

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА" МОСТЫ И ТРАНСПОРТНЫЕ ТОННЕЛИ"

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ  
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО КУРСУ «СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
КОНСТРУКЦИИ»**

(для бакалавров по направлению 5580200 «Строительство зданий и сооружений»)

Ташкент – 2010 г.

Методические указания посвящены статическому испытанию основных прочностных и деформативных свойств бетона и арматуры, а также некоторых опытных моделей из железобетона.

Кроме того, приводятся иллюстративные рисунки по видам измерительных приборов и аппаратуры, применяемые в настоящие времена при проведении испытания с использованием метода их установки и измерения.

Составители: ст. преп. **Шожалилов Ш.Ш.**

асс. **Эргашев А.Т.**

Выходные данные:

Формат А5      Заказ      Тираж 30  
Объем 1,63 печ. лист      М.У. ТАДИ

Проведение натурных испытаний сооружений и отдельных конструкций в лабораторных условиях позволяет студентам получить достаточные знания о действительной их работе под нагрузкой

Испытания конструкций проводят как неразрушающими, тек и разрушающими методами. Для решения конкретных задач существенное значение имеет система контроля качества материалов и конструкции с помощью методов и приборов неразрушающего контроля – ультразвукового, рентгеновского, радиометрического и приборов механического действия.

Лабораторные работы по курсу "Строительные конструкции" предусмотрена программой учебного плана по подготовке бакалавров направления «Строительство зданий и сооружений».

Приводятся основные данные по видам измерительных приборов и аппаратуры, а также излагаются методы измерений.

В методической работе рассматриваются статические испытания по определению основных прочностных и упругих свойств бетона и арматурной стали, а также мелкоразмерные модели из железобетона.

Полученные лабораторные данные по этим и другим испытанным материалом и конструкциям будут занесены в «Журнал лабораторных работ».

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Приборы и приспособления, применяемые при испытании строительных материалов и конструкций. Определение физико –механических характеристик бетона и стальной арматуры.
2. Исследование несущей способности, деформативности и трещиностойкости железобетонных изгибаемых элементов с обычной арматурой.
3. Исследование несущей способности, деформативности и трещиностойкости железобетонных изгибаемых элементов с напрягаемой арматурой.
4. Исследование несущей способности и деформативности железобетонных сжатых элементов.

## **Руководство к лабораторной работе № 1.**

Приборы и приспособления, применяемые при испытании строительных материалов и конструкций. Определение физико –механических характеристик бетона и стальной арматуры.

### **1. Цель лабораторной работы.**

1. Изучение принципа действия и устройства наиболее распространённых механических приборов.
2. Приобретение навыков в пользовании приборами и приспособлениями при испытании бетона и стальной арматуры.
3. Определение физико –механических свойств бетона и арматуры.

### **II. Содержание работы**

#### **1. Механические приборы для определения прогибов, линейных и угловых деформаций.**

Изучаются следующие характеристики и особенности этих приборов: назначение и области применения, кинематические схемы; схема устройства; цена деления шкалы; способы установки при измерении деформации; отсчету по прибору.

В качестве изучаемых приборов и оборудования рекомендуются следующие типы:

1. Прогибомер системы Н.Н. Максимова (рис. 1);
2. Индикаторы (мессуры) часового типа (рис.2.);
3. Тензометр двухрычажный Гугенбергера (рис 3.);
4. Клинометры Стоппани с уровнем (рис. 4);
5. Тензометр системы проф. Аистова (рис.5.);

#### **Приборы неразрушающего контроля прочности бетона**

Изучаются следующие характеристики и особенности этих приборов: назначение и области применения; общая схема и работы; установка приборов на испытываемых образцах; определение прочности бетона; контроль натяжения арматуры; тарировочная кривая.

В качестве изучаемых приборов рекомендуются следующие типы:

1. Эталонный молоток Кашкарова (рис. 6);
2. Портативный прибор типа ХПС (рис. 8);
3. Пружинный пистолет «пушка» ЛИСИ (рис.9.);
4. Ультразвуковая измерительная аппаратура (рис.11.);
5. Тензорезисторы электрического сопротивления (рис.13.);
6. Регистрирующая измерительная аппаратура (рис.14.);
7. Рентгеновская и радиометрическая аппаратура (рис. 15,16);
8. Приборы для контроля натяжения арматуры типа ПРД-7 (рис. 7);  
ПИН (рис. 18); и ИПН – 7 (рис. 19);
2. Характеристики бетонных кубов и призм, а также арматурной стали.
3. Методы расстановки измерительных приборов на призматических образцах.
4. Определение опытных характеристик бетона: кубовая и призменная прочности бетона, модуль упругости, прочность бетона на растяжение при изгибе.
5. Определение опытных характеристик стальной арматуры: начальная площадь, относительное удлинение после разрыва, временной сопротивление, условный предел упругости.

### **III. Порядок выполнения работы**

Работа выполняется в лаборатории под руководством преподавателя и техперсонала. Знакомство с приборами осуществляется в следующей последовательности:

1. Устройство и основные характеристики приборов изучаются непосредственно по приборам, конспектом лекций, учебникам и плакатам.
2. Изучаются методы установки и основные правила работы с приборами:

А) установить с помощью штативов и струбцин индикаторы часового типа, прогибомер Максимова для измерений вертикальных перемещений отдельных точек балки, установить двухрычажный тензометр Гугенбергера для измерения деформаций, наклеить датчики сопротивления на бетон или арматуры, подключить к измерительной аппаратуре для измерения

деформаций;

Б) проверить правильность установки приборов на изучаемых образцах, при этом стрелки приборов должны отклоняться, а перезагрузке возвращаться в исходное положение;

В) научить студентов правильно снять отсчеты с приборов, а потом записывать отсчеты в журнал. На основе полученных данных вычисляются соответствующие напряжения и деформации с построением графика.

3. Внешний осмотр, размещение измерительных приборов на призме.

4. Испытание бетонных призм производится на гидравлическом прессе до разрушения по методике НИИЖБ.

5. Установка и центрировка призм производится при нагрузках  $0,2P_p$  и разница продольных деформаций на другой поверхности призм не должна превышать  $\pm 10\%$ .

6. Нагружения производится с постоянной скоростью ступенями в области до  $0,2P_p$  по  $0,05P_p$ , от  $0,2P_p$  до  $0,8P_p$ , по  $0,1P_p$  и от  $0,8P_p$  до момента разрушения по  $0,05P_p$ . На каждой ступени делается выдержка по 4-5 минут для снятия отсчета с приборов в начале и в конце ступени.

7. Деформации бетона контролируются с помощью индикаторов часового типа, тензорезисторами базой 50 мм или тензометрами.

8. Деформации арматуры замеряются с помощью парных тензорезисторов, тензометров или же деформометрами растяжения, устанавливаемыми на ребра арматурой стали.

#### Цель лабораторной работы

1. Определение физико –механических свойств бетона и арматуры.

Основной характеристикой прочностных свойств бетона является его марка по прочности на осевое сжатие или кубовая прочность.

Испытание контрольных образцов производят в соответствии /6/. Предел прочности бетона при сжатии определяются по формуле:

$$R = \alpha P / A_b$$

Где  $\alpha$  — переводной коэффициент к прочности эталонного образца – куба 15\*15\*15 см;  $P$  – разрушающая нагрузка, кН;  $A_b$  – средняя рабочая площадь образца, см<sup>2</sup>.

При испытании и определении кубиковой прочности различных размеров необходимо приводить к прочности эталонного образца следующие значения:

Куб ребром: 70мм – 0,85

100мм – 0,91

150мм – 1,00

200мм – 1,05

Определение величины призменной прочности в настоящее время не стандартизовано и обычно принимают образцы размерами 10\*10\*10 см; 15\*15\*15 см и 20\*20\*20 см.

Предел прочности бетонной призмы при сжатии определяют по формуле:

$$R_b = \frac{P}{A_b}$$

Начальный модуль упругости бетона определяют как отношение нормальных напряжений к относительным деформациям бетона при значении напряжения, равном  $0,2R_b$ .

$$E = \frac{\sigma_b}{\varepsilon_b} \text{ при } \sigma_b = 0,2R_b$$

Определение предела прочности бетона при растяжении производится путем испытания балочек на изгиб размерами 10x10x40 см, 15x15x60 см и 20x20x80 см.

При определении прочности бетона на растяжение различных размеров необходимо приводить к прочности эталонного образца:

$\gamma = 1,05$  для 10x10x40 см,  $\gamma = 1,00$  для 15x15x60 см и  $\gamma = 0,95$  для 20x20x80 см. Предел прочности бетона на растяжение при изгибе вычисляют по формуле:

$$R_{btu} = \gamma \frac{P_c l}{ab^2}$$

Где,  $\gamma$  - переводной коэффициент к прочности эталонной балочки 15\*15\*60;  
 Рс – разрушающая нагрузка, кН;  $l$  – расстояние между опорами; - ширина поперечного сечения балочки, см.

### Механические характеристики арматуры.

Прочностные свойства, предназначенные для армирования обычных и предварительно напряженных железобетонных конструкций, устанавливают методом статистических испытаний на растяжение.

Характеристики механических свойств, определяемые при испытании арматурной стали имеют следующие определение:

1. Начальную площадь поперечного сечения  $A_s$  в  $\text{мм}^2$  необработанных образцов арматуры вычисляют по их весу и длине по формуле:

$$A_s = \frac{Q}{\gamma l}, \quad (5)$$

Где  $Q$  – масса испытываемого образца в г;

$l$  – длина испытываемого образца в мм,

$\gamma$  – удельная масса стали 0,00785 г/мм<sup>3</sup>.

2. Относительное удлинение после разрыва в % - изменение расчетной длины образца, в пределах которой произошел разрыв, выраженное в процентах от первоначальной расчетной длины определяется по формуле:

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} 100\%, \quad (6)$$

Где  $l_0$  – начальная расчетная длина в мм – участок образца, на котором определяется удлинение;  
 $l_k$  – конечная расчетная длина в мм – расчетная длина, измеренная после разрыва образца на участке включающем место разрыва.

3. Временное сопротивление, определяемое по силоизмерителю, соответствующее наибольшей нагрузке  $P_{\max}$ , при которой происходит разрыв арматуры:

$$\sigma_n = \frac{P_{\max}}{A_s}, \quad (7)$$

. Наименьшую нагрузку  $P_t$ , определенную по шкале пресса, при которой деформация образца происходит без заметного увеличения усилия, и принимают за нагрузку, соответствующую пределу текучести (физическому) который определяют по формуле:

$$\sigma_n = \frac{P_t}{A_s} \quad (8)$$

А) Условный предел текучести определяют по формуле:

$$\sigma_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{A_s} \quad (9)$$

Б) Предел упругости подсчитывают по формуле:

$$\sigma_{0,02} = \frac{P_{0,02}}{A_s}, \quad (10)$$

Результаты замеров нагрузок и деформаций заносят в журнал лабораторных работ.

## Руководство к лабораторной работе № 2

Исследование несущей способности, деформативности и трещиностойкости железобетонных изгибаемых элементов с обычной арматурой.

### I. Цель лабораторной работы.

1. Исследование опытных железобетонных балок. Определение момента появления трещин, развитие и конечная допустимая ширина их раскрытия, а также прогибы. Разрушения образца.

### П. Содержание работы.

В лабораторном занятии студенты изучают и выполняют работы:

1. Характеристики опытных балок.
2. Методы расстановки измерительных приборов на опытных балках.
3. Определение опытных величин момента трещинообразования, ширины раскрытия трещин, прогибов.
4. Обработка результатов испытаний и сравнение с расчетными данными. Занесение в журнал полученных сведений.

### III. Порядок выполнения работы.

Испытания проводятся на опытных железобетонных балках в соответствии с требованиями под руководством преподавателя и техперсонала лаборатории.

1. Испытания балок производят на лабораторной рамной установке с помощью гидродомкрата. Нагрузка на балку передается ступенями с выдержкой в течение 4-5 мин для снятия показаний приборов. Величина нагрузки на каждой ступени до ожидаемого образования нормальных трещин  $0,2P_t$  составляет  $0,05P_t$ , в области от  $0,2P_t$  до  $0,8P_t$  величина принимается  $0,1P_p$  а от  $0,8P_p$  до разрушения  $-0,05P_p$ .

2. Деформация бетона в зоне чистого изгиба определяются с помощью индикаторов, тензодатчиков или тензометров, установленных в растянутой и сжатой зонах опытной балки. Схема установки измерительных приборов на опытной балке показана на рис. 4.

3. После окончания испытаний полученные опытные данные обрабатываются, строятся графики и заносятся в журнал лабораторных работ.

### Руководство к лабораторной работе № 3.

Исследование несущей способности деформативности и трещиностойкости железобетонных элементов с напрягаемой арматурой.

#### I. Цель лабораторной работы.

Исследование работы изгибаемых элементов при воздействии кратковременной нагрузки производится для элементов произвольного сечения. Изучение особенности работы железобетонных балок с преднапряженной арматурой с учетом определения момента трещинообразования, ширины раскрытия трещин, прогибов в балках.

#### II. Содержание работы.

В период проведения занятий студенты изучают и выполняют следующие работы.

1. Внешний осмотр балки, ознакомление со схемами расстановки приборов на опытной балке и занесение их в журнал лабораторных работ.
2. Проведение испытания балки согласно этапов загружения. Замеры деформации бетона по крайним сжатым и растянутым волокнам с построением эпюры напряжений в сечении, ширины раскрытия трещин и прогибов.
3. Сравнение опытных и расчетных прогибов, раскрытия трещин и деформаций волокон.
4. Обработка результатов испытаний и занесение в журнал лабораторных работ.

### III. Порядок выполнения работы.

Испытания проводятся на преднапряженных балках в соответствии с требованием ГОСТ при участии преподавателей и технического персонала.

1. Проверить размещения на балках измерительных приборов и приспособлений.
2. Замеры фактических геометрических размеров сечения опытных балок.
3. Определение характеристики механических свойств бетона и арматуры.

В начале испытаний снимают нулевые отсчеты всех приборов, затем устанавливают гидродомкраты и проверяют работу приборов. Дальнейшее нагружение осуществляют поэтапно, вплоть до разрушения или до появления первых трещин. Трещины замеряют с помощью микроскопа МНБ-2. Цикл загружения состоит из 10-12 ступеней. Отсчеты по приборам снимают дважды: сразу после нагружения и в конце выдержки. Выдержка осуществляется для снятия отсчета (2-3 мин).

Сравнение опытных и расчетных разрушающих моментов.

Образование трещин, нормальных к продольной оси элементов, замеряют визуально с помощью оптического микроскопа МНБ-2, а также фиксируют с помощью цепочки

тензодатчиков, наклеенных на растянутой грани сечения. Результаты опытных моментов трещинообразования обрабатываются и сравниваются с расчетными значениями, подсчитанными по формуле КМК 2.03.01 –96.

#### **Руководство к лабораторной работе № 4**

Исследование несущей способности и деформативности железобетонных сжатых элементов.

##### **I. Цель лабораторной работы.**

1. Изучение работы железобетонных элементов при внецентренном нагружении с целью выявления их несущей способности и деформативности.
2. Сравнение опытных и теоретических значений разрушающих усилий испытываемых железобетонных сжатых элементов.

##### **II. Содержание работы.**

При выполнении лабораторной работы студентами выполняются следующие работы:

1. Внешний осмотр и замеры геометрических размеров опытной колонны. Схема размещения приборов на колонне и её испытания. Занесения отсчетов по прибором в журнал лабораторных работ.
2. Проведение испытания колонны. Определение деформации по граням опытной колонны. Сравнение опытных и расчетных разрушающих нагрузок для двух случаев внецентренного приложения нагрузки.
3. Обработка результатов испытаний и оформления журнала лабораторных работ.

##### **III. Порядок выполнения работы**

Испытание колонны проводится в соответствии с требованиями ГОСТ при участии преподавателей и технического персонала.

Колонну следует испытать на вертикальную нагрузку гидравлическим прессом. Во время эксперимента замеряются деформации бетона с помощью индикаторов, тензорезисторов или тензометров.

Фиксирует момент появления трещин и их развитие в растянутой зоне. Отсчеты по приборам снимаются в начале загружения и в конце.

Обработка и анализ результатов расчета и опытных данных по несущей способности и деформативности испытываемой колонны сводят в журнал лабораторных работ.

## Литература

- 1.О.В. Лужин и др. Обследование и испытание сооружений. - М.: Стройиздат, 1987. – 264 с.
- 2.Ю.В.Зайцев и др. Проектирование и монтаж железобетонных конструкций. - М.: «Высшая школа», 1980, с. 256 – 278.
- 3.Ю.Д. Золотухин. Испытание строительных конструкций. – Минск, «Высшая школа», 1983. – 208 с.
- 4.В.Е.Гринберг., В.Г.Семетов., Г.Б.Шойхет. Контроль и оценка состояния несущих конструкций зданий и сооружений в эксплуатационный период. – Л.: Стройиздат, 1982. – 252 с.
- 5.О.В.Лужин и др. Неразрушающие методы испытания бетона. – М.: Стройиздат, 1985. –236 с.
6. ГОСТ 10180-78 Бетон тяжелый. Методы определения прочности;
7. ГОСТ 8829-77 Конструкции и изделия железобетонных сборных. Методы испытаний и оценки прочности, жесткости и трещиностойкости.
8. ГОСТ 22690-2-77. Бетон тяжелый. Методы определения прочности без разрушения приборами механического действия.
9. ГОСТ 12004-66 Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение
10. ГОСТ 22362-77 Методы измерения силы натяжения арматуры
11. Раупов Ч.С. Обследование и испытание конструкций, зданий и сооружений. Конспект лекций. ТАДИ, 2000.

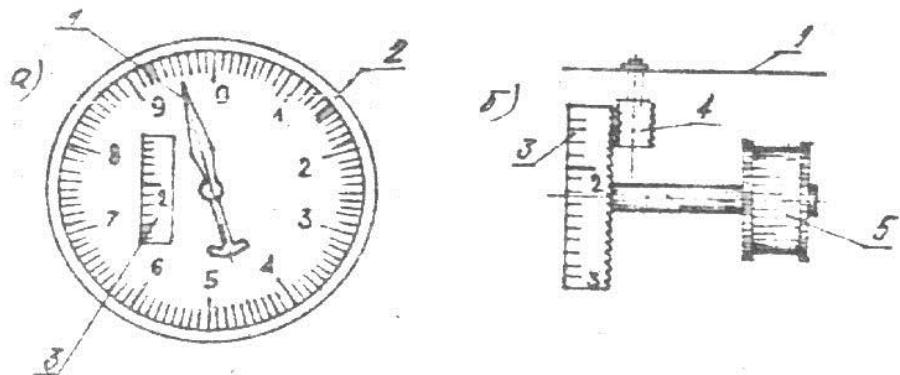


Рис. 1. Прогибомер системы Н.Н. Максимова.

А) общий вид; б) кинематическая схема; 1 - стрелка; 2 -шкала; 3 -барабан; 4 -зубчатые шестерни; 5 - шкив.

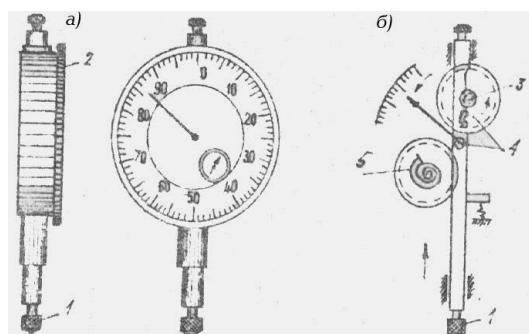


Рис. 2. Индикатор часового типа.

а) конструктивная схема; б) кинематическая схема; 1 - измерительный шток с зубчатой рейкой – кремальерой; 2 –цилиндрический корпус; 3 –соединительная трубка с шестеренкой; 4- шестеренка между кремальерой; 5- пружина

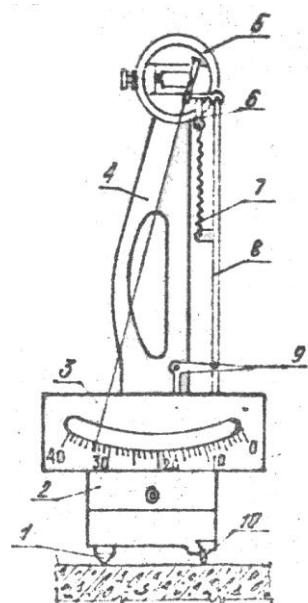


Рис. 3. Механический тензометр Гугенбергера.

1 –неподвижная нож; 2 –корпус; 3 –шкала; 4 –стрелка; 5 –ползунок; 6 –насадка; 7-пружина; 8 –рычаг; 9 –арретир; 10 –подвижный нож.

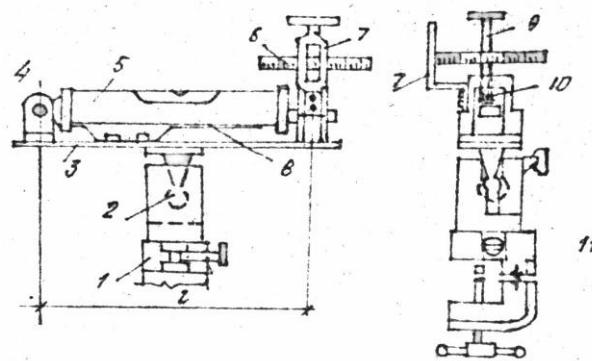


Рис. 4. Клинометр Стоппани.  
 1 – штифт; 2 – сферический шарнир; 3 – планка; 4 – шарнир; 5 – уровень; 6 – круглый диск; 7 – рамки; 8 – пластинчатая пружина; 9 – микрометрический винт; 10 – скоба; 11 – струбница.

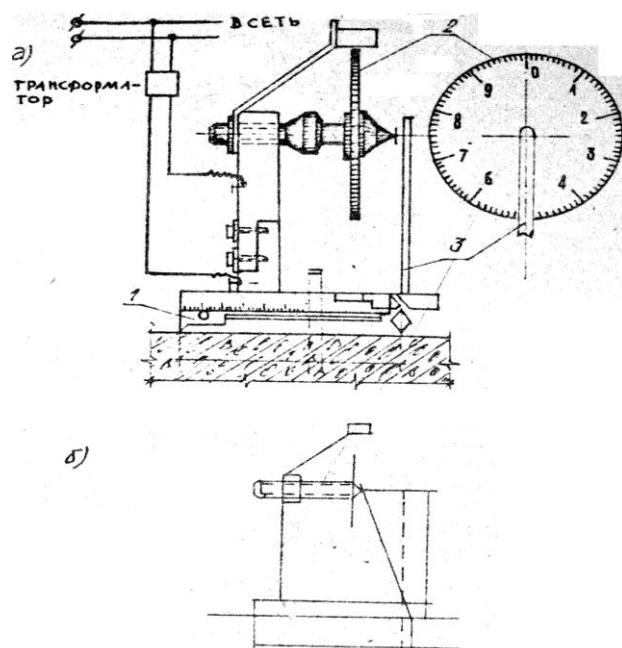


Рис. 5. Тензометр проф. Н.Н. Аистова  
 А) общая схема; б) кинематическая схема; 1 – неподвижный нож; 2 – диск шкалы; 3 – подвижной нож;

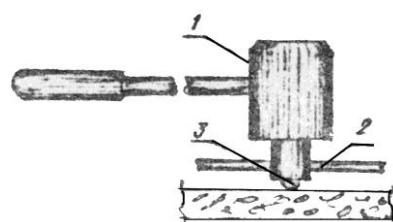


Рис. 6. Эталонный молоток Кашкарова.  
 1 – корпус; 2 – эталонный стержень; 3 – индентор (шарик);

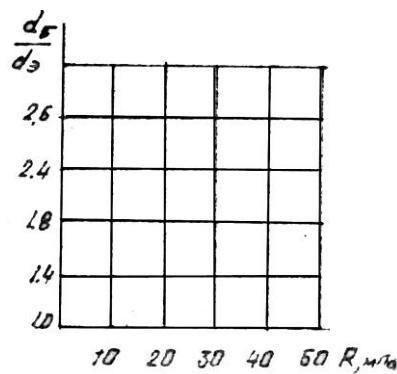


Рис. 7. Тарировочный график для определения класса бетона

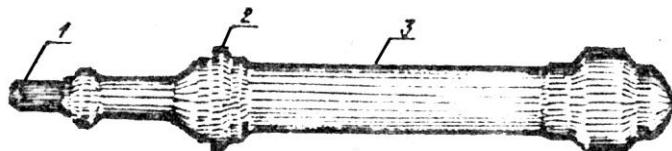


Рис. 8. Портативный прибор типа ХПС.

1 –ударный стержень; 2 –переключающий сегмент; 3 –корпус;

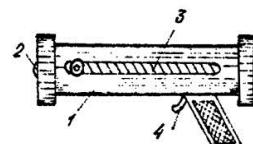


Рис. 9. Пружинный пистолет (пушка ЛИСИ).

1 –корпус; 2 –шариковый боек; 3 –стальная пружина; 4 –курок нажатия;

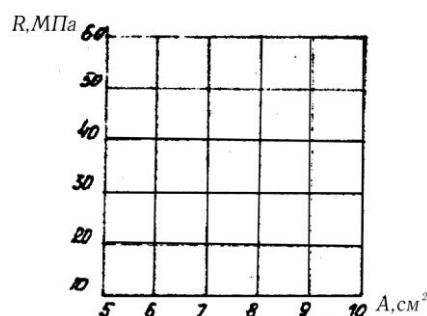


Рис. 10. Тарировочная кривая для определения класса бетона.

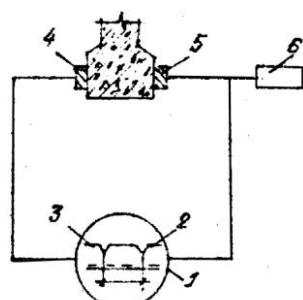


Рис. 11. Схема работы УКБ.

1 –Электронно –лучевая трубка; 2 –принятый импульс; 3 –посланный импульс; 4 –приемник; 5 –излучатель; 6 –генератор УКБ.

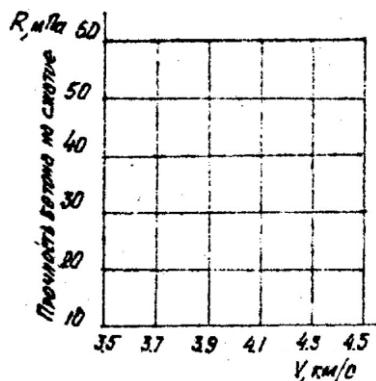


Рис. 12. Тарировочный график для определения класса бетона ультразвуковым прибором УКБ.

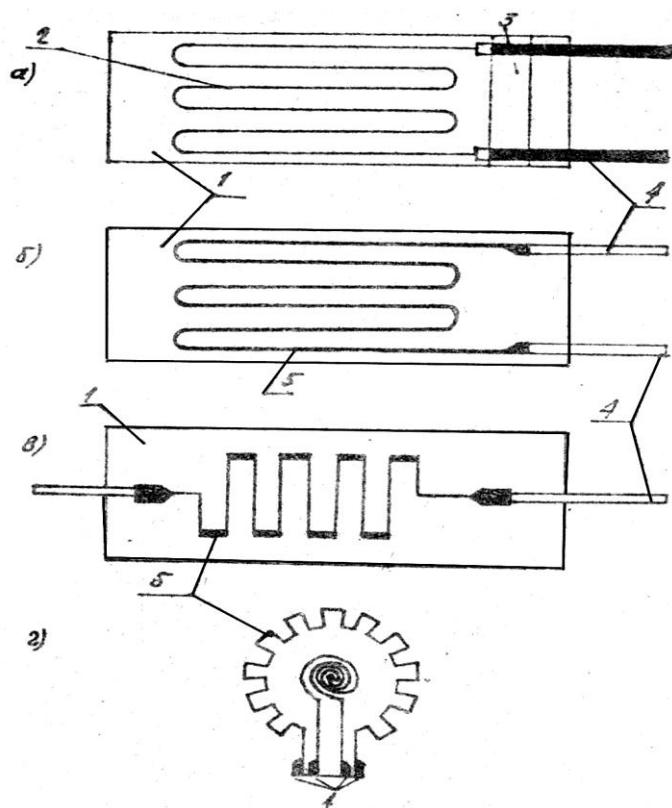


Рис. 13. Схемы тензорезисторов различных типов:

а) проволочный петлевой на бумажной основе; б) фольговый петлевой; в) фольговый короткобазный; г) фольговый мембранный сложной конфигурации; 1 – основа; 2 –контактная проволока; 3 –полоска бумаги; 4 –выводы; 5 –фольга;

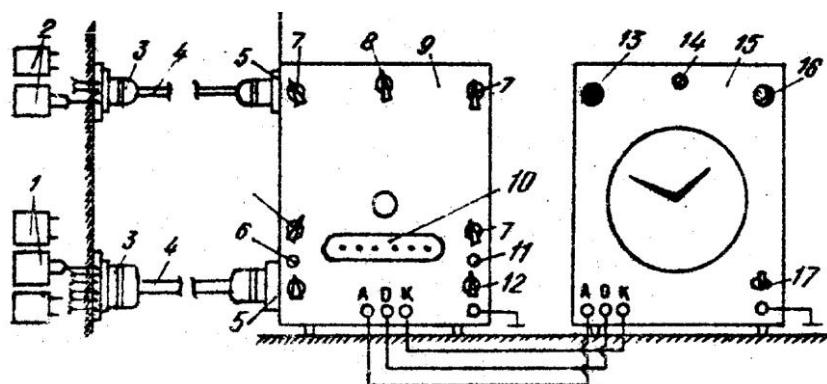


Рис. 14. Схема тензометрической установки для измерения деформаций с применением автоматического многоточечного переключателя.

1 – активные тензодатчики; 2- компенсационные тензодатчики; 3 – колодки; 4 – соединительные кабели; 5 –штеккерный разъем; 6 –кнопка пробега при ручной работе прибора; 7 –руочки программного устройства; 8 –ручка переключателя «ручная – автоматическая работа»; 9 –автоматический переключатель; 10 –пульт управления; 11 –кнопка ручного переключателя; 12 –кнопка ручного пробега; 13 –ручка тензочувствительности; 14 –электронный индикатор; 15 –измеритель деформации; 16 –ручка «фазировка»; 17 –тумблер включения сети измерителя деформаций.

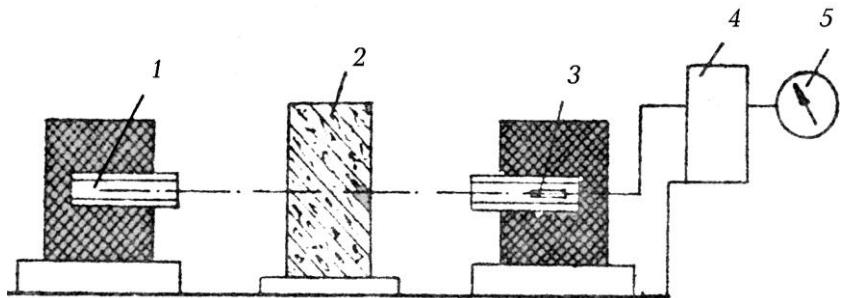


Рис.15. Схема установки контроля ионизирующим излучением.

1 –источник  $\gamma$  - лучей; 2 - исследуемая конструкция; 3 – счетчик заряженных частиц; 4 – измеритель скорости счета; 5 – стрелочный индикатор.

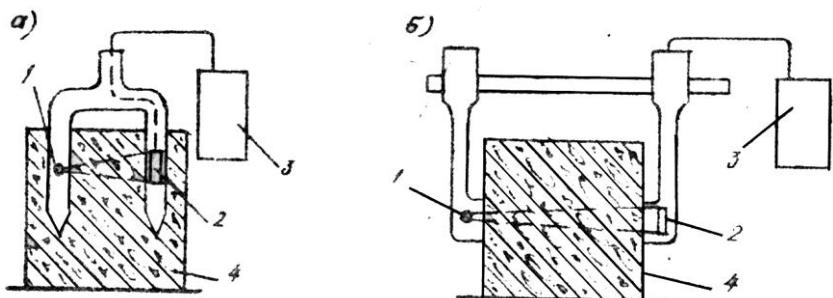


Рис16. Схемы сквозного просвечивания и рассеянного излучения. А) – вилочный зонд; б) – измеритель – скоба; 1 –источник излучения; 2 –приемник излучения; 3 –регистрирующая аппаратура; 4 –исследуемый материал;

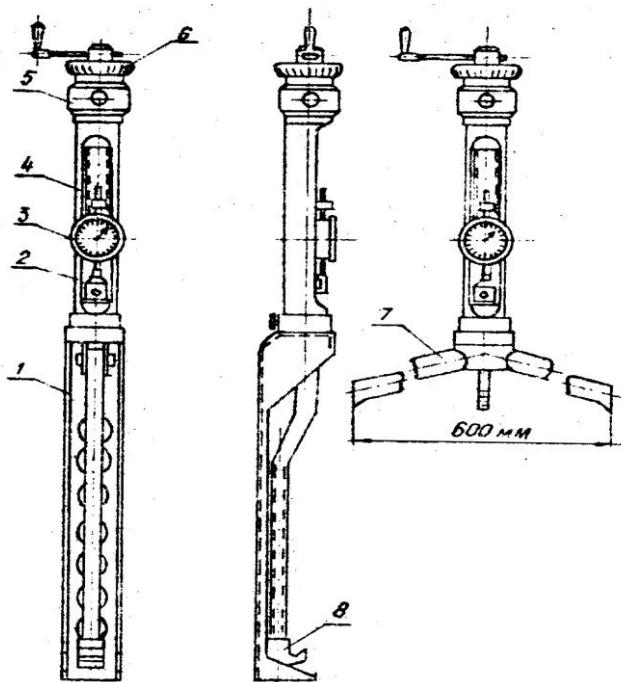


Рис. 17. Схема прибора ПРДУ.

1 –упор; 2 –пружина; 3 –индикатор; 4 –корпус; 5 –шарнир; 6 –лимб с ручкой; 7 –собственная база; 8 –крюк;

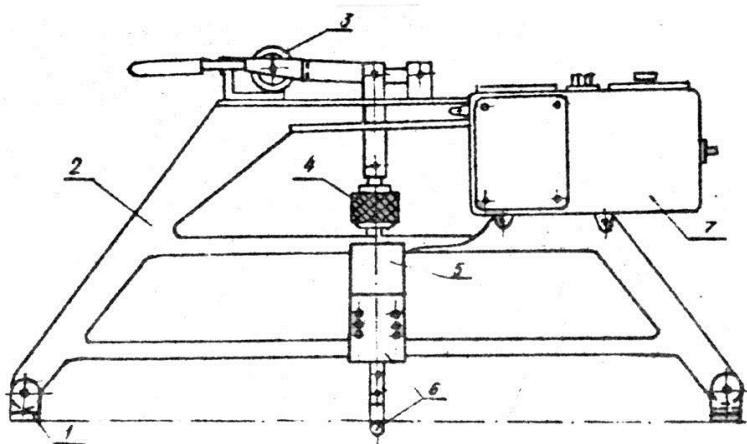


Рис. 18. Схема прибора ПИН.

1 –упоры; 2 -рама; 3 -эксцентрик; 4 –регулировочная гайка; 5 –упругий элемент с проволочными тензорезисторами; 6 -крючок; 7 –коробка с элементами электрической схемы.

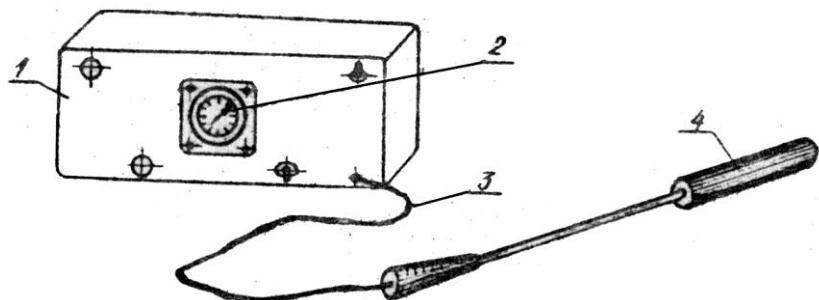


Рис. 19. Схема прибора ИПН –7.

1 –корпус прибора; 2 –счетчик; 3 -провод; 4 –преобразователь;