

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ**

---

**Кафедра «Испытания сооружений»**

**ЖУРНАЛ**  
**ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО КУРСУ**  
**«ОБСЛЕДОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЕ ЗДАНИЙ И**  
**СООРУЖЕНИЙ»**

**Для студентов направления 653500 «Строительство»**  
**специальностей 270102 «Промышленное и гражданское строительство»**  
**270114 «Проектирование зданий»**

Выполнил:

Студент \_\_\_\_\_

Института \_\_\_\_\_

Факультета \_\_\_\_\_

Курса \_\_\_\_\_ Группы \_\_\_\_\_

Принял \_\_\_\_\_

Москва 2012

## **СОСТАВИТЕЛИ:**

Проф., канд. тех. наук, зав. каф., науч. рук.	<b>Ю.С. Кунин</b>
Проф., канд. тех. наук	<b>Л.А. Бондарович</b>
Проф., канд. тех. наук	<b>И.А. Горбунов</b>
Доц., канд. тех. наук	<b>А.С. Перунов</b>
Зав.лабораторией, инженер	<b>А.В. Ивличев</b>
Ст.преподаватель, инженер	<b>Атаров М.Н.</b>
Ст.преподаватель, инженер	<b>Шульгин П.Ю.</b>

## **Рецензент**

Проф, канд. тех. наук	<b>С.В. Горбатов</b>
-----------------------	----------------------

## **ВВЕДЕНИЕ**

Настоящий журнал лабораторных работ по дисциплине «Обследование и испытание зданий и сооружений» составлен в соответствии с программой указанной дисциплины и является дополнением к методическим указаниям, разработанным кафедрой «Испытания сооружений» Московского Государственного Строительного Университета.

Журнал содержит общие требования к составлению и оформлению отчетов по результатам выполненных лабораторных работ. В журнале в краткой форме студент излагает суть работы с использованием эскизов, диаграмм, схем и формул. В таблицы, формы которых представлены в журнале, записываются показания измерительных приборов и результаты вычислений.

Каждая лабораторная работа должна быть завершена выводами и подписана студентом и преподавателем.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

## "Тензорезисторный метод исследования напряженно-деформированного состояния материала конструкций"

Цель работы: \_\_\_\_\_

### 1. Определение коэффициента тензочувствительности тензорезисторов

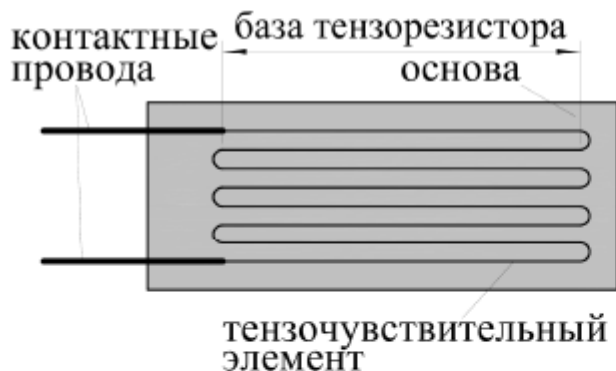


Рис.1.1 Схема петлевого проволоочного тензорезистора

Принцип работы тензорезистора

$$\frac{\Delta R}{R} = k_T \cdot \varepsilon$$

где  $\frac{\Delta R}{R}$  - относительное изменение сопротивления тензорезистора;

$k_T$  - коэффициент тензочувствительности тензорезистора

$\varepsilon$  - относительная линейная деформация поверхности исследуемого объекта

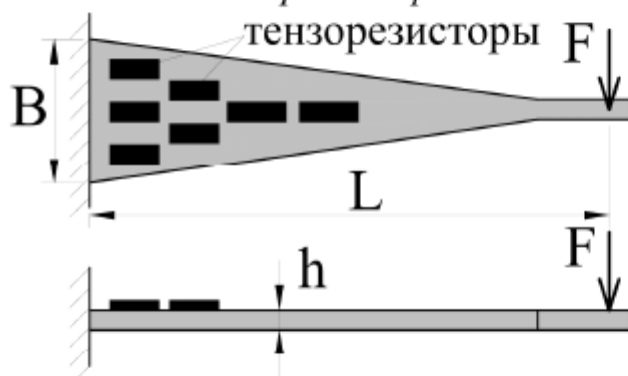


Рис.1.2 Схема консольной балки равного сопротивления

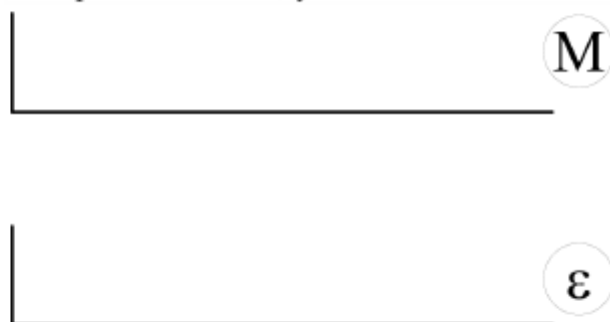


Рис.1.3 Эпюры моментов и деформаций

Параметры консоли равного сопротивления:

$$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}; \quad \frac{L}{B} = 11,5; \quad h = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Результаты измерений обрабатывать в следующем порядке (данные обработки следует привести в таблице 1.1):

1)  $\delta_{j,i}$  - отсчет по прибору для тензорезистора  $j$  на этапе  $i$  нагружения;

2)  $\Delta_{j,i} = |\delta_{j,i} - \delta_{j,(i-1)}|$  - абсолютная величина разности отсчетов;

3)  $\Delta_{j,cp} = \frac{\sum_{i=1}^8 \Delta_{j,i}}{8}$ ; 4)  $\Delta_{cp} = \frac{\sum_{j=1}^n \Delta_{j,cp}}{n}$ ; где  $n$  - количество тензорезисторов

5)  $\frac{\Delta R}{R_{cp}} = \Delta_{cp} \cdot C$ , где  $C$  - цена деления прибора в единицах относительного изменения сопротивления;  $C = 4 \cdot 10^{-6}$ ;

6)  $\varepsilon = \frac{6 \cdot F \cdot L}{E \cdot h^2 \cdot B}$  - относительная линейная деформация консоли равного сопротивления от нагрузки F

7)  $k_T = \frac{(\Delta R/R)_{cp}}{\varepsilon}$  - коэффициент тензочувствительности тензорезисторов

8)  $\Delta_{cp} - \Delta_{j,cp}$ ;                      9)  $(\Delta_{cp} - \Delta_{j,cp})^2$ ;

10)  $S_{k_T} = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_{cp} - \Delta_{j,cp})^2}{n-1}$  - дисперсия  $k_T$ ;     $S_{k_T} = S_{\Delta}$

11)  $\nu_{k_T} = \frac{\sqrt{S_{\Delta}}}{\Delta_{cp}}$  - коэффициент вариации результатов измерений;

Таблица 1.1

Нагрузка	Отсчеты по тензорезисторам							
	1		2		3		4	
	$\delta_{1,i}$	$\Delta_{1,i}$	$\delta_{2,i}$	$\Delta_{2,i}$	$\delta_{3,i}$	$\Delta_{3,i}$	$\delta_{4,i}$	$\Delta_{4,i}$
0								
F=10 Н								
2F=20 Н								
F=10 Н								
0								
F=10 Н								
2F=20 Н								
F=10 Н								
0								
$\Delta_{i,cp}$								
$\Delta_{cp} - \Delta_{j,cp}$								
$(\Delta_{cp} - \Delta_{j,cp})^2$								
$\Delta_{cp} =$				$\frac{\Delta R}{R}_{cp} =$				
$\varepsilon =$				$k_T =$				
$S_{k_T} =$				$\nu_{k_T} =$				



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### "Ультразвуковой импульсный метод исследования свойств строительных материалов в образцах, конструкциях и сооружениях"

Цель работы: \_\_\_\_\_

#### 1. Определение динамического модуля упругости материалов

$$E_{\text{дин}} = V^2 \cdot \rho \cdot \frac{1}{k},$$

где  $E_{\text{дин}}$  - динамический модуль упругости;

$V$  - скорость ультразвукового импульса;

$\rho$  - плотность материала;

$k$  - коэффициент формы образца.

Таблица 2.1

№ п/п	Наименование материала	База L, м	Время t, $10^{-6}$ с	Скорость V, м/с	Плотность $\rho$ , Н·с <sup>2</sup> /м <sup>4</sup>	$E_{\text{дин}}$ , МПа
1	Бетон				$2,37 \cdot 10^3$	
2	Кирпич (глин)				$1,76 \cdot 10^3$	
3	Кирпич (сил)				$1,85 \cdot 10^3$	
4	Гипс				$1,20 \cdot 10^3$	
5	Графит				$1,93 \cdot 10^3$	

#### 2. Определение прочности и класса бетона

Прочность бетона в образце или конструкции определяется по ранее установленной градуировочной зависимости по измеренной скорости ультразвука (рис.2.1).

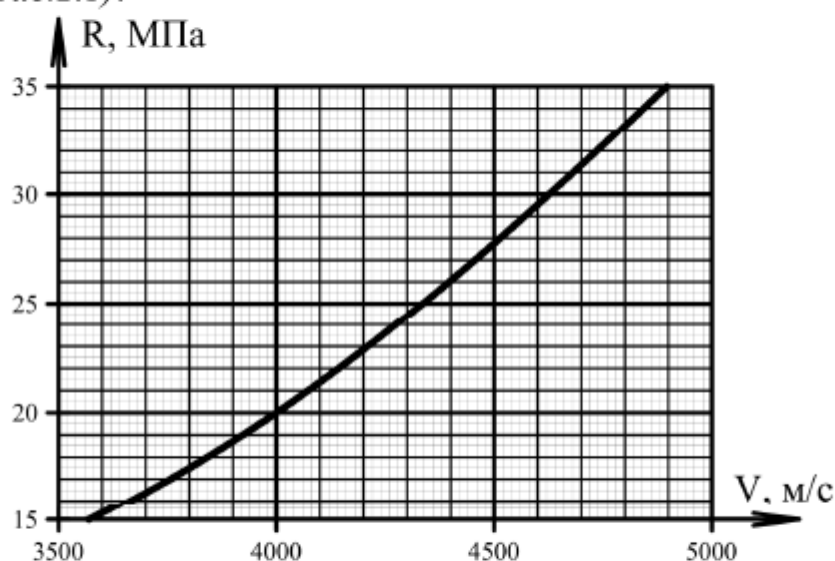


Рис.2.1 Градуировочная зависимость "скорость УЗК - прочность бетона"

Примечание: Градуировочная зависимость получена ранее по результатам ультразвуковых неразрушающих и стандартных разрушающих испытаний контрольных кубов того же состава, что и бетон конструкции.

Фактический класс бетона определяют по полученным результатам статистических расчетов с учетом формул:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} = \text{_____}; \text{-среднее значение прочности бетона, МПа;}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{R} - R_i)^2}{n-1}} = \text{_____}; \text{- среднеквадратическое отклонение, МПа;}$$

$$v = \frac{S}{\bar{R}} = \text{_____}; \text{- коэффициент вариации прочности бетона;}$$

$$B^* = \bar{R}(1 - 1,64v) = \text{_____}; \text{- фактическая величина, соответствующая классу бетона по прочности на сжатие B, МПа.}$$

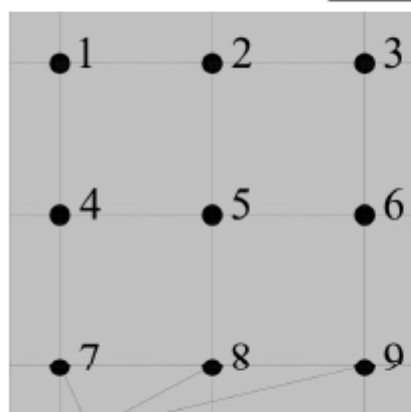
$B$  - класс бетона по СП 52-101-2003

$R_b$  - расчетное сопротивление бетона по СП 52-101-2003

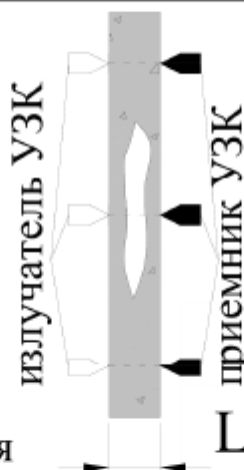
Таблица 2.2

№ опыта	База $L$ , м	Время $t$ , $10^{-6}$ с	Скорость, $V$ , м/с	Прочность $R_i$ , МПа	$\bar{R} - R_i$ , МПа	$(\bar{R} - R_i)^2$ , МПа	$S$ МПа	$v$	$B^*$ , МПа	$B$ , МПа	$R_b$ , МПа
1											
2											
3											
4											
5											
Выводы о прочности бетона:											

### 3. Определение наличия и места расположения дефектов в конструкции методом сквозного прозвучивания:



точки прозвучивания



#### Содержание и порядок работы:

Последовательно прозвучивая конструкцию в каждом створе узлов сетки, получить значения скоростей ультразвука. Наличие дефекта определить, сравнивая значения полученных скоростей.

Рис.2.2 Выявление дефектов при сквозном прозвучивании

Таблица 2.3

№ точки прозвучивания	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Время прохождения ультразвука $t_i$ , мкс									
База прозвучивания $L$ , м									
Скорость ультразвука $V_i$ , м/с									
Выводы о наличии дефекта и месте его расположения									

#### **4. Определение наличия и места расположения дефектов в конструкции методом поверхностного прозвучивания (продольного профилирования)**

**Порядок работы:** последовательно измерить время распространения УЗК при линейном удалении приемника от излучателя (с постоянным шагом); заполнить таблицу, построить и проанализировать график (Рис. 2.3) изменения времени прохождения УЗК от базы прозвучивания.

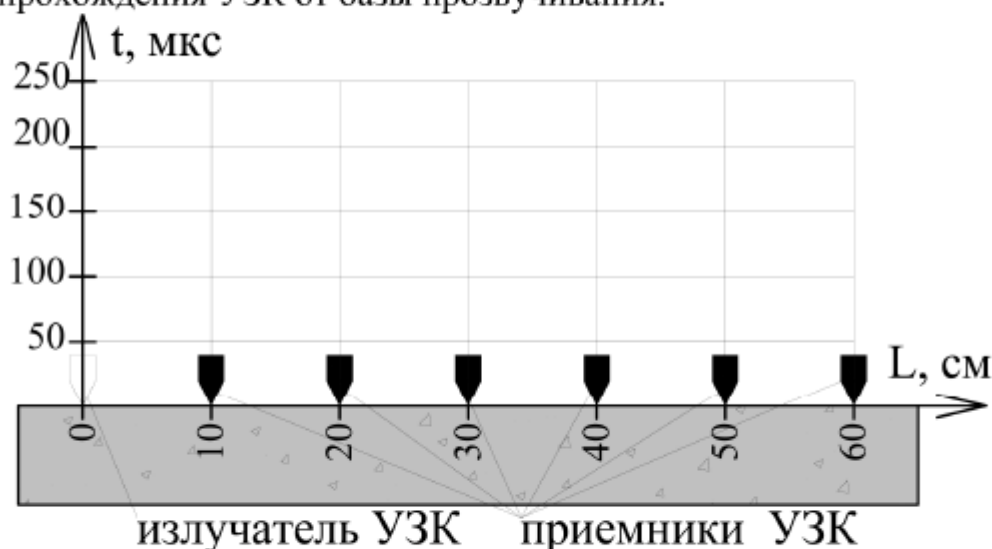


Рис.2.3 Метод продольного профилирования: сверху – годограф скорости ультразвука; внизу – схема расстановки ультразвуковых излучателя и приемника колебаний

Таблица 2.4

№ точки прозвучивания	1	2	3	4	5	6
База прозвучивания $L$ , см	10	20	30	40	50	60
Время прохождения ультразвука $t$ , мкс						
Выводы о наличии дефекта и месте его расположения						

Выводы: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Подпись студента \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

## "Освидетельствование элементов сооружения на примере железобетонной балки"

Цель работы: \_\_\_\_\_

### 1.Определение геометрических характеристик балки

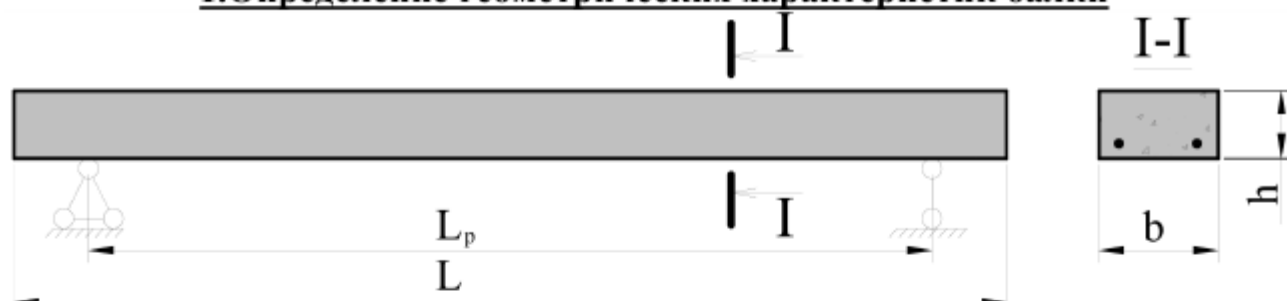


Рис.3.1 Схема обследуемой балки с указанием геометрических размеров

Таблица 3.1

Размеры балки, м	L	L <sub>p</sub>	b	h

### 2. Определение прочности бетона в опасном сечении

Определение прочности бетона конструкции проводят согласно ГОСТ 18105-86 и ГОСТ 17624-87, с помощью ультразвукового прибора, способом сквозного прозвучивания. Определение класса бетона проводят по формулам:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} = \underline{\hspace{2cm}}; S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{R} - R_i)^2}{n-1}} = \underline{\hspace{2cm}};$$

$$\nu = \frac{S}{\bar{R}} = \underline{\hspace{2cm}}; B^* = \bar{R}(1 - 1,64\nu) = \underline{\hspace{2cm}};$$

B - класс бетона по СП 52-101-2003;

R<sub>b</sub> - расчетное сопротивление бетона по СП 52-101-2003

Таблица 3.2

№ опыта	b, м	t, мкс	V, м/с	R <sub>i</sub> , МПа	$\bar{R} - R_i$ , МПа	$(\bar{R} - R_i)^2$ , МПа	S, МПа	ν	B*, МПа	B, МПа	R <sub>b</sub> , МПа
1											
2											
3											
4											
5											
6											

### 3. Определение характеристик армирования железобетонной балки

Фактические характеристики армирования определяют с помощью электромагнитного прибора согласно ГОСТ 22904-78. Для определения величины защитного слоя бетона  $h_{з.с.}$  и диаметра арматуры  $d$  регистрируются показания прибора при расположении датчика над арматурным стержнем без прокладки под зондом ( $h_1$ ) и с прокладкой толщиной  $\Delta$  ( $h_2$ ) на всех диапазонах измерения прибора. Результаты фиксируются в табл. 3.3.

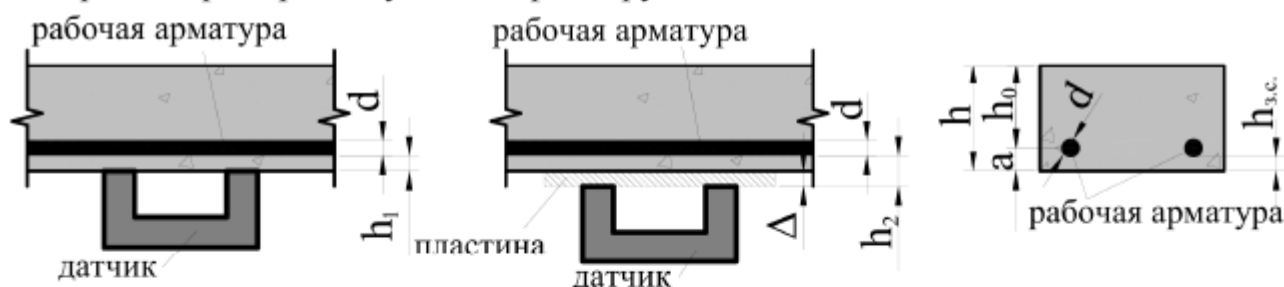


Рис.3.2 Схема определения диаметра арматуры и величины защитного слоя бетона железобетонной балки.

Таблица 3.3

Диапазон измерений, мм	$h_1$ , мм	$h_2$ , мм	$(h_2 - h_1)$ мм	Выводы:
6				$n =$ _____ шт.;
8				$\Delta =$ _____ мм;
10				$d =$ _____ мм;
12				$h_{з.с.} =$ _____ мм;
14				$a = h_{з.с.} + d/2 =$ _____ мм;
16				$h_0 = h - a =$ _____ мм;
				$A_s =$ _____ мм <sup>2</sup> ;
				$R_s =$ _____ МПа.

Примечание: Класс рабочей арматуры определяется после вскрытия бетона или по результатам исследования методами проникающих излучений по типу периодического профиля.

### 4. Определение наличия дефектов

Видимые дефекты и повреждения выявляются в ходе визуального осмотра. Результаты заносятся в дефектную ведомость (табл.3.4) и показываются на схеме балки.

Таблица 3.4

№ п/п	Описание дефекта	Место расположения дефекта
1		
2		
3		
4		



Рис.3.3 Схема балки с указанием дефектов и повреждений

### 5. Расчетная схема конструкции

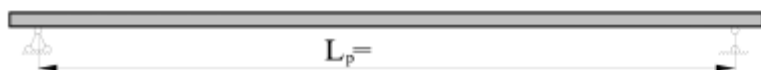


Рис.3.4 Расчетная схема балки с указанием действующих нагрузок

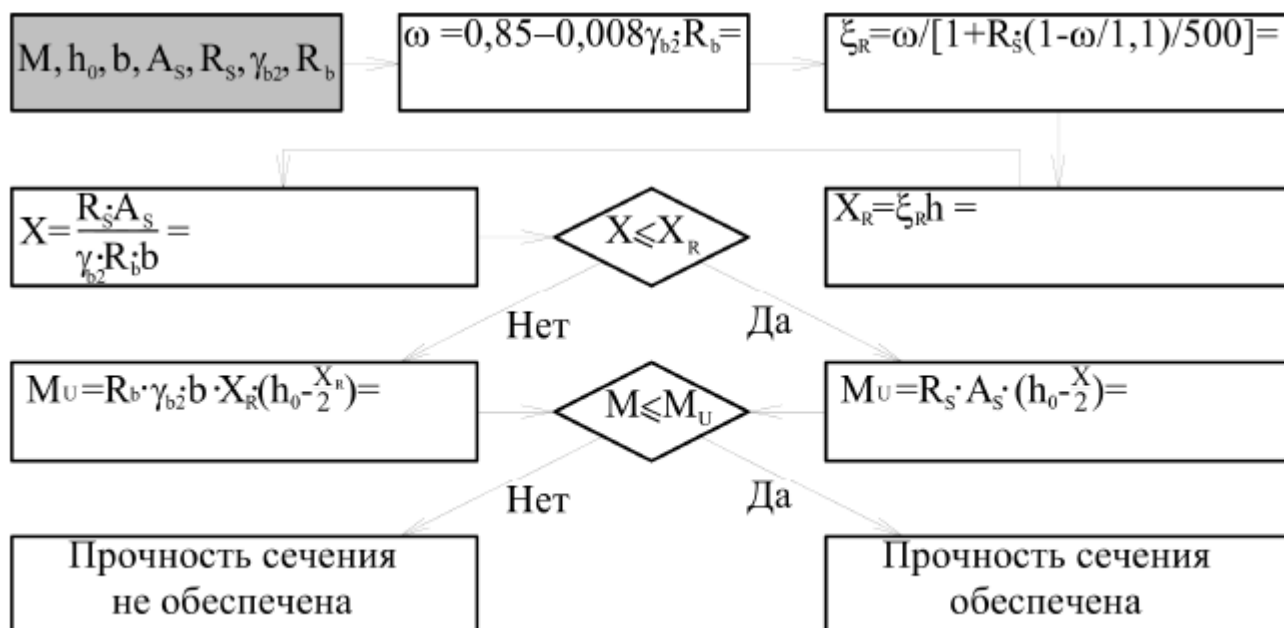
**Примечание:** Вид и величина нагрузки задается преподавателем



Рис.3.5 Эюра изгибающих моментов

### 6. Проверка прочности нормальных сечений

Расчёт прочности балки проводится с помощью блок-схемы.



**Примечание:** M – изгибающий момент в опасном сечении от внешней нагрузки

M<sub>u</sub> – максимальный момент в опасном сечении, который по расчету может выдержать балка

γ<sub>b2</sub> – коэффициент условий работы бетона, γ<sub>b2</sub> = 0,9

Выводы в соответствии с ГОСТ Р 53778-2010: \_\_\_\_\_

Подпись студента \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

### "Статические испытания монорельсового пути"

Цель работы: \_\_\_\_\_

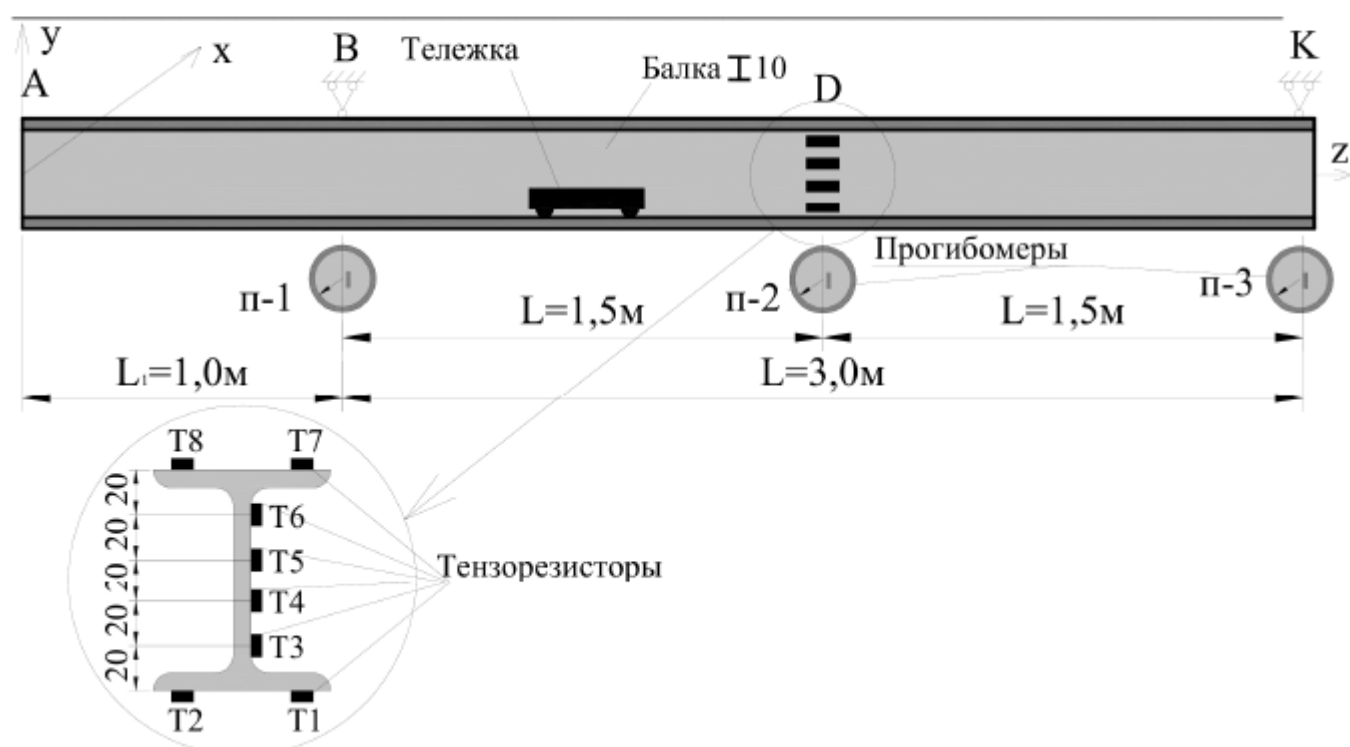


Рис.4.1 Схема монорельсового пути и расположения измерительных приборов

#### 1.Определение прогиба балки с учетом осадки опор

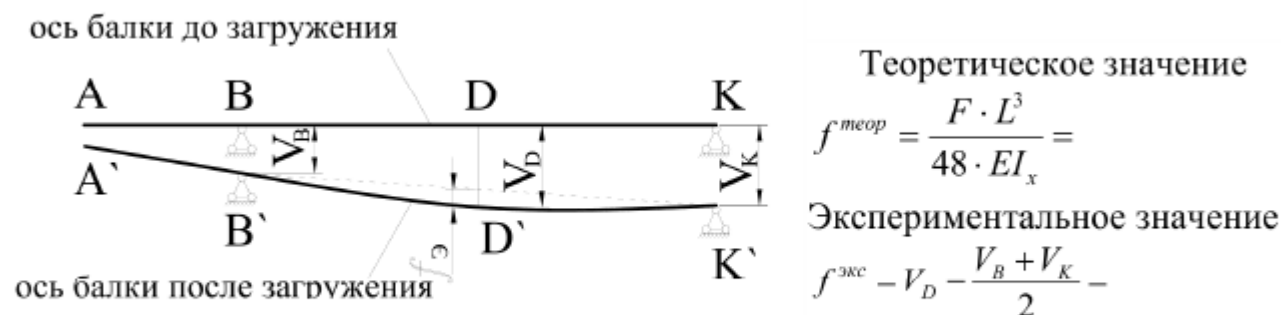


Рис.4.2 Схема определения прогиба балки

Таблица 4.1

№ прогибо- мера	Отсчеты по прогибомерам, мм		Вычислить			
	F=0	F=2500, Н	разность отсчетов, Δ, мм	прогиб, $f_{экс}$ , мм	прогиб, $f_{теор}$ , мм	$k_f = \frac{f_{экс}}{f_{теор}}$
п-1						
п-2						
п-3						

## 2. Определение напряжений в середине пролета балки

Экспериментальные значения напряжений вычисляются по формуле:

$$\sigma_z^{\text{экс}} = \frac{\Delta \cdot C \cdot E}{k_T};$$

- где  $\Delta$  - разность отсчетов по тензорезисторам;

$C$  - цена деления прибора в единицах относительного изменения сопротивления,  $C = 4 \cdot 10^{-6}$ ;

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

$k_T$  - коэффициент тензочувствительности тензорезисторов (см. п/р №1)  $k_T = \underline{\hspace{2cm}}$ .

$$\sigma_z^{\text{теор}} = \frac{M}{I_x} \cdot y_k;$$

$$M = \frac{F \cdot L}{4} =$$

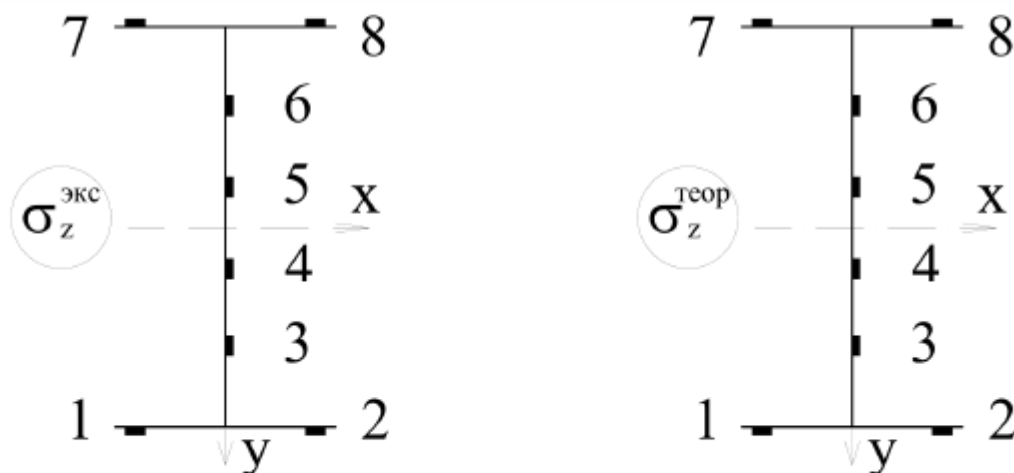
- где  $\underline{\hspace{2cm}}$  - теоретическое значение момента в середине пролета;  
 $L = 3,0$  м;  $I_x = 198 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$ ;

$y_k$  - расстояние от нейтральной оси до точки, в которой определяются напряжения

Таблица 4.2

№ тензорезистора	Отсчеты по тензорезисторам при:		Вычислить			
	F=0	F=2500,Н	разность отсчетов, $\Delta$	напряжение $\sigma_z^{\text{экс}}$ , МПа	напряжение $\sigma_z^{\text{теор}}$ , МПа	$k_\sigma = \frac{\sigma_z^{\text{экс}}}{\sigma_z^{\text{теор}}}$
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

Построение эпюр напряжений для сечения в середине пролета балки



### 3. Построение линии влияния изгибающего момента для сечения в середине пролета балки

Экспериментальное значение изгибающего момента вычисляется по формуле:

$$M_z^{\text{экc}} = \frac{\Delta \cdot C \cdot E \cdot W_x}{k_T};$$

- где  $M_z^{\text{экc}}$  – экспериментальное значение изгибающего момента в середине пролета при различных положениях груза F.

$C$  - цена деления прибора;

$E$  – модуль упругости стали;

$k_T$  - коэффициент тензочувствительности тензорезисторов ;

$W_x$ - момент сопротивления двутаврового сечения балки,  $W_x=39,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ .

Теоретическое значение изгибающего момента вычисляется по формуле:

$$M_T = y \cdot F$$

- где  $y$  - ордината линии влияния момента в рассматриваемой точке от единичной нагрузки.

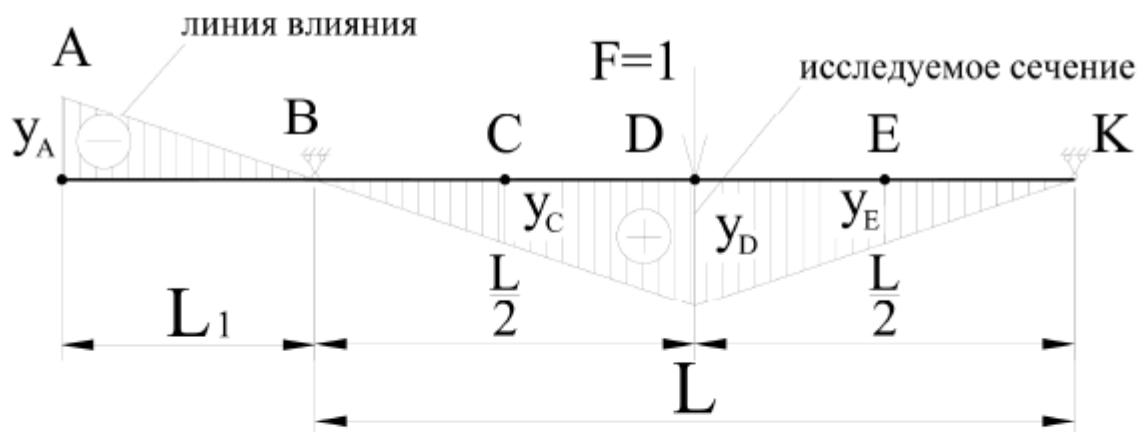


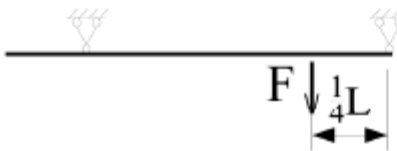
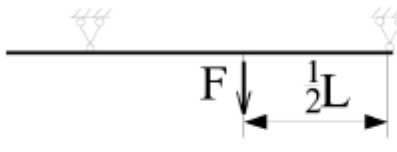


Рис.4.3 Линия влияния изгибающего момента в сечении D от единичной силы

$$y_D = \frac{\frac{L}{2} \cdot \frac{L}{2}}{L} = \underline{\hspace{2cm}};$$

$$y_C = y_E = \frac{y_D}{2} = \underline{\hspace{2cm}};$$

$$y_A = \frac{y_D \cdot L_1}{\frac{L}{2}} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

Таблица 4.3

№ тензорезистора	Положение груза на балке	Нагрузка Н	Отсчеты по тензорезисторам	Вычислить			
				Разность отсчетов $\Delta$	$M_z^{\text{экс}}$ Н·м	$M_z^{\text{теор}}$ Н·м	$k_M = \frac{M_z^{\text{экс}}}{M_z^{\text{теор}}}$
		F=0					
		F=2500					
		F=0					
		F=2500					
		F=0					
		F=2500					
		F=0					
		F=2500					

**Линия влияния изгибающего момента в сечении D от силы F=2500Н****Экспериментальная****Теоретическая**

A      B      C      D      E      K



A      B      C      D      E      K



Выводы: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Подпись студента \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

## "Динамические испытания балки в режиме свободных и вынужденных колебаний"

Цель работы: \_\_\_\_\_

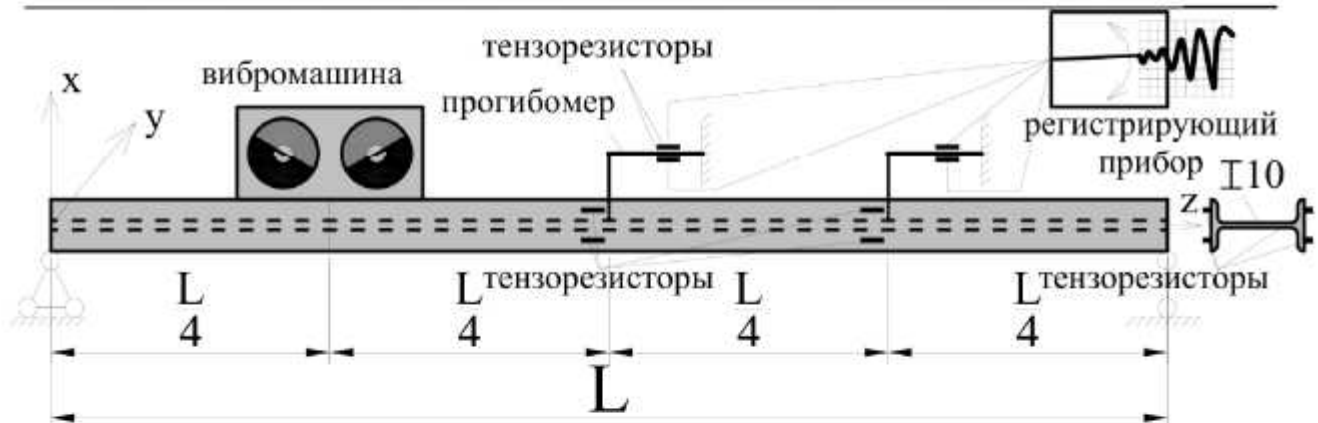
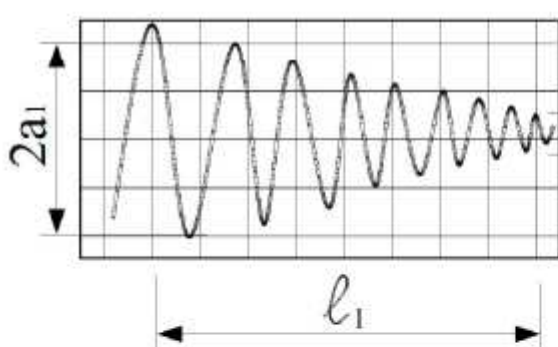


Рис.5.1 Схема экспериментальной установки и расположения измерительных приборов

### 1.Определение частоты свободных колебаний балки и декремента колебаний



$$f_0^{\text{э}} = n \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

- где  $f_0^{\text{э}}$  экспериментальное значение частоты собственных колебаний  
 $\lambda_1$  – длина выбранного отрезка виброграммы, содержащего целое число колебаний;

$\lambda_2$  – длина отрезка виброграммы, соответствующего одной секунде;

$n$  – число пиков колебаний на выбранном отрезке виброграммы длиной  $\lambda_1$ ;

$$\delta = \frac{1}{n-1} \lambda_1 \frac{2a_1}{2a_n} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ - логарифмический декремент колебаний,}$$

определяющий степень затухания собственных колебаний;

$a_1$  - амплитуда в начале выбранного отрезка виброграммы длиной  $\lambda_1$ ;

$a_n$  – амплитуда в конце выбранного отрезка виброграммы длиной  $\lambda_1$ ;

$$f_0^T = \frac{k^2 \cdot \pi}{2 \cdot L^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_y}{m}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

$k$  – коэффициент, зависящий от формы колебаний и численно равный числу длин полуволин балки;


$L=3,75\text{м}$  – длина балки;

$m=9,46 \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^2$  – погонная масса балки;

$E=2,1\cdot 10^5 \text{ МПа}$  – модуль упругости стали;

$I_y=17,9\cdot 10^{-8} \text{ м}^4$  – момент инерции сечения.


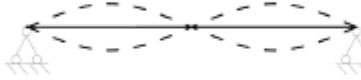
Таблица 5.1

№ вибро- граммы	Схема колебаний	n	$\lambda_1$ , мм	$\lambda_2$ , мм	$2a_1$ , мм	$2a_n$ , мм	Вычислить			
							$\delta$	$f_0^{\text{э}}$ , Гц	$f_0^T$ , Гц	$k_f = \frac{f_0^{\text{э}}}{f_0^T}$
1										

Виброграмма 1

## 2. Определение резонансных частот колебаний балки $f_B$ .

Таблица 5.2

№ вибро- граммы	Схема колебаний	n	$\lambda_1$ , мм	$\lambda_2$ , мм	Вычислить		
					$f_B^{\text{э}}$ , Гц	$f_0^T$ , Гц	$k_f = \frac{f_0^{\text{э}}}{f_0^T}$
2							
3							

### **3. Определение динамического коэффициента $K_d$ и динамического прогиба $Y_d$ .**

Динамический коэффициент определяют по формуле:

$$K_d = \frac{1}{\sqrt{(1 - (f_B^3 / f_0^3)^2)^2 + (f_B^3 / f_0^3)^2 \cdot \delta^2 / \pi^2}} = \underline{\hspace{10cm}};$$

Динамический прогиб:

$$Y_d = Y_{CT}^T \cdot K_d = \underline{\hspace{10cm}}$$

- где  $Y_{CT}^T$  - теоретическая величина статического прогиба в предположении статического действия силы, возникающей от вращения эксцентриков вибромашины.

$$Y_{CT}^T = \frac{P_{\max} \cdot L^3}{82 \cdot EI_y} = \underline{\hspace{10cm}};$$

- где  $P_{\max}$  - сила, возникающая от вращения эксцентриков вибромашины.

$$P_{\max} = 2m_0 \cdot \omega_B^2 \cdot r_0 = \underline{\hspace{10cm}};$$

- где  $m_0 = 0,15 \text{ кг}$  – масса каждого из эксцентриков вибромашины;  
 $r_0 = 1,44 \cdot 10^{-2} \text{ м}$  – радиус вращения центра массы эксцентрика;  
 $\omega_B$  - круговая частота вращения вибромашины;

$$\omega_B = 2\pi \cdot f_B^3 = \underline{\hspace{10cm}};$$

- где  $f_B^3$  – частота вынужденных колебаний, Гц

Выводы: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Подпись студента \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

### “Механические неразрушающие методы определения прочности материалов в конструкциях зданий и сооружений”

Цель работы: \_\_\_\_\_

#### Определение прочности и класса бетона ударно-импульсным методом.

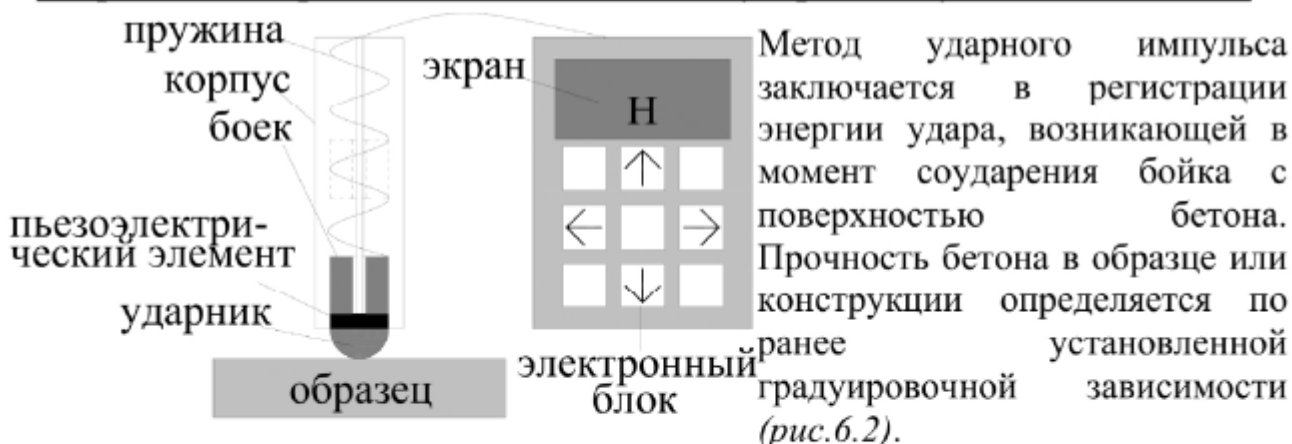


Рис.6.1 Принципиальная схема ударно-импульсного метода

Аналитическое выражение градуировочной зависимости «условная характеристика – прочность бетона»

$$R = -7,0 + 0,5 \cdot N$$

- где N – условная характеристика полученная по прибору

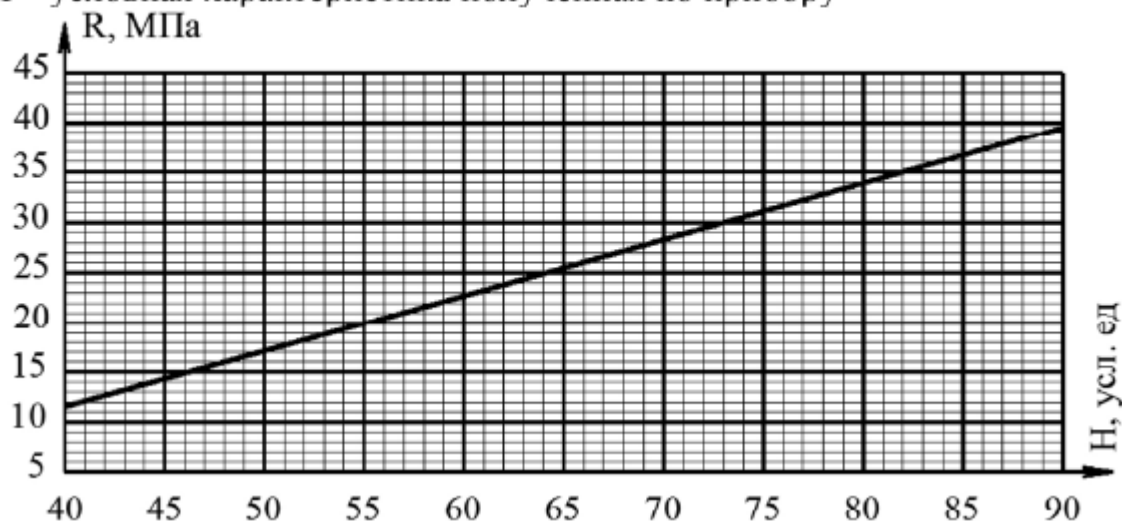


Рис.6.2 Градуировочная зависимость «условная характеристика – прочность бетона»

**Примечание:** Градуировочная зависимость получена ранее по результатам ударно-импульсных неразрушающих и стандартных разрушающих испытаний контрольных кубов того же состава, что и бетон конструкции.

Фактический класс бетона определяют по полученным результатам статистических расчетов с учетом формул:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} = \text{_____}; \text{-среднее значение прочности бетона, МПа;}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{R} - R_i)^2}{n-1}} = \text{_____}; \text{ - среднеквадратическое отклонение, МПа;}$$

Выполняется “отбраковка” аномальных результатов измерений:

$$T_i = \frac{[R_i - \bar{R}]^{MAX}}{S} = \text{_____};$$

- где  $T_i$  – критерий “отбраковки”  $i$ -го результата испытаний. Результат не учитывается при расчете, если  $T_i > T_k$  (где  $T_k$  – контрольная величина, определяемая по таблице 6.1).

Таблица 6.1

Количество результатов испытаний	3	4	5	6	7	8
$T_k$	1.74	1.94	2.08	2.18	2.27	2.33

$$v = \frac{S}{\bar{R}} = \text{_____}; \text{ - коэффициент вариации прочности бетона;}$$

$$B^* = \bar{R}(1 - 1,64v) = \text{_____}; \text{ - фактическая величина,}$$

соответствующая классу бетона по прочности на сжатие В, МПа.

$B$  - класс бетона по СП 52-101-2003

$R_b$  - расчетное сопротивление бетона по СП 52-101-2003

Таблица 6.2

Таблица 3.12									
№ опыта	Условная хар-ка, $H$ , усл.ед	Прочность $R_i$ , МПа	$\bar{R} - R_i$ , МПа	$(\bar{R} - R_i)^2$ , МПа	$S$ МПа	$\nu$	$B^*$ , МПа	$B$ , МПа	$R_b$ , МПа
1									
2									
3									
4									
5									
Вывод о прочности бетона:									

## **2.Определение прочности и класса бетона методом упругого отскока.**



Метод упругого отскока заключается в измерении величины обратного отскока ударника после соударения его с поверхностью бетона. Прочность бетона в образце или конструкции определяется по ранее установленной градуировочной зависимости (рис.6.4).

Рис.6.3 Принципиальная схема метода упругого отскока

Аналитическое выражение градуировочной зависимости «величина отскока – прочность бетона»

$$R = 6,0 + 0,4 \cdot h$$

- где *h* – величина отскока полученная по прибору

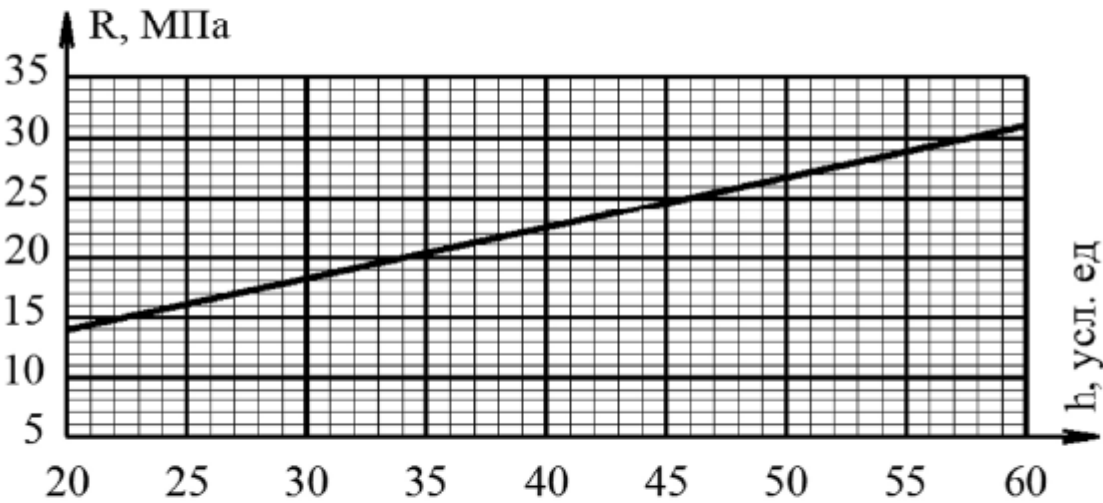


Рис.6.4 Градуировочная зависимость «величина отскока – прочность бетона»

Фактический класс бетона определяют по полученным результатам статистических расчетов с учетом формул:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} = \underline{\hspace{2cm}}; \quad S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{R} - R_i)^2}{n-1}} = \underline{\hspace{2cm}};$$

Выполняется “отбраковка” аномальных результатов измерений в соответствии с таблицей 6.1:

$$T_i = \frac{[R_i - \bar{R}]^{MAX}}{S} = \underline{\hspace{2cm}};$$

$$\nu = \frac{S}{\bar{R}} = \underline{\hspace{2cm}}; \quad B^* = \bar{R}(1 - 1,64\nu) = \underline{\hspace{2cm}};$$

Таблица 6.3

№ опыта	Величина отскока, $h$ , усл.ед	Прочность $R_i$ , МПа	$\bar{R} - R_i$ , МПа	$(\bar{R} - R_i)^2$ , МПа	$S$ МПа	$\nu$	$B^*$ , МПа	$B$ , МПа	$R_b$ , МПа
1									
2									
3									
4									
5									
Вывод о прочности бетона:									

### 3. Определение поверхностной твердости металла методом пластической деформации.

Метод пластической деформации основан на сравнении размеров отпечатка, который остался на поверхности материала и на поверхности эталонного стержня, после соударения с ними стального шарика, при известной твердости эталонного стержня.

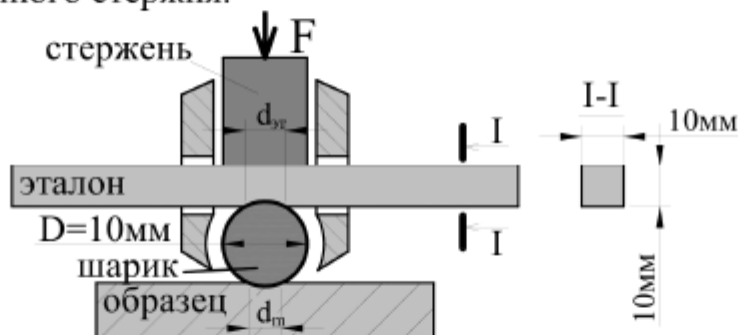


Рис.6.5 Принципиальная схема определения твердости металла с помощью прибора Полюди

Обработку полученных результатов проводят по следующим формулам:

$$HB_i = HB_{э} \frac{D - \sqrt{D^2 - d_{э}^2}}{D - \sqrt{D^2 - d_m^2}},$$

- где  $HB_i$  - твердость металла конструкции на  $i$ -том участке испытаний;

$HB_{э} = 1720 \text{ МПа}$  – твердость эталонного стержня;  $D=10 \text{ мм}$  - диаметр шарика;

$d_{э}$  - диаметр отпечатка шарика на эталонном стержне;

$d_m$  - диаметр отпечатка шарика на металле конструкции.

$$\overline{HB} = \frac{\sum_{i=1}^n HB_i}{n} = \text{_____} - \text{среднее значение твердости металла конструкции;}$$

$$\sigma_b = \kappa \cdot \overline{HB} = \text{_____} - \text{временное сопротивление металла конструкции;}$$

- где  $\kappa = 0,35$  – коэффициент для малоуглеродистых сталей.

Таблица 6.4

№ удара	Диаметры отпечатков		Твердость $HB_i$ , МПа	$\overline{HB}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа
	на металле $d_m$ , мм	на эталоне $d_{эm}$ , мм			
1					
2					
3					
4					
5					
Вывод:					

Выводы: \_\_\_\_\_

Подпись студента \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
<b>Лабораторная работа № 1.</b> Тензорезисторный метод исследования напряженно-деформированного состояния материала конструкций.....	4
<b>Лабораторная работа № 2.</b> Ультразвуковой импульсный метод исследования свойств строительных материалов в образцах, конструкциях и сооружениях...	7
<b>Лабораторная работа № 3.</b> Освидетельствование элементов сооружения на примере железобетонной балки.....	10
<b>Лабораторная работа № 4.</b> Статические испытания монорельсового пути.....	13
<b>Лабораторная работа № 5.</b> Динамические испытания балки в режиме свободных и вынужденных колебаний.....	17
<b>Лабораторная работа № 6.</b> Механические неразрушающие методы определения прочности материалов в конструкциях зданий и сооружений.....	20

Подписано в печать  
И-                    Объем 1,75

Формат 60x84<sup>1/8</sup>  
Тираж

Печать офсетная  
Заказ

Типография