формуле

$$V = \frac{L}{t} \cdot 10^3, \quad (4.1)$$

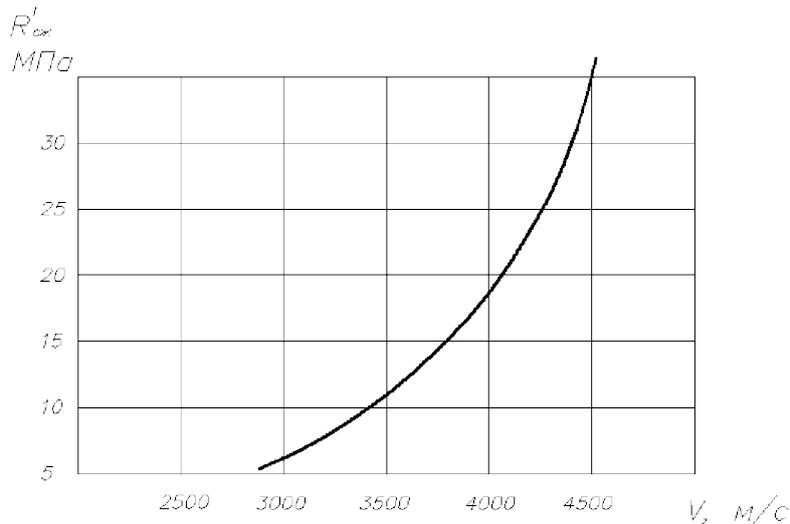
где L – база прозвучивания, мм; t – время распространения УЗК, мкс.

Полученные результаты заносят в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Номер точки прозвучивания	База прозвучивания, мм, L	Время распространения УЗК, мкс (10^{-6})с,t	V, м/с	V _{ср} , м/с	R' _{сж} , МПа
1					
2					

Величину R'_{сж} определяем по кривой зависимости (рис. 4.1).

Рис. 4.1. Зависимость V – R'_{сж}

По данным нескольких прозвучиваний (8-10) устанавливается значение R'_{сж} для каждого случая отдельно (по графику) и среднее для всей серии. Истинное значение прочности бетонного кубика устанавливается при испытании его на прессе. При этом возможны определенные расхождения.

4.3. Определение динамического модуля упругости материалов.

В общем случае зависимость между скоростью продольных волн ультразвука и модулем упругости среды может быть выражена

$$E_{\text{дин}} = V^2 \cdot \rho \cdot \left(\frac{1}{K}\right), \quad (4.1)$$

где $E_{\text{дин}}$ – динамический модуль упругости; ρ – плотность материала; K – коэффициент формы образца. Для образца в виде стержня (одномерной среды) $K=1$.

Для определения модуля упругости целесообразно прозвучивать образцы стержневой формы из различных материалов. При этом преобразователи ультразвукового прибора присоединяют к торцевым граням

образца и измеряют время прохождения УЗК. Линейкой измеряют базу прозвучивания L и вычисляют по формуле (4.2) скорость распространения ультразвука. Результаты записывают в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Материал	Размеры образца $B \cdot L \cdot h$, см	Плотность ρ , Н · с ² /м ⁴	База L , мм	t 10^{-6} , с	$V=L/t$, м/с	$E_{дин}$, МПа
Бетон Кирпич Г Кирпич С						

Пример вычисления $E_{дин}$:

Размер образца $7 \times 7 \times 21,4$ см; $L=0,24$ м;

$$t = 54,4 \text{ мкс} = 54,4 \cdot 10^{-6} \text{ с.}$$

$$\rho = 2,4 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^3;$$

$$\rho = \frac{\left(2,4 \cdot \frac{10^4 \text{ Н}}{\text{м}^3}\right)}{9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 2,45 \cdot 10^3 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^4};$$

$$V = (0,214 \text{ м}) / (54,4 \cdot 10^{-6} \text{ с}) = 3930 \text{ м/с};$$

$$E_{дин} = V^2 \cdot \rho \cdot \left(\frac{1}{K}\right) = \frac{(3,93 \cdot 10^3)^2 \text{ м}^2}{\text{с}^2} \cdot 2,45 \cdot \frac{10^3 \text{ Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^4} = 37,8 \cdot 10^9 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 3,78 \cdot 10^4 \text{ МПа}.$$

5. ЭЛЕМЕНТЫ УЧЕБНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Аналогично лабораторной работе №1, здесь также рекомендуется сопоставление данных по определению $R_{сж}$ при его определении на различных гранях кубика: параллельно и перпендикулярно процессу забивки; определение марки бетона для балки, имеющей в теле бетона арматуру, т.е. установления влияния наличия арматуры в теле бетона на скорость распространения ультразвука.

6. ВЫВОДЫ

По результатам прозвучивания, определения прочности с помощью молотков Физделя и Кашкарова и после установления истинного значения $R_{сж}$ испытанием кубов на прессе мы можем сделать заключение о надежности использования каждого метода в отдельности (дискретно) и при комплексном использовании рассмотренных методов (интегрально).

В выводах указывается расхождение между истинным значением $R_{сж}$ и значениями, полученными с помощью молотков ($R_{сж}^{мол}$) и ультразвука ($R_{сж}^{укб}$):

$$\frac{(R_{сж}^{мол} - R_{сж})}{R_{сж}} \cdot 100\%; \quad (6.1)$$

$$\frac{(R_{сж}^{укб} - R_{сж})}{R_{сж}} \cdot 100\%; \quad (6.2)$$

$$\frac{\frac{(R_{сж}^{мол} + R_{сж}^{укб})}{2} - R_{сж}}{R_{сж}} \cdot 100\% . \quad (6.3)$$

Возможные существенные отклонения необходимо обосновать.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключаются теоретические основы ультразвукового метода определения модуля упругости материалов?
2. К какому виду колебаний относится ультразвук (магнитным, механическим и т.п.)?
3. Как оценивается прочность бетона по измеренной в нем скорости ультразвука?
4. В чем заключается принцип работы ультразвукового прибора для испытаний строительных материалов?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 17624-87. Бетон тяжелый. Ультразвуковой метод определения прочности. – М. : Изд-во стандартов, 1987.
2. Джонс Р., Фэкзоару И. Неразрушающие методы испытаний бетонов/Пер, с рум. – М. : Стройиздат, 1974.
3. Почтовик Г.Я., Злочевский А.Б., Яковлев А.И. Методы и средства испытания строительных конструкций. – М. : Высшая школа, 1973.
4. Почтовик Г.Я., Липник В.Г., Филонидов А.М. Дефектоскопия бетона ультразвуком в энергетическом строительстве. – М. : Энергия, 1977.
5. Руководство по определению и оценке прочности бетона в конструкциях зданий и сооружений. – М. : Стройиздат, 1979.
6. Неразрушающие методы испытаний бетона / О.В. Лужин, В.А. Волохов, Г.Б. Шмаков и др. – М. : Стройиздат, 1985.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ, ШАГА И ДИАМЕТРА АРМАТУРЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ИЗДЕЛИЯ С ПОМОЩЬЮ МАГНИТНОГО ПРИБОРА ИЗС-2

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – изучить принцип действия и порядок работы с прибором ИЗС-2 и методику определения величины защитного слоя, шага, диаметра арматуры с помощью этого прибора.

Принцип действия прибора основан на методе компенсации специально создаваемого разбаланса в цепи электромагнитного датчика, состоящего из двух частей – неподвижной и выносной. Перемещением регулятора чувствительности, расположенном около одной из катушек первичной обмотки, создаётся начальная эдс небаланса. Изменение индуктивного сопротивления неподвижной части датчика будет компенсироваться изменением индуктивного сопротивления выносной части при сближении ее с арматурой изделия или другим ферромагнитным материалом, а измерение величины компенсации небаланса начальной электродвижущей силы, таким образом, будет находиться в определенной зависимости от измерения расстояния между выносной частью датчика и этим проводником.

2. УСТРОЙСТВО ПРИБОРА ИЗС-2

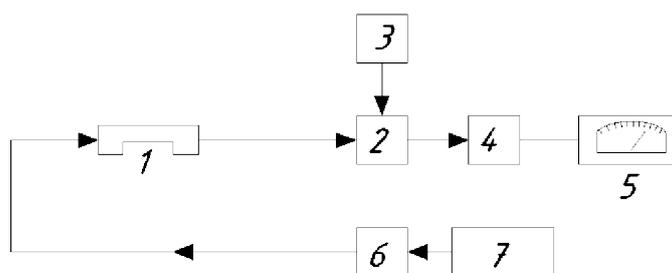


Рис. 2.1. Блок-схема прибора ИЗС-2:

1 – выносная часть датчика; 2 – усилитель; 3 – блок питания усилителя; 4 – детектор; 5 – индикатор; 6 – двухтактный автогенератор; 7 – блок питания автогенератора

В качестве индикатора применен микроамперметр типа М-24, выносная часть датчика собрана из листов трансформаторной стали в виде сердечника П-образной формы, расположенного в пластмассовом кожухе. Прибор обеспечивает для арматуры диаметром 6 – 16 мм измерение расстояния от рабочей поверхности датчика до стержня в пределах от 0 до

70 мм. Относительная погрешность составляет 4 % на верхнем пределе измерения и 1 % на нижнем.

3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

3.1. Определение шага арматуры.

Перед началом работы прибора, после его включения, необходимо установить стрелку индикатора с помощью ручки регулятора в крайнее правое положение, отмеченное на шкале прибора красной чертой. После этого выносную часть устанавливают у края поверхности изделия и начинают медленно двигать ее к другому краю в направлении, перпендикулярном предполагаемому расположению арматурных стержней, добиваясь при этом максимального отклонения стрелки индикатора влево.

При необходимости датчик поворачивают в горизонтальной плоскости на небольшие углы в разные стороны. В момент достижения предельного левого положения, движение прекращают и через ось симметрии датчика проводят черту на поверхности изделия, которая и будет совпадать с осью расположенного в бетоне стержня. Таким же образом находят местоположения и остальной арматуры изделия. После того, как все арматурные стержни будут обнаружены, линейкой замеряется их шаг и проставляется на схеме.

3.2. Определение величины защитного слоя бетона и диаметра арматуры производят после установления местоположения стержней в изделии. Для этого вновь совмещают ось симметрии датчика с осью арматуры и записывают величины защитных слоев для всех диаметров стержней, в которых проградуирована шкала индикатора. Затем, подложив между датчиком и поверхностью изделия прокладку из твердого неметаллического материала (текстолита, органического стекла, сухой древесины) постоянной толщины, замер защитных слоев повторяют, а данные заносят во вторую часть таблицы 3.1. Из полученных значений величин защитных слоев второй части таблицы вычитают толщину прокладки и записывают результаты в тех же графах первой части таблицы рядом со значениями, полученными при первом замере. При этом искомым диаметром арматуры будет тот, в графе первой части таблицы которого величина первого замера защитного слоя будет совпадать с величиной второго замера защитного слоя без толщины прокладки.

Таблица 3.1

Замеры	Номер стержней	Диаметры арматуры d, мм, по шкале				
		6	8	10	12	16
1	1 – без прокладки 2 – с прокладкой					
2	1 – без прокладки 2 – с прокладкой					

4. ВЫВОДЫ

Необходимо указать действительные значения диаметров арматуры, защитных слоев и шага арматуры, которые сообщаются преподавателем, а возможные отклонения необходимо грамотно обосновать.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как влияет величина толщина защитного слоя на несущую способность железобетонной конструкции, работающей на изгиб, внецентренное сжатие?

2. Какой физический принцип в основе метода определения толщины защитного слоя бетона и диаметра арматуры?

3. Как определяются толщина защитного слоя бетона, диаметр арматуры, а также положение арматуры?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 22904-78. Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения защитного слоя бетона и расположения арматуры. – М.: Изд-во стандартов, 1979.

2. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий: Справочник. – М.: Машиностроение, 1976. Т. 2.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

СТАТИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ ПРОБНОЙ НАГРУЗКОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ БАЛКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОТЕНЗОМЕТРИИ И ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – отработка методики измерения деформаций с помощью тензорезисторов на примере определения напряженно-деформированного состояния конструктивного элемента – металлической балки составного сечения, а также методики изучения характера работы балки под нагрузкой.

2. ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

2.1. Проволочные тензорезисторы обычно изготавливаются из константановой или нихромовой проволоки диаметром 0,012 – 0,08 мм, приклеенных к пленочной или бумажной подложке толщиной 0,02 – 0,05 мм.

Тензорезистор – это первичный преобразователь, предназначенный для измерения деформаций. Наибольшее распространение получили петлевые проволочные и фольговые тензорезисторы. Петлевой проволочный тензорезистор (рис. 2.1) представляет собой несколько петель микропровода 1, прикрепленных к пленочной или бумажной основе (подложке) 2. Тензорезисторы промышленного производства выпускают с базой 3 – 100 мм и начальным сопротивлением 70 – 400 Ом.

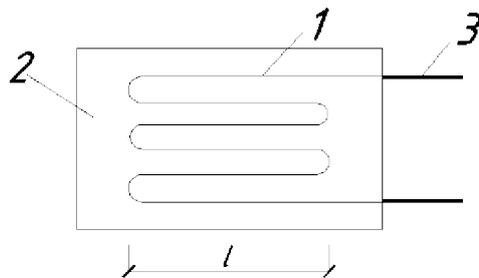


Рис. 2.1. Схема тензорезистора: 1 – микропровод; 2 – основа тензорезистора; 3 – токовывод

Принцип работы тензорезистора заключается в изменении электрического сопротивления при изменении длины микропровода. Значение относительного изменения сопротивления $\frac{\Delta R}{R}$ тензорезистора, наклеенного на деформируемую поверхность, прямо пропорционально значению относительной деформации на поверхности участка, равного по длине базе тензорезистора

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \xi , \quad (2.1)$$

где k – коэффициент тензочувствительности тензорезистора.

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Лабораторная работа предусматривает определение деформаций и напряжений по высоте сечения балки с помощью 5 тензорезисторов с базой 20 мм. Схема загрузки приведена на рис. 3.1. Схема наклейки тензорезисторов приведена на рис. 3.2.

Методика измерения деформаций с помощью тензорезисторов и прибора ИД-70 м заключается в следующем.

Прежде чем начать испытания конструкции, производят установку тензорезисторов на интересующих нас участках поверхности и тарировку самого прибора. Порядок работы с прибором следующий.

3.1. Производится балансировка входного моста и снятие исходных (нулевых) показаний, для чего: установить грубый баланс с помощью переключателя В3, оставив его в положении, при котором стрелка индикатора резко перебрасывается с одной стороны на другую. Если с помощью переключателя диапазонов В3 датчики не балансируются (большой разброс по сопротивлению), тогда балансируют переключателем расширенных диапазонов В2, а затем уже переключателем В3 выполнить точную наводку на ноль, вращая реохорд со шкалой; снять показания, которые складываются из номера диапазона переключателя В3 (или переключателя диапазонов В3 и В2) и отсчета по шкале реохорда.

3.2. Повторить операции по п.3.1 для всех тензорезисторов, переключая их на входе прибора с помощью переключателя В1.

3.3. После нагружения конструкции и возникновения деформации повторить операции по п.3.1 в соответствии с задачами эксперимента.

3.4. Если при росте деформации тензорезистор не балансируется на том диапазоне, при котором снят нулевой отсчет, то в этом случае используют переключатель В2, переключив который вправо или влево (в зависимости от знака деформации) на одно положение, производить балансировку переключателем диапазонов В3 и реоходом «настройка».

3.5. Произвести первичную обработку результатов измерения, определив величину деформации как разность между отсчетами при нагрузке и исходными показаниями. При переходе с диапазона на диапазон должна быть приплюсована или вычтена деформация, перекрываемая диапазоном (или несколькими диапазонами). Полученные результаты занести в табл. 3.1.

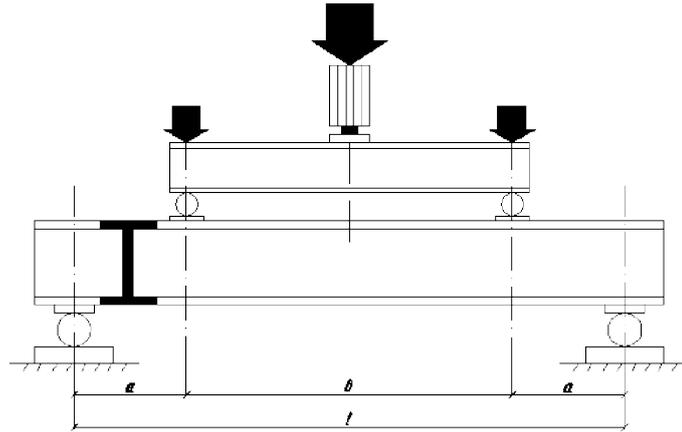


Рис. 3.1. Расчётная схема балки

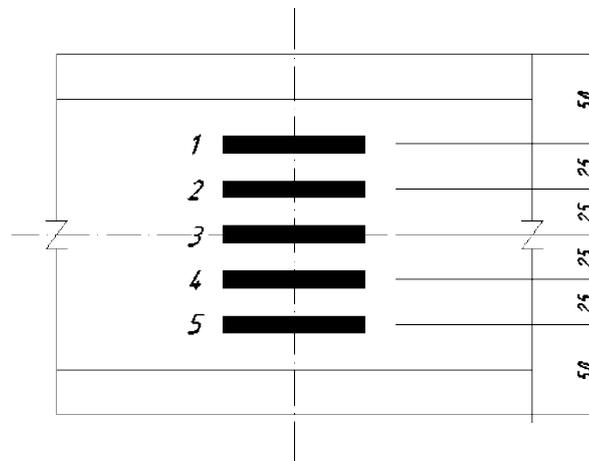


Рис. 3.2. Схема наклейки датчиков на испытываемую балку

Таблица 3.1

№ Этапа	Нагрузка на балку, тс	Показания тензодатчиков																								
		Д - 1					Д - 2					Д - 3					Д - 4									
		Отчёт	Δ	$\Sigma\Delta$	ξ	σ , МПа	Отчёт	Δ	$\Sigma\Delta$	ξ	σ , МПа	Отчёт	Δ	$\Sigma\Delta$	ξ	σ , МПа	Отчёт	Δ	$\Sigma\Delta$	ξ	σ , МПа					
0																										
1																										

При переходе от относительных деформаций к напряжениям пользуются формулой:

$$\sigma = \xi \cdot E, \quad (3.1)$$

где E – модуль упругости стали; $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа.

Момент в середине пролёта определяется по формуле:

$$M = (P/2) \cdot a. \quad (3.2)$$

Напряжения в крайних волокнах балки определяются из формулы:

$$\sigma = M/W, \quad (3.3)$$

где W – момент сопротивления испытываемой балки, находится по справочнику согласно ГОСТ 8239-72 (прокатный двутавр № 16); имеет следующие характеристики: $F=20,2 \text{ см}^2$; $J_x=873 \text{ см}^4$; $W_x=109 \text{ см}^3$; $J_y=58,6 \text{ см}^4$; $W_y=14,5 \text{ см}^3$.

Тензорезисторы наклеиваются на балку согласно схеме по рис. 3.2 в центре ее пролета. Датчики клеятся для проверки напряженного состояния двутавра в зоне изгиба, для построения опытной эпюры напряжений и сравнения опытных данных с теоретическими.

4. ВЫВОДЫ

По окончании опытов необходимо определить относительную погрешность по формуле

$$\frac{(\sigma_{\text{оп}} - \sigma^{\text{теор}})}{\sigma^{\text{теор}}} \cdot 100\% \quad (4.1)$$

и указать причину расхождения между опытными и теоретическими значениями величины напряжений.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое тензорезистор?
2. Что такое база тензорезистора и почему у тензорезисторов промышленного изготовления широкий диапазон изменения базы?
3. Как производится балансировка входного моста прибора ИД-70М?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 21615-76. Тензорезисторы. Методы определения характеристик. – М.: Госстандарт, 1976.
2. Почтовик Г. Я., Злочевский А.Б., Яковлев А.И. Методы и средства испытаний строительных конструкций. – М.: Высшая школа, 1973.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ДИНАМИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ СОСТАВНОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ БАЛКИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – изучить методику проведения динамического испытания и порядок работы приборами: индикаторами часового типа и «Вибротестом МГ». Основные характеристики колебательных процессов: амплитуда колебаний, характеризуемая величиной наибольшего отклонения колеблющейся массы от среднего или нулевого положения и период колебаний – промежуток времени, равный предположительности одного цикла.

Колебания бывают свободными и вынужденными. По мере приближения частоты вынужденных колебаний конструкции к частоте ее собственных колебаний возрастают амплитуды вынужденных колебаний. Такое непрерывное возрастание амплитуды колебаний называется резонансом.

Резонанс опасен для конструкций, сооружений, так как с возрастанием амплитуды колебаний возрастают напряжения и деформация, что может привести к разрушению конструкции. В связи с этим конструкции, подвергавшиеся действию динамической нагрузки, рассчитываются таким образом, чтобы частота их собственных колебаний не совпадала с частотой вынужденных колебаний, вызываемых возбуждающей силой.

2. ПРИБОРЫ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЯ

2.1. Установка для динамических испытаний представляет собой составную металлическую балку с установленным на ней электродвигателем неуравновешенной массы, имеющим определенную частоту вращения. Схема установки приведена на рис. 2.1.

2.2. Самым простым прибором для определения амплитуды колебаний является обычный индикатор часового типа с ценой деления, равной 0,01мм.

2.3. Электронный измеритель амплитуды колебаний «Вибротест-МГ».

2.4. Принципиальная схема прибора приведена на рис. 2.2.

Для измерения амплитуды и частоты колебаний виброплощадок, виброблоков и других вибросистем, используемых для уплотнения бетонной смеси при формировании бетонных и железобетонных изделий, предназначен прибор «Вибротест-МГ».

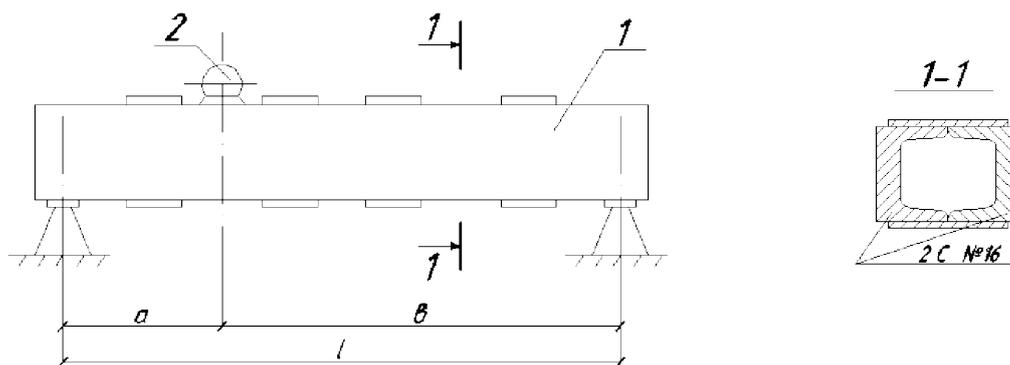


Рис. 2.1. Установка для динамических испытаний:
1 – составная металлическая балка; 2 – электродвигатель

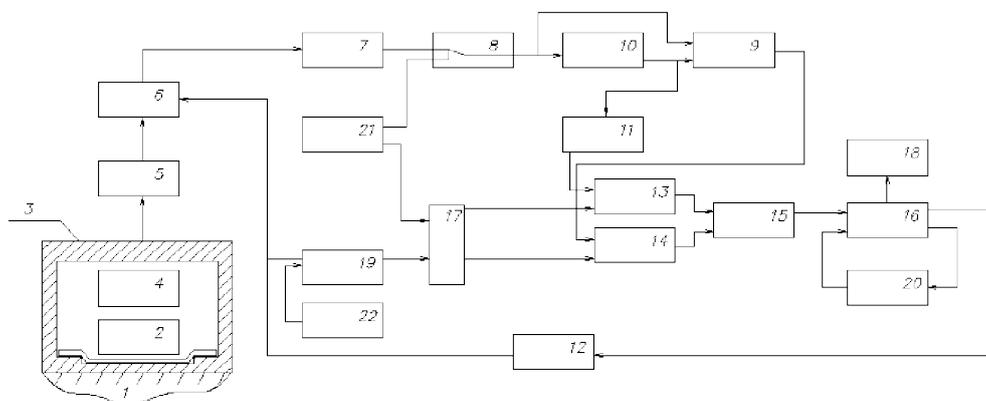


Рис. 2.2. Структурная схема прибора «Вибротест-МГ»: 1 – объект испытаний; 2 – преобразователь; 3 – датчик; 4 – согласующее устройство; 5 – первый интегратор; 6 – управляемый делитель; 7 – второй интегратор; 8 – переключатель «работа-проверка»; 9 – компаратор; 10 – детектор; 11 – преобразователь U-f; 12 – тригер; 13 и 14 – схемы «U»; 15 – схема «Или»; 16 – счетчик; 17 – счетчик-распределитель; 18 – индикатор; 19 – схема «Или»; 20 – инвертор; 21 – генератор; 22 – цепь сброса

Прибор обеспечивает измерение частоты в диапазоне 10 – 100 Гц и амплитуды 0,2 – 3 мм.

Конструктивно прибор «Вибротест-МГ» выполнен в виде двух блоков:
- электронного блока (собственно прибор);
- датчика колебаний.

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

3.1. Прежде чем начать испытания на установке, определяют частоту собственных колебаний составной балки

$$n = W/2\pi, \quad (3.1)$$

где W – круговая частота собственных колебаний, определяемая по формуле:

$$W = (g/y_{ст})^{0,5}, \quad (3.2)$$

где g – ускорение силы тяжести;

$$y_{ст} = 3Q \cdot \frac{L^3}{256E \cdot J_x}, \quad (3.3)$$

где Q – масса электродвигателя, равная 160 Н; L – расчётный пролет, равный 1.8 м; E – модуль упругости материала балки, $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа; момент инерции сечения балки $J_x = 2J_{шв} + 2J_{пл} + 2F_{пл} \cdot a^2$ (здесь $J_{шв}$ – момент инерции швеллера № 16 относительно оси X ; $J_{шв X} = 191$ см⁴).

3.2. Затем проводят динамические испытания составной металлической балки и снимают при этом все интересующие нас характеристики. Для этого индикатор и Вибротест-МГ устанавливают вблизи вибрирующей поверхности элемента.

Начиная испытания, сначала включить «Вибротест-МГ» а затем уже электродвигатель установки. Одновременно следят за показаниями индикатора, по отклонению стрелки которого устанавливают крайние значения шкалы, и по разности этих значений находят величину амплитуды установившихся колебаний по формуле:

$$A_1 = (T_1 - T_2)/2, \quad (3.3)$$

где T_1 – начальное значение деформаций; T_2 – конечное значение деформаций.

3.3. Порядок работы с электронным измерителем амплитуды колебаний «Вибротест».

3.3.1. Произвести проверку работоспособности прибора. Для чего, не подключая датчика, нажать одновременно кнопки «пуск» и «проверка». Проконтролировать по включению светодиода «сигнал» в левой части лицевой панели прибора наличие на входе прибора контрольного сигнала.

Через 3-4 секунды при исправной работе прибора и элементов питания на цифровых индикаторах высвечивается значение амплитуды – 0,70 мм + 0,03 мм и еще через 4 секунды значение частот – 17 Гц + 1 Гц.

3.3.2. Очистить место для установки датчика от остатков бетона и смазки и насухо протереть ветошью.

3.3.3. Подключить датчик колебаний к разъему прибора и установить его рабочей (магнитной) поверхностью на виброплощадку.

3.3.4. По включению светодиода «сигнал» в левой части лицевой панели прибора убедиться в наличии измеряемого сигнала на входе прибора

и нажать кнопку «пуск», удерживая ее до окончания измерений. Через 2-3 секунды на цифровых индикаторах высвечивается значение амплитуды в мм и еще через 4 секунды – значение частоты в Гц.

3.3.5. В каждой из контролируемых точек произвести не менее двух измерений до получения двух последовательно взятых отсчетов амплитуды (частоты), отличающихся не более чем на 10%.

4. ВЫВОДЫ

Полученные опытные и расчетные данные необходимы для сравнительного анализа статистических и динамических характеристик конструкций, который следует произвести в Заключении работы. Следует сравнить данные, полученные экспериментальным и теоретическим путем, определив относительную погрешность:

$$((N - n) / n) \cdot 100\% . \quad (4.1)$$

Необходимо обосновать причину возможных расхождений. Дать заключение по результатам статических и динамических испытаний металлической балки.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как экспериментальным путем определить частоту колебаний конструкции?
2. Чем характеризуются собственные и вынужденные колебания конструкции?
3. Когда возникает явление резонанса конструкции?
4. Какие измерительные средства применяют при регистрации динамических характеристик строительных конструкций?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Злочевский А. Б. Методы регистрации и обработки результатов динамических испытаний конструкций / Я. Б. Злочевский – М., 1978.
2. Злочевский А.Б. Изменение динамических параметров конструкций и воздействий / Я. Б. Злочевский – М., 1978.
3. Аронов Р. И. Испытание сооружений. – М.: Высшая школа, 1974.