

# Практическое занятие 2

***Неразрушающие методы  
контроля качества  
материалов строительных  
конструкций  
(часть 2)***

**Классификация методов определения прочностных характеристик материалов и дефектоскопии обследуемых конструкций**



## **Цель и задачи работы**

**Цель работы** – ознакомление с методами и приборами неразрушающего контроля физико-механических характеристик материалов строительных конструкций.

Для достижения поставленной цели решаются следующие **задачи**:

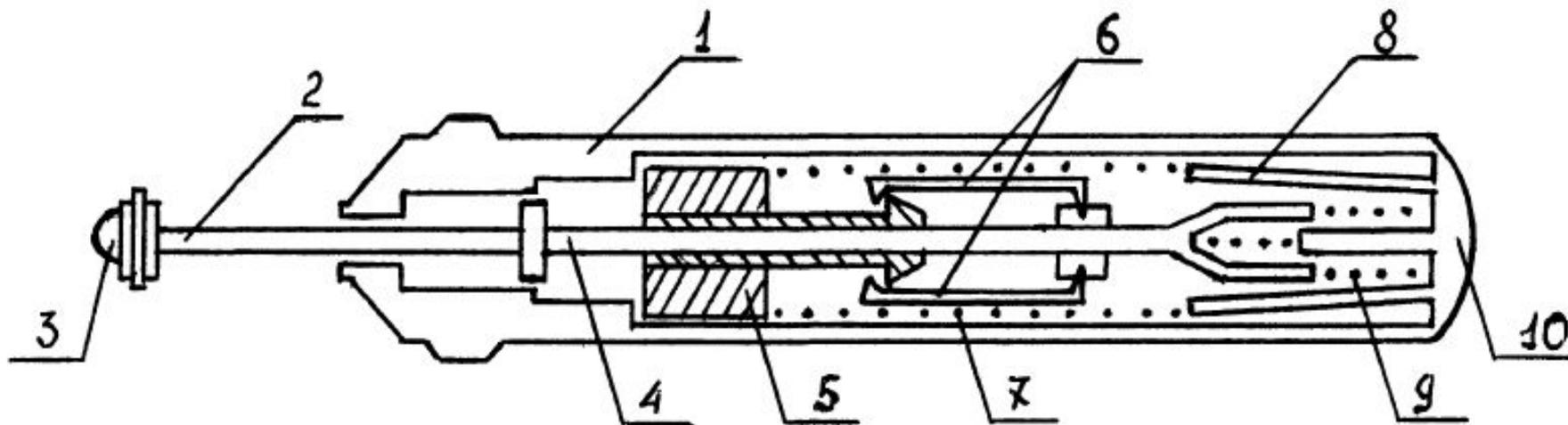
1. Определение прочности бетона и стали механическими неразрушающими методами.
2. Определение модуля упругости материалов импульсным ультразвуковым методом.
3. Определение толщины защитного слоя бетона, направления и диаметра арматуры в железобетонных конструкциях магнитным методом.

## Механические неразрушающие методы

1. **Общая характеристика методов.** В зависимости от положенной в основу физической сущности различают методы, основанные на связи прочности материала с
  - твёрдостью поверхностного слоя, оцениваемой по размерам отпечатка, получаемого в результате вдавливания в материал штампа (*индентора*) при статической или динамической нагрузке (*метод пластической деформации*);
  - упругими свойствами поверхностного слоя, которые оцениваются по величине отскока бойка прибора после его удара с нормированной энергией о поверхность образца (*метод упругого отскока*) или по величине электрического импульса, возникающего при отскоке (*метод ударного импульса*);
  - величиной усилий, которые необходимо приложить для разрушения (с помощью специальных приспособлений) небольшого участка конструкции (*методы местных разрушений бетона*).

## Механические неразрушающие методы

На рис. 1.3 приведена кинематическая схема прибора динамического действия – **пружинного молотка ПМ-2**, в котором используется метод одного отпечатка на бетоне (при нормированной энергии удара).

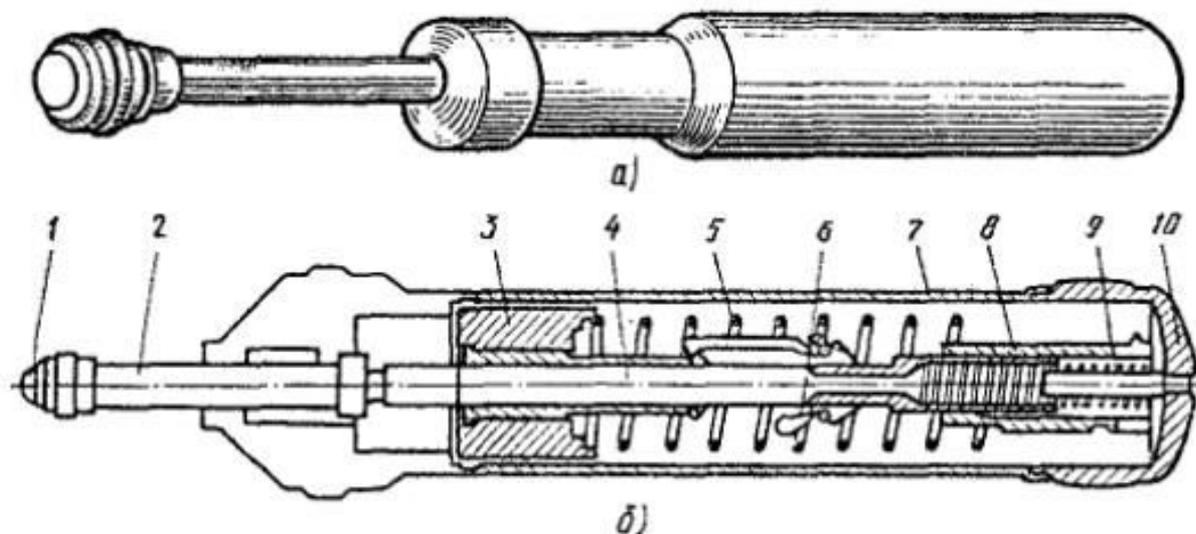


**Рис. 1.3.** Пружинный молоток ПМ-2: 1 – корпус прибора, 2 – ударник, 3 – стальной шарик ( $D = 17$  мм), 4 – шток бойка, 5 – боёк, 6 – защёлки с зубом, 7 – ударная пружина, 8 – втулка, 9 – возвратная пружина, 10 – задняя крышка

Прибор устанавливают перпендикулярно к поверхности бетонного образца или изделия. Нажимая рукой на заднюю крышку корпуса, ударник, шток и боёк с защёлками перемещают (вдавливают) в его внутреннее пространство.

## Механические неразрушающие методы

На рис. 1.3 приведена кинематическая схема прибора динамического действия – **пружинного молотка ПМ-2**, в котором используется метод одного отпечатка на бетоне (при нормированной энергии удара).



**Рис. 1.3.** Пружинный молоток ПМ-2: а - общий вид, б - схема прибора; 1 - шарик, 2 - ударник, 3 - боек, 4 - шток, 5, 9 - пружины, 6 - защёлка с зубом, 7 - цилиндрический корпус, 8 - втулка, 10 - крышка. Прибор устанавливают перпендикулярно к поверхности бетонного образца или изделия. Нажимая рукой на заднюю крышку корпуса, ударник, шток и боёк с защёлками перемещают (вдавливают) в его внутреннее пространство.

## Механические неразрушающие методы

Ударная пружина при этом сжимается до тех пор, пока защёлки не дойдут до конической втулки, где они раскрываются, освобождая боёк; последний под действием пружины ударяет по ударному стержню, оставляя на бетонной поверхности отпечаток.

Контрольными для определения прочности являются пять отпечатков.

Диаметр отпечатков измеряют с помощью микроскопа или лупы с десятикратным увеличением с точностью не менее 0,1 мм. Для удобства измерений полученных отпечатков на бетоне удары по нему наносят через лист копировальной бумаги. Прочность бетона определяется по предварительно установленным градуировочным зависимостям «прочность – диаметр отпечатка». Прибором ПМ-2 измеряют прочность тяжёлого и лёгкого бетонов на пористых заполнителях в диапазоне от 10 до 50 МПа.

В лабораторной работе результаты измерений заносят в таблицу 1.4.

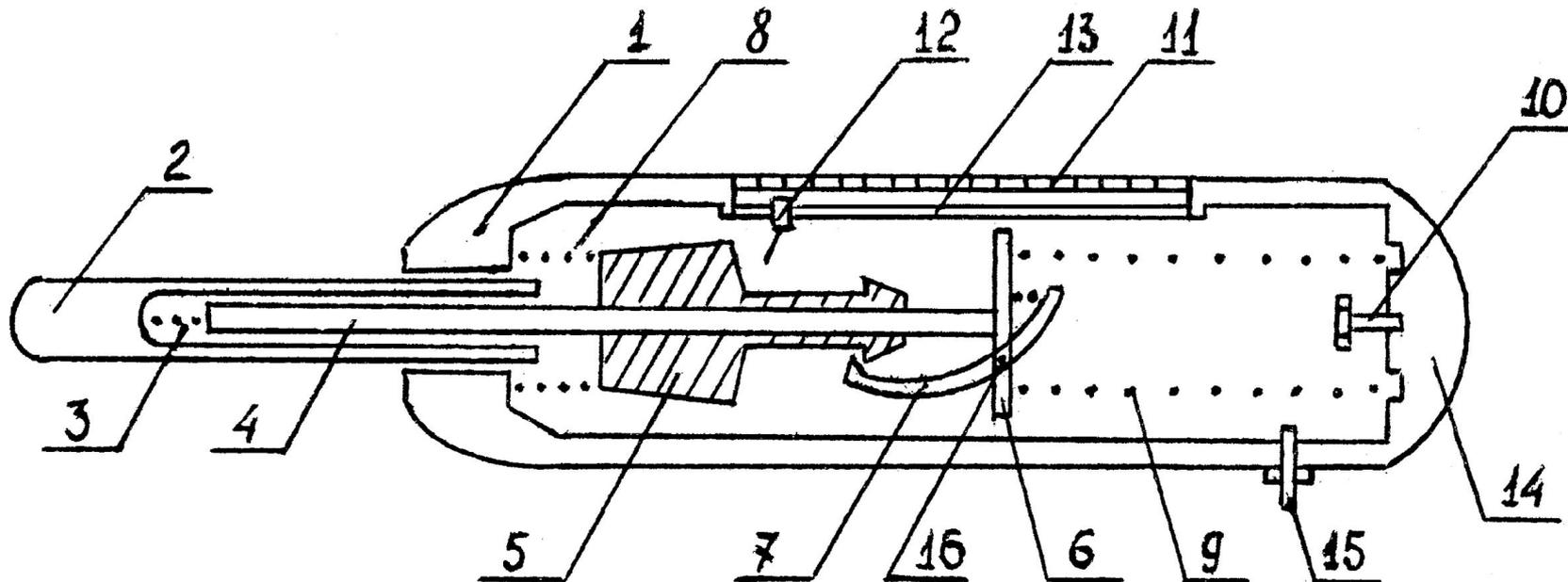
Таблица 1.4

### Определение прочности бетона прибором ПМ-2

Номер образца	Диаметр отпечатков, мм						Прочность бетона, МПа	Класс бетона
	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_{cp}$		
1							В ...	
2							В ...	

## Механические неразрушающие методы

Приборы, основанные на **методе упругого отскока**. На рис. 1.4 приведена кинематическая схема **склерометра ОМШ-1**. Практически аналогичная схема используется в приборе КМ – «Киевский метрострой» и склерометре Шмидта (Швейцария).



**Рис. 1.4.** Склерометр ОМШ-1:

1 – корпус прибора, 2 – ударник (радиус сферы – 25 мм), 3 – демпферная пружина, 4 – шток бойка, 5 – боёк, 6 – держатель, 7 – защёлка, 8 – ударная пружина, 9 – возвратная пружина, 10 – упорный болт, 11 – шкала, 12 – бегунок, 13 – скалка (направляющая бегунка), 14 – задняя крышка, 15 – стопор, 16 – штифт (ось) защёлки.

## Механические неразрушающие методы



## Механические неразрушающие методы

Прибор устанавливают перпендикулярно к поверхности испытываемого образца или изделия. Нажимая на стопор, отводят его, освобождая тем самым держатель с защёлкой. Под действием возвратной пружины шток с ударником перемещаются до тех пор, пока защёлка не войдёт в зацепление с бойком. Затем нажимают на заднюю крышку, перемещая ударник, шток и боёк с защёлкой во внутреннее пространство прибора. Ударная пружина при этом растягивается, а возвратная – сжимается. Когда защёлка доходит до упорного болта, то она поворачивается на оси штифта и освобождает боёк. Под действием ударной пружины боёк наносит удар по индентору (ударнику), а через него – по испытываемой поверхности. За счёт упругости бетона боёк отскакивает и перемещает бегунок по скалке вдоль шкалы. Чтобы зафиксировать достигнутое положение бегунка, нажимают стопор, который не даёт перемещаться держателю под действием возвратной пружины. Энергия удара бойка составляет 2,2 Дж, для сжатия пружины требуется усилие не более 70 Н.

## Механические неразрушающие методы

Контрольными для определения прочности бетона на одном участке являются пять ударов и соответствующих им отсчётов по шкале прибора. Прочность бетона определяется по предварительно установленным градуировочным зависимостям «прочность – высота отскока бойка». Прибором ОМШ-1 определяют прочность тяжёлого и лёгкого бетона на сжатие в диапазоне от 5 до 40 МПа. Результаты измерений заносят в таблицу 1.5.

*Таблица 1.5*

**Определение прочности бетона прибором ОМШ-1**

Номер образца	Диаметр отпечатков, мм						Прочность бетона, МПа	Класс бетона
	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta_3$	$\Delta_4$	$\Delta_5$	$\Delta_{cp}$		
1							В ...	
2							В ...	

## Механические неразрушающие методы

Приборы, основанные на *методе ударного импульса*. Электронный измеритель прочности бетона ИПС-МГ4.01 (рис. 1.5) состоит из электронного блока и выносного преобразователя (склерометра).



**Рис. 1.5.** Измеритель прочности бетона ИПС-МГ4.01:  
1 – электронный блок, 2 – склерометр, 3 – соединительный кабель

## Механические неразрушающие методы

Прибор позволяет определять прочность бетона в диапазоне 3...100 МПа с погрешностью  $\pm 10\%$ . Измерения выполняются с использованием либо базовой градуировочной зависимости, установленной в программное обеспечение прибора, либо градуировочных зависимостей, заданных пользователем в результате параллельных испытаний образцов-кубов прибором и в прессе.

Для выполнения измерения необходимо задать в меню электронного блока вид градуировочной зависимости и направление удара, взвести рычаг бойка, установить склерометр перпендикулярно испытываемой поверхности, чтобы он опирался на три точки, и нажать на спусковой крючок. Результат измерения высвечивается на экране электронного блока и запоминается для последующей обработки. Сброс результата с индикатора происходит при выполнении следующего замера.

После 10...15 замеров нажатием кнопки «Ввод», расположенной на электронном блоке, запускается программа автоматической обработки результатов, которая вычисляет среднее арифметическое значение, отбраковывает результаты, отличающиеся от среднего более чем на  $\pm 10\%$ , и после отбраковки вновь вычисляет среднее значение, отображает его на экране и заносит в память (500 ячеек).

## Механические неразрушающие методы

*Методы местных разрушений бетона.* Ещё в 1933 г. Б.Г. Скрамтаев предложил оценивать прочность бетона по размерам лунки, выбиваемой в нём револьверной пулей, однако это не только было сложно для практического применения (стреляющего необходимо защищать от рикошета и осколков), но и, как оказалось, метод давал значительный разброс результатов.

В ВИА им. В.В. Куйбышева был предложен метод взрыва малого заряда взрывчатого вещества, уложенного на бетонную поверхность. Была установлена эмпирическую зависимость: прочность бетона зависела от размера воронки.

В настоящее время метод стрельбы иногда используется при испытаниях деревянных конструкций.

## Механические неразрушающие методы

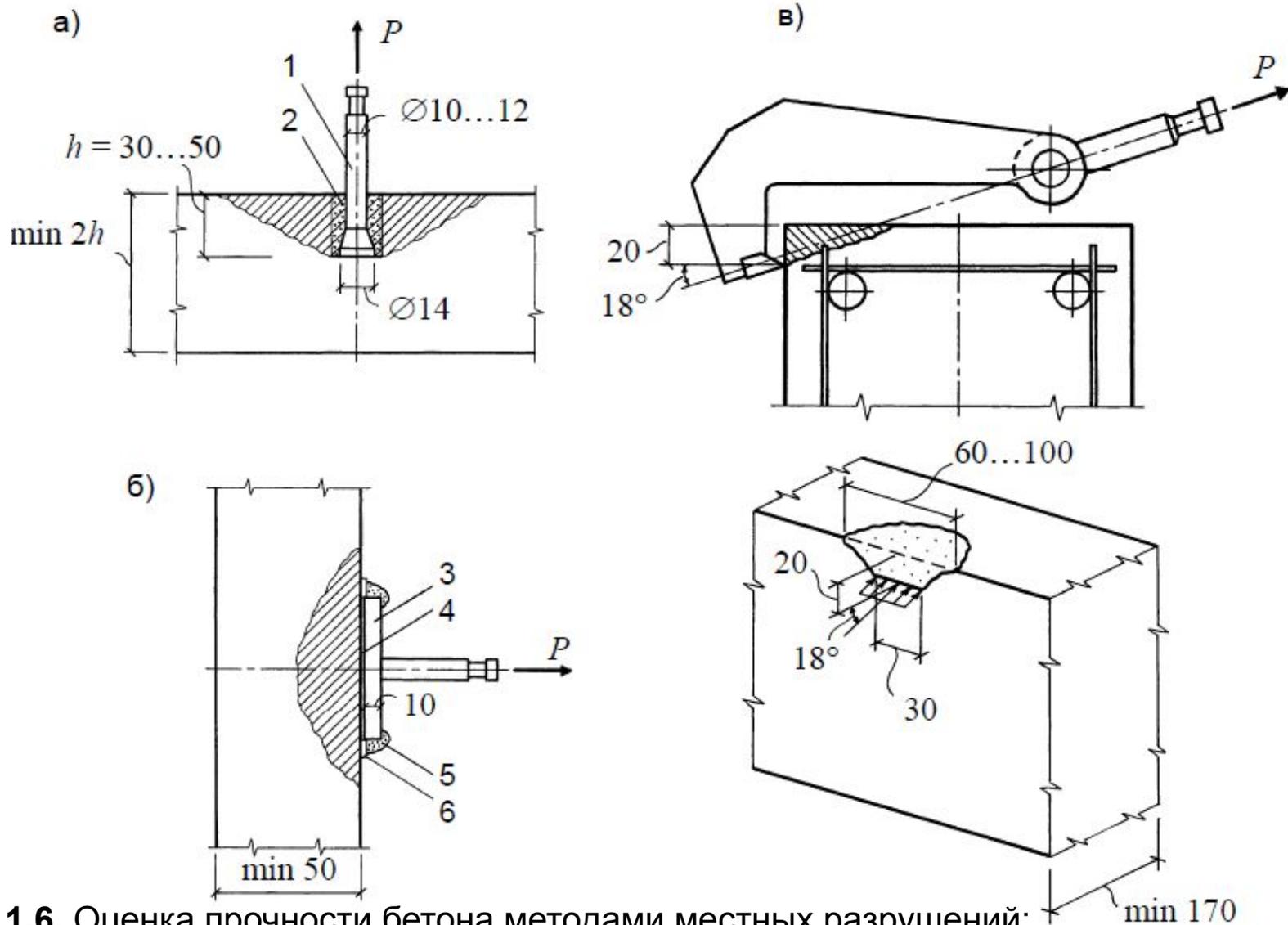
Для определения прочности бетона нормированы три метода местных разрушений (ГОСТ 22690), рис. 1.6:

- **метод отрыва со скалыванием** – выдёргивание из бетона гидравлическими пресс-насосами предварительно установленных анкерных устройств;

- **метод отрыва** – отрыв стального диска, имеющего с бетоном жёсткое клеевое соединение; чтобы клей не выходил на поверхность диска, используют бумажное кольцо, а при размещении диска на вертикальной поверхности до отверждения клея его удерживают при помощи гипсового раствора;

- **метод скалывания** – скалывание участка ребра конструкции.

## Механические неразрушающие методы



**Рис. 1.6.** Оценка прочности бетона методами местных разрушений:  
а – метод отрыва со скалыванием, б – метод отрыва, в – метод скалывания;  
1 – анкер, 2 – цементный раствор или эпоксидная смола, 3 – стальной диск диаметром  $60...80$  мм, 4 – эпоксидный клей, 5 – гипсовый раствор, 6 – бумажное кольцо

## Механические неразрушающие методы

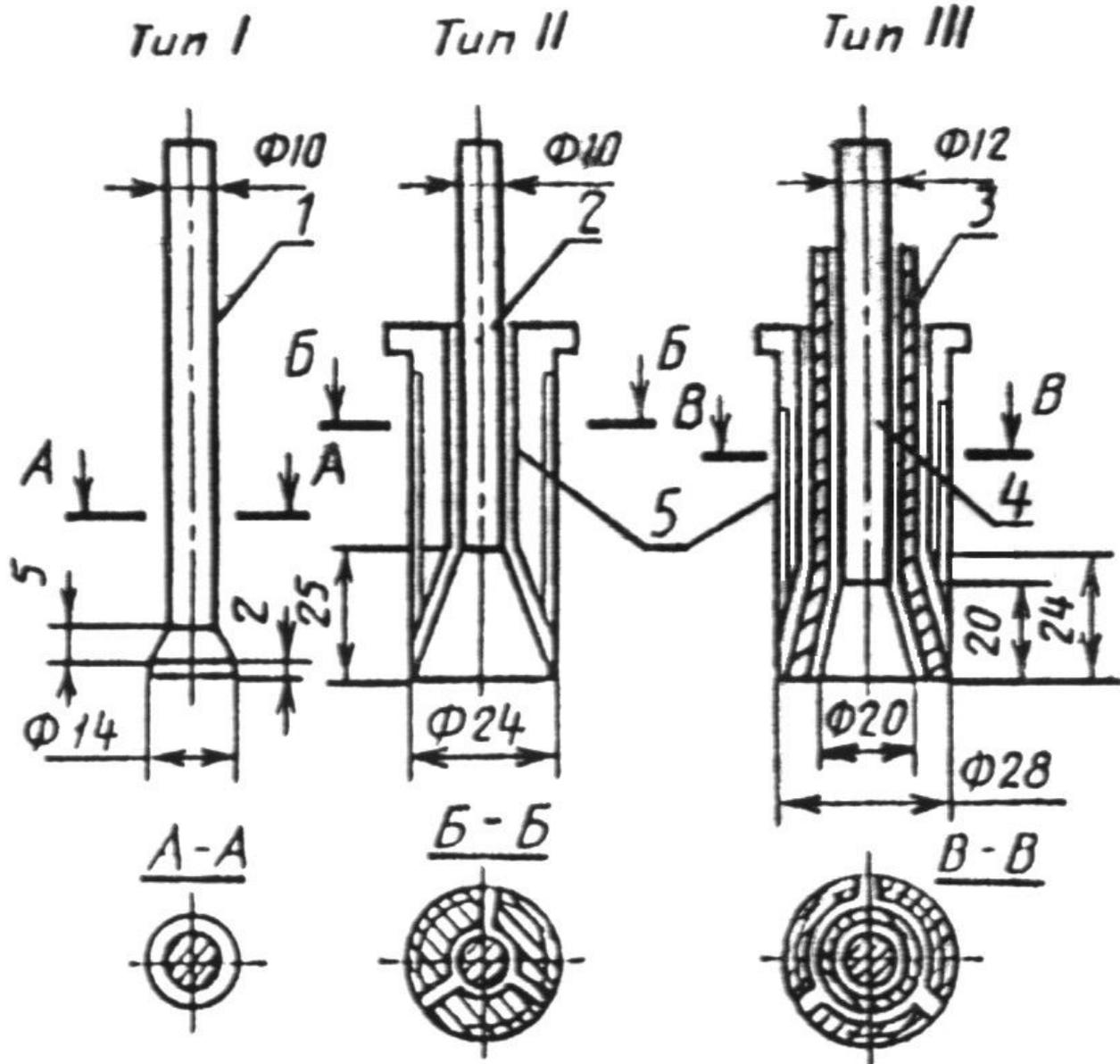
Прочность бетона определяют по предварительно полученным градуировочным зависимостям «прочность – усилие местного разрушения». Методы отрыва и скалывания позволяют определять прочность тяжёлого и лёгкого бетонов в диапазоне 5...60 МПа, а метод отрыва со скалыванием – в диапазоне 5...100 МПа. Методы местных разрушений, по сравнению с рассмотренными выше, позволяют достичь наиболее высокой точности.

## Механические неразрушающие методы

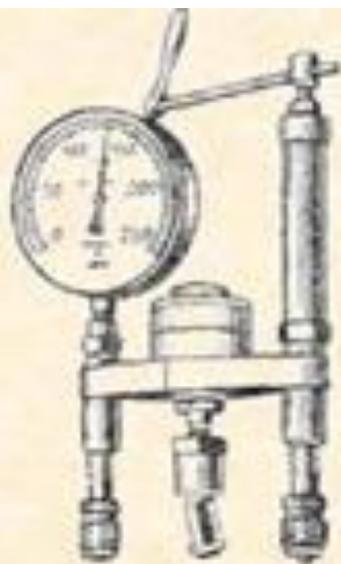
### *Метод выдергивания анкеров (отрыв со скалыванием).*

В просверленный в бетоне шпур диаметром 24 или 28 мм (используются два типа анкеров) и глубиной 35...40 мм вставляется самозаанкеривающееся устройство в виде опорного стержня и рифленых сегментных щёк, въедающихся в бетон при попытке выдернуть стержень. Анкер выдергивается принудительно вместе с каким-то объемом бетона. Установлена эмпирическая зависимость: прочность бетона  $R = f$  (усилия выдергивания). Расстояние между шпурами при неоднократном испытании - не менее 250 мм, от грани конструкции до места отрыва должно быть не менее 150 мм.

# Механические неразрушающие методы

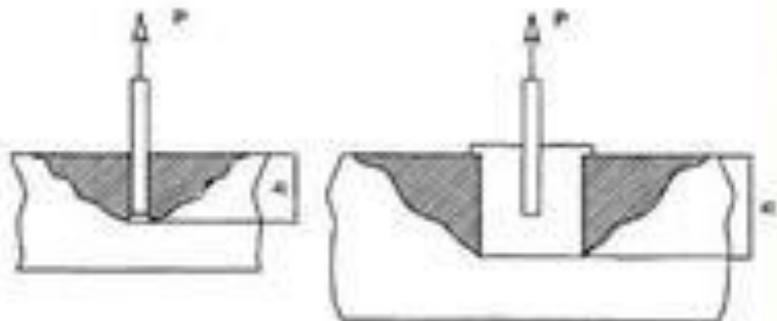


# Механические неразрушающие методы

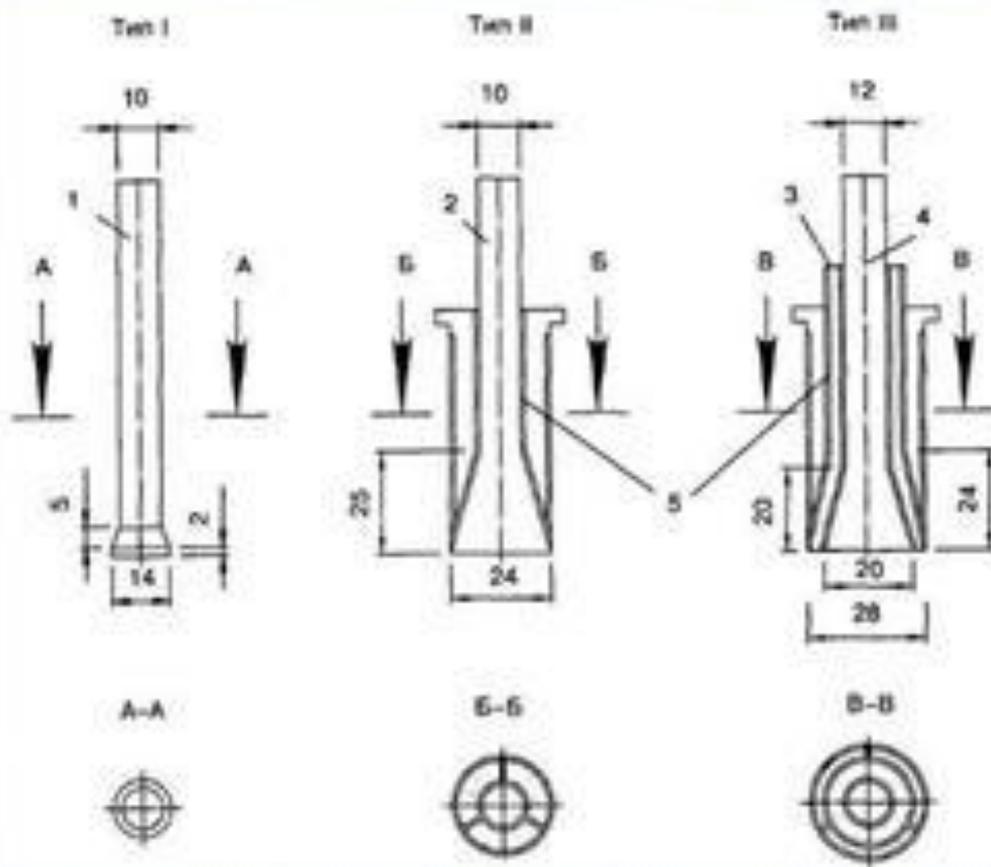


ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ  
ПРЕСС-НАСОС  
ГПНВ-5 (ГПНС-4)

СХЕМА ИСПЫТАНИЯ БЕТОНА  
МЕТОДОМ ОТРЫВА СО СКАЛЫВАНИЕМ

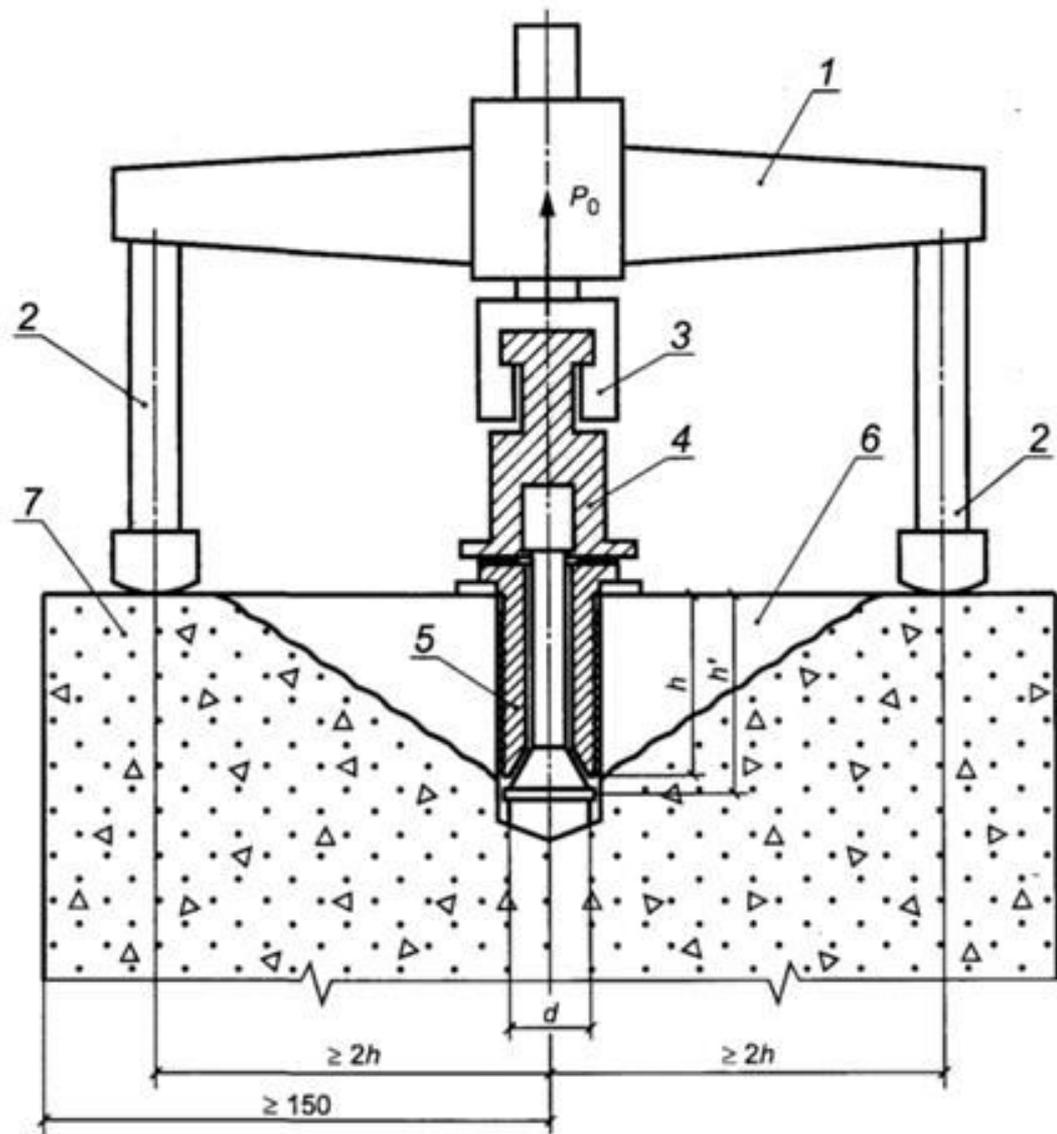


## ТИПЫ АНКЕРНЫХ УСТРОЙСТВ



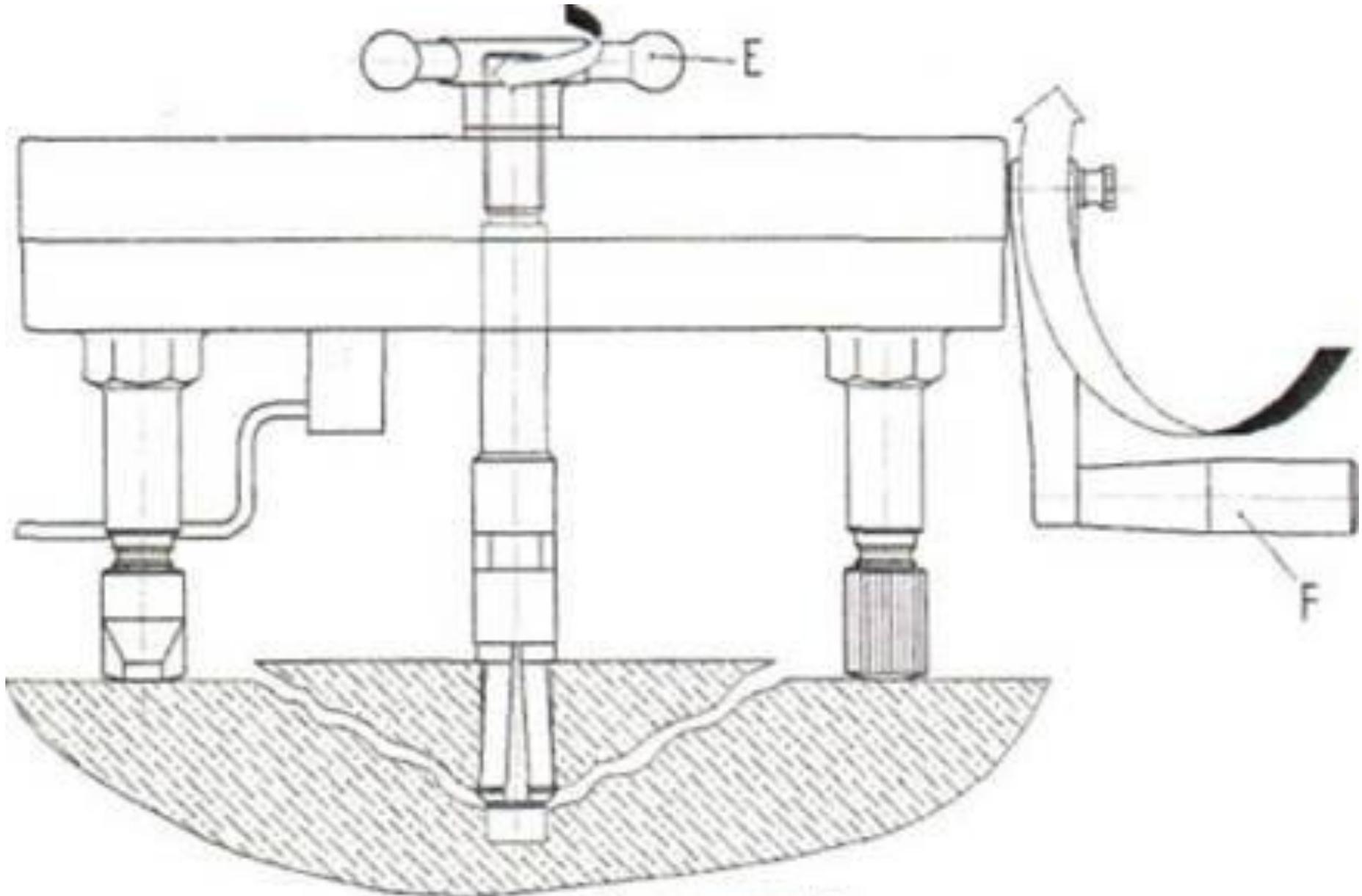
1 - рабочий стержень; 2 - рабочий стержень с разжимным конусом; 3 - рабочий стержень с полным разжимным конусом; 4 - опорный стержень; 5 - сегментные рифлевые шлицы

## Механические неразрушающие методы



1 — прибор с нагружающим устройством и силоизмерителем; 2 — опора нагружающего устройства; 3 — захват нагружающего устройства; 4 — переходные элементы, тяги; 5 — анкерное устройство; 6 — вырываемый бетон (конус отрыва); 7 — испытываемая конструкция

## Механические неразрушающие методы



## Механические неразрушающие методы



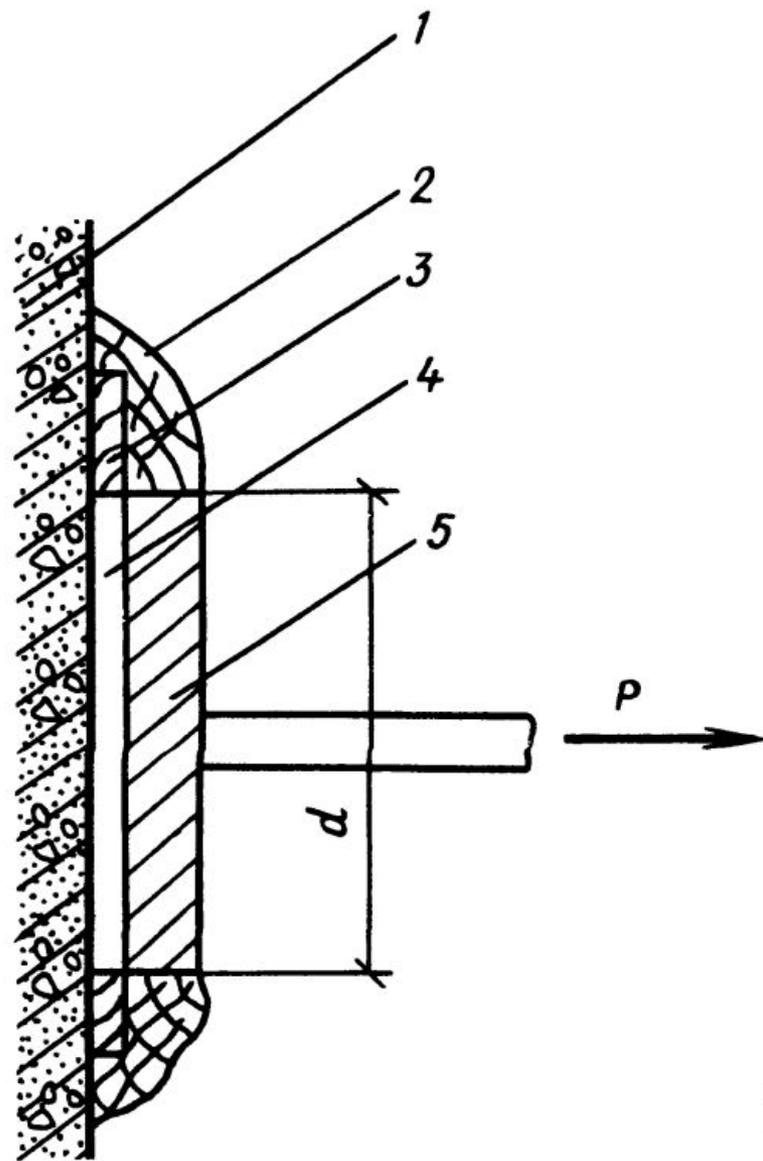
## Механические неразрушающие методы



## Механические неразрушающие методы

### Метод отрыва (ГОСТ 21243).

На предварительно зачищенную поверхность бетона эпоксидным клеем крепится стальной диск диаметром 60 или 80 мм, толщиной 10 мм, имеющий с одной стороны стержень с винтовой нарезкой. Для удержания диска на вертикальной поверхности до отверждения клея применяют гипсовый раствор, который перед отрывом диска должен быть тщательно удален. Чтобы слой клея не выходил за поверхность диска на подготовленную бетонную поверхность предварительно приклеивают бумажное кольцо с внутренним диаметром соответственно 60 или 80 мм.



### 2. МЕТОД ОТРЫВА СТАЛЬНЫХ ДИСКОВ

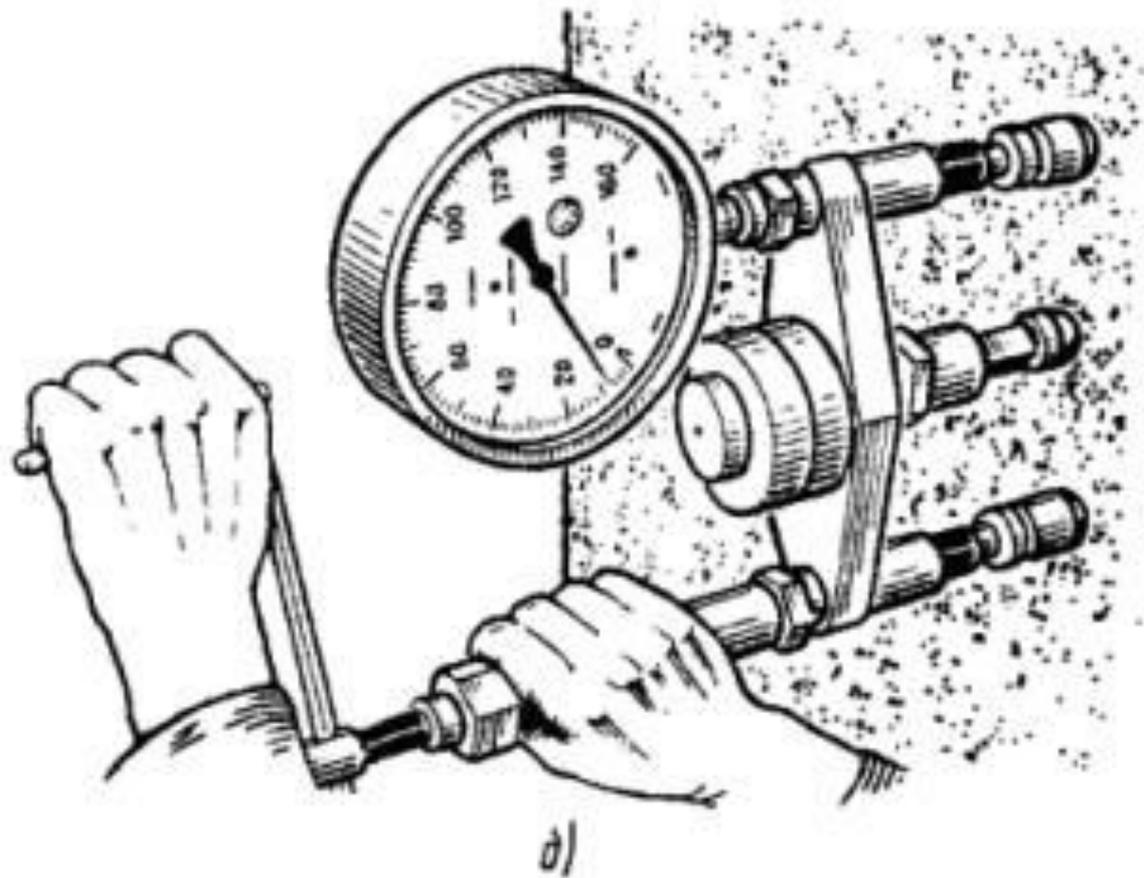
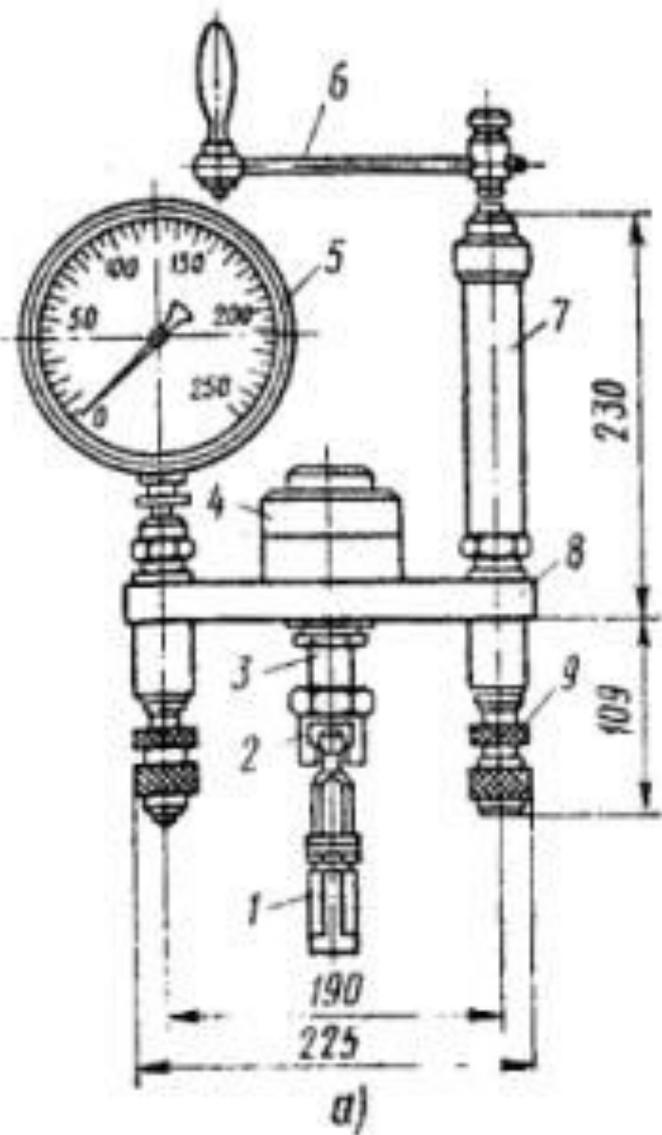
ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В РЕГИСТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ МЕСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ БЕТОНА ПРИ ОТРЫВЕ ОТ НЕГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ДИСКА, РАВНОГО УСИЛИЮ ОТРЫВА, ДЕЛЕННОМУ НА ПЛОЩАДЬ ПРОЕКЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ОТРЫВА БЕТОНА НА ПЛОСКОСТЬ ДИСКА. В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ МЕТОД ИСПОЛЬЗУЕТСЯ КРАЙНЕ РЕДКО.



## Механические неразрушающие методы

Для отрыва диска за стержень используют гидравлический пресс-насос ГПНВ-5 или ГПНС-4 (Донецкого ПромстройНИИпроекта). Установлена эмпирическая зависимость: прочность бетона  $R = f$  (усилия отрыва). Испытывают обе противоположные грани конструкции, причем испытание считается состоявшимся, если площадь проекции поверхности отрыва на плоскость диска составляет не менее 80 % площади диска; в противном случае испытание повторяют.

## Механические неразрушающие методы



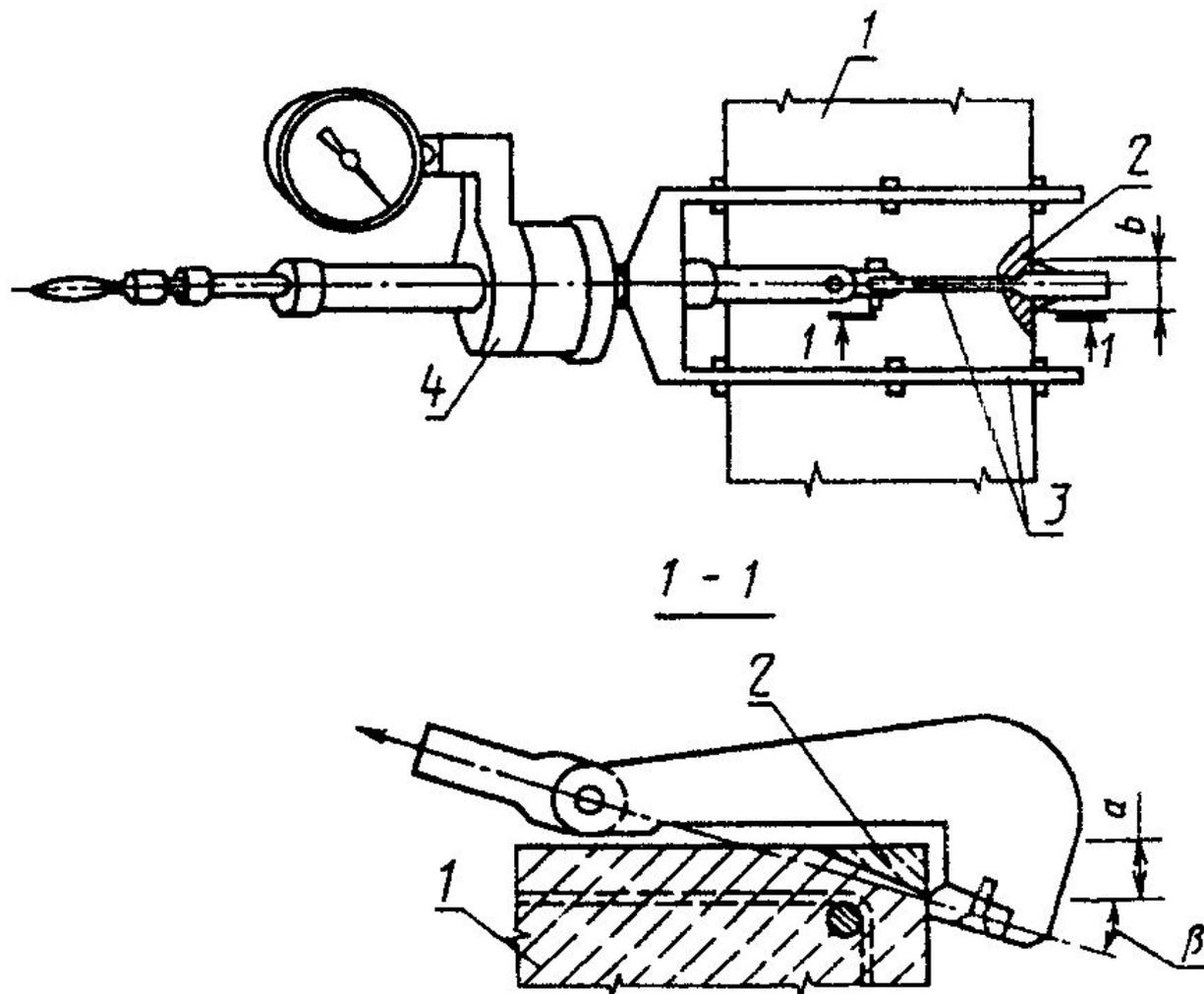
# Отрыв стальных дисков



## Механические неразрушающие методы

### Метод скалывания (ГОСТ 22690)

Он основан на местном разрушении бетона от усилия скалывания участка ребра конструкции специальным устройством в виде крюка УРС (в комплекте с гидравлическим пресс-насосом ГПНВ-5). Угол приложения нагрузки -  $18^\circ$ , глубина скалывания 20 мм, ширина площадки нагружения 30 мм. Установлена эмпирическая зависимость: прочность бетона  $R = f$  (усилия скала).



1—испытываемая конструкция; 2—скалываемый бетон; 3—устройство УРС; 4—прибор ГПНВ-4

## Механические неразрушающие методы



## Механические неразрушающие методы



## Механические неразрушающие методы

