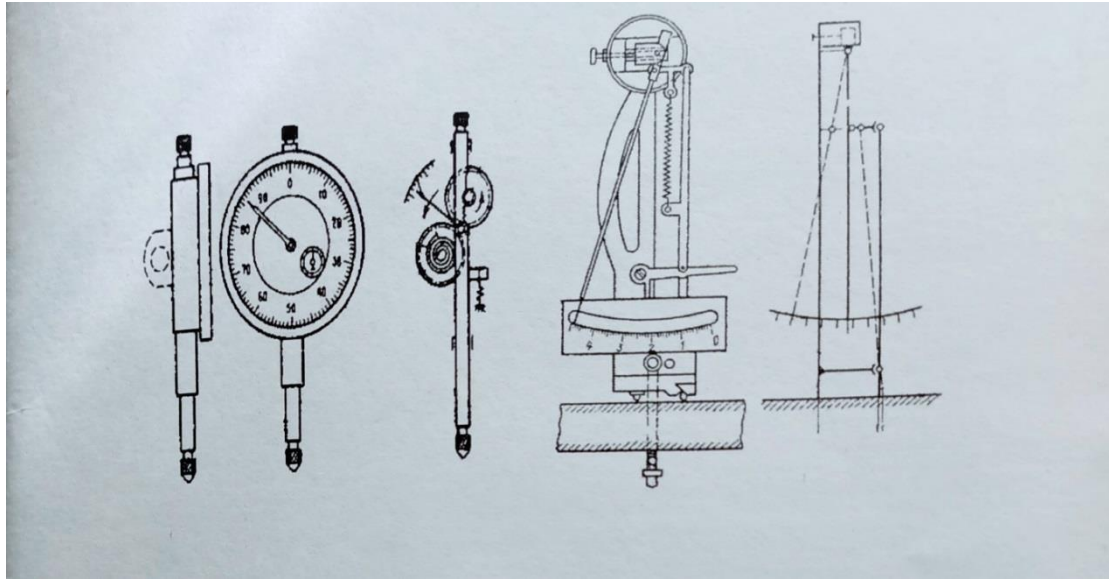


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва



ВИПРОБОВУВАННЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Методичні вказівки до виконання практичних робіт для здобувачів
другого (магістерського) рівня вищої освіти
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
всіх форм навчання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

ВИПРОБОВУВАННЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Методичні вказівки до виконання практичних робіт для здобувачів
другого (магістерського) рівня вищої освіти
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
всіх форм навчання

Ухвалено
на засіданні кафедри
будівельних, дорожніх
машин і будівництва.
Протокол № 17 від
27.06.2023 р.

Кропивницький 2023

Випробовування будівель та споруд. Методичні вказівки до виконання практичних робіт для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» всіх форм навчання / Укл.: В.А. Пашинський, В.А. Настоящий, І.О. Скриннік, В.В. Дарієнко. Кропивницький: ЦНТУ, 2023. 37с.

Укладачі:

В.А. Пашинський - док техн. наук, професор.

В.А. Настоящий - канд. техн. наук, професор.

І.О. Скриннік канд. техн. наук, доцент

В.В. Дарієнко канд. техн. наук, доцент

Рецензент: В.В. Яцун, канд. техн. наук, доцент національний технічний університет, м. Кропивницький).

Методичні вказівки розроблені у відповідності до модульно-рейтингової системи дисципліни "Випробовування будівель та споруд" і призначені для надання методичної допомоги студентам, що навчаються за напрямком - «Будівництво та цивільна інженерія» для проведення практичних робіт з даної дисципліни.

При випробуванні будівельних конструкцій статичними навантаженнями вимірюються як сила, що діє, так і основні види деформації: прогини (переміщення), подовжні фіброві деформації, кути повороту конструкції або її елементів, зрушення окремих елементів конструкції або їх волокон відносно один одного. Крім того, контролюється зміна властивостей самого матеріалу конструкції під дією навантаження. Випробовування будівель та споруд виконуються згідно діючих нормативних документів. У зв'язку з цим слід в першу чергу уважно ознайомитися з нормами випробовування будівель і споруд (ДБН, ДСТУ). Методичні вказівки можуть бути використані студентами заочної форми навчання.

Випробовування будівель та споруд
/Укладачі: В.А. Пашинський, В.А. Настоящий.
І.О. Скриннік, В.В. Дарієнко, 2023

© РВЛ ЦНТУ, тиражування, 2023 р.

ЗМІСТ

Прилади і пристосування для вимірювання зусиль і деформацій при статичних випробуваннях Силівимірювальні прилади.....	4
Практична робота №1.....	5
Прогиноміри.....	5
Контактні прогиноміри.....	6
Практична робота №2.....	8
Тензометри.....	8
Тензометр Гугенбергера.	8
Практична робота №3.....	11
Електромеханічний тензометр Н. Н. Аістова.....	11
Практична робота №4.....	13
Електричні тензометри	13
Практична робота №5.....	16
Компаратори.....	16
Оптичний компаратор.	17
Механічний компаратор КД-2.	18
Практична робота №6.....	19
Клинометри.....	19
Клинометр Стоппані Клинометр Н.Н. Аістова.....	19
Практична робота №7.....	22
Здвигоміри.....	22
Здвигомір Штейгера	23
Практична робота №8.....	24
Прилади для вимірювання натягнення арматури, зсуву, визначення діаметру арматури та товщини захисного шару	24
Динамометр типу ПРД.....	24
Пристосування для вимірювання зсуву арматури.....	25
Вимірювання товщини захисного шару та діаметру арматури.....	26
Визначення діаметра арматури.	29
Практична робота №9.....	29
Випробування бетону, металу, деревини за допомогою приладів механічної дії.....	29
Молоток Шмідта.....	29
Еталонний молоток К.П. Кашкарова. Прилад Польді-Вайцмана.....	31
Визначення твердості і межі міцності металу	33
Брінелля.....	33
Визначення межі міцності деревини.	34
Список використаних джерел.....	37

ПРИЛАДИ І ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЗУСИЛЬ І ДЕФОРМАЦІЙ ПРИ СТАТИЧНИХ ВИПРОБУВАННЯХ

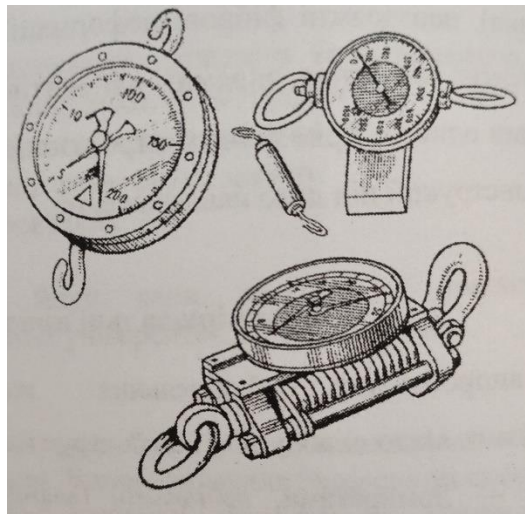
При випробуванні будівельних конструкцій статичними навантаженнями вимірюються як сила, що діє, так і основні види деформації: прогини (переміщення), повздовжні фіброві деформації, кути повороту конструкції або її елементів, зрушення окремих елементів конструкції або їх волокон відносно один одного. Крім того, контролюється зміна властивостей самого матеріалу конструкції під дією навантаження.

Силувимірювальні прилади

При випробуванні будівельних конструкцій статичними навантаженнями, якщо силовою дією на конструкцію здійснюють вантажними механізмами домкратами, лебідками, таями і ін., для виміру його застосовують динамометри. Розрізняють два види динамометрів стаціонарні і переносні

Стаціонарні динамометри застосовують в основному для перевірки робочих переносних динамометрів. Існує три типи робочих (загального призначення) динамометрів: пружинні, гідравлічні і електричні. Залежно від способу реєстрації вимірюваної сили розрізняють динамометри із стрілочними показниками, з рахунковим пристосуванням і що записують. Динамометр з показником застосовують головним чином для вимірювання статичних зусиль, а розрахунково-реєструючий і записуючий для змінних зусиль. У показуючому динамометрі величина вимірюваного зусилля читається безпосередньо на його шкалі; у реєструючому динамометрі результати вимірів наносяться записуючим пристроєм на діаграмний папір або фотопалір. Динамометри, що мають записуючий пристрій, називаються динамографами.

Пружинні динамометри у пружинних показуючих переносних динамометрах вимірюване зусилля передається безпосередньо пружині. Ці мають різну форму: спіральну, плоску, круглу. З вимірювальним механізмом вони сполучені за допомогою важелів. В результаті пружина випробовує деформацію. Між силою і деформацією пружини є певна залежність, по якій і визначається величина сили, що діє.



Мал. 1 Робочі динамометри
Намал. 1 показані деякі динамометри

Практична робота №1

Тема: Прогиноміри

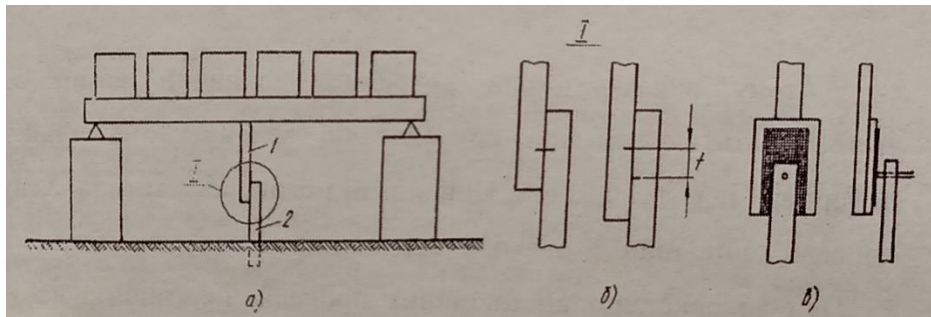
Переміщення окремих точок конструкції або їх елементів вимірюють приладами, які називаються прогиномірами. Існує чимала кількість прогиномірів і кожен тип застосовують залежно від того, які очікувані величини прогину і з якою точністю необхідно їх виміряти.

Прості прогиноміри. У тому випадку, коли потрібна порівняно невелика (0,1 см) точність виміру деформації (прогину) прогиномір можна виготовити на місці (мал. 2.а). Таке пристосування складається основному з двох дерев'яних рейок.

Одна з них закріплена на випробовуваній конструкції, а друга пов'язана з нерухомою опорою. На бічній поверхні цих рейок проведена загальна лінія (мал. 2,б). Після завантаження конструкція деформується, окремі частини її переміщуються, разом з ними переміщується верхня рейка і лінія, нанесена на її бічну поверхню; відстань між лініями на рухливій рейці і нерухомою дорівнюватиме прогину конструкції.

Більш вдосконалений спосіб виміру деформацій показаний на (мал. 2) На кінці верхньої рейки закріплена дощечка з наклеєною на ній міліметровкою, а на кінці нижньої рейки закріплений олівець. При деформації конструкції рейки взаємно переміщуються і олівець викреслює на папері пряму, натуральна довжина якої дасть шукане значення прогину конструкції. Точність виміру деформації цим способом залежить від точності виміру відстані між лініями і складає в середньому 1-2 мм.

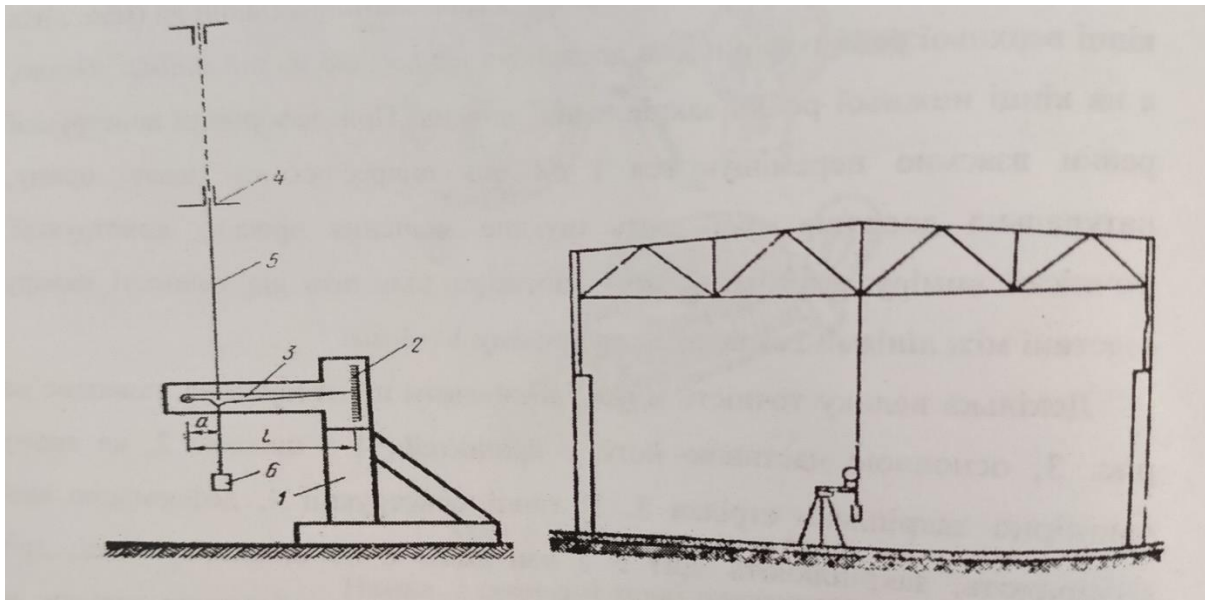
Декілька велику точність може забезпечити пристосування, показане на рис. 3; основною частиною його є кронштейн 1 з шкалою 2, на якому шарнірно закріплена стрілка 3. У точці конструкції 4, деформацію якої вимірюють, закріплюють дріт 5 з вантажем 6 на нижньому кінці, дріт пов'язаний також із стрілкою. Відстань від центру обертання стрілки до точки закріплення дроту рівна 0,1 довжини стрілки.



Мал.2 Прості пристосування для виміру деформації прогину

Таким чином, стрілка важіль із співвідношенням плечей, рівним 10 (звичайно, 50: 5 см). Це означає, що якщо вузол, на якому закріплений дріт, переміститься на 1 мм, то кінець стрілки переміститься на 10 мм, тобто точність виміру деформації буде рівна 0,1 мм. Точність виміру деформації цього прогиноміра залежить від співвідношення плечей важеля. Перевагою його вважається те, що він виготовлений на місці і для цього не вимагається високої кваліфікації виконавця. Недолік приладу точність виміру деформації (0,1-0,2 мм), способи

(пристосування вир прогину характеризуються невеликою точністю, тому їх застосувати порівняно рідко.



Мал. 3 Простий прогиномір Мал. 4 Схема установки для виміру деформації дистанційним прогиноміром

У тому випадку, коли потрібний точніший вимір деформації, застосовують досконаліші прилади, які забезпечують точність виміру деформації порядку 0,01 мм. Ці прилади можна розділити на 2 групи: 1-4- прилади дистанційні, 2-а прилади контактні.

При використанні дистанційних приладів прогиномір встановлюється під випробовуваною конструкцією, а зв'язок між конструкцією і приладом здійснюється дротом (мал. 4); у разі потреби прилад можна винести за межі небезпечної зони (тобто за межі смуги, розташованої безпосередньо під конструкцією).

Контактні прогиноміри знаходяться в безпосередньому контакті з конструкцією. З точки зору задоволення вимог охорони праці, а також зручності взяття відліків на шкалі приладу перевагу слід надати дистанційному прогиноміру. З іншого боку, дистанційна схема виміру деформації чутлива до зміни температури довкілля, хоча виключити цей вплив нескладно. При вимірі деформації за контактною схемою зміну температури довкілля надає вплив на свідчення приладу, і його враховують, але для взяття відліків по припадая спостерігач повинен знаходитися в безпосередній близькості від випробовуваної конструкції

Контактні прогиноміри. При випробуванні конструкцій і споруд 1 контактних прогиномірів знаходить вживання головним чином індикатор. Він належить до групи прогиномірів, які вимірюють порівняно малі деформації (без перестановки не більше 10 мм). Головною частиною індикатора металевий корпус 1, (мал. 5), передня частина якого закрита склом. склом с шкала з діленнями, в центрі якої насаджена стрі

В межах великої шкали с мала шкала 3 з центральною стрілкою. Через корпус проходить металевий стрижень 7, який може перемішатися. На середній частині стрижня нарізані канавки, в які входять зубці малої шестеренки. На вісь цієї шестеренки насаджена

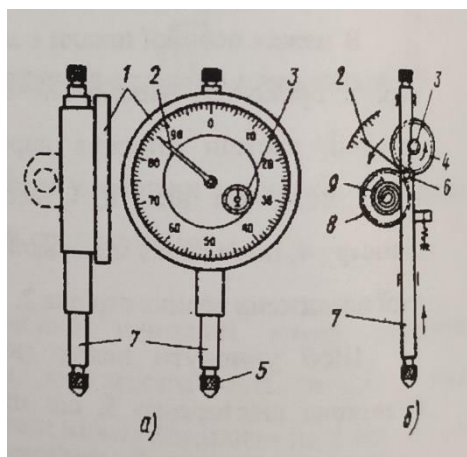
шестеренка більшого діаметру 4, пов'язана з маленькою шестерінкою, що пролягає нижче, 6, на осі якої насаджена велика стрілка 2.

Щоб уникнути появи люфту в конструкції приладу передбачена додаткова шестеренка 5, що знаходиться в зачепленні з шестеренкою 6. Спиральна пружина 9, пов'язана з шестеренкою 8, весь час підтримує стрижень 7 в крайньому положенні і забезпечує постійне зачеплення зубів шестеренок

При натисненні на стрижень в протилежному напрямі він долає опір пружини і переміщається, приводячи в рух всі шестеренки і одночасно обидві стрілки. При звільненні від зовнішнього тиску стрижень повертається в колишне положення. Коефіцієнт передачі шестеренки підібраний з таким розрахунком, що пересуванню кінця стрижня на 1 мм відповідає поворот великої стрілки на 360. Число ділень великої шкали дорівнює 100 тому одному її діленню відповідає переміщення кінця стрижня на 0,01 мм. Також індикатори з ціною ділення 0,002 і 0,001 мм. Проте вони можуть вимірювати переміщення лише до 2,0 мм. Повний поворот великої стрілки означає мала шкала. Для виміру деформацій індикатором користуються спеціальною струбциною, яка пов'язує його з нерухомою точкою.

Кінець стрижня індикатора, в який запресована кулька 5, встановлюють в точці конструкції, переміщення якої необхідно виміряти. У такому положенні на обох шкалах беруть відліки. Після завантаження конструкції окремі її точки зміщуються, натискають на стрижень індикатора, переміщається по відношенню до корпусу і відводить стрілки в положення. При цьому беруть повторно відліки. Різниця цих двох відліків, помножена на ціну поділки шкали, дає величину деформації.

У деяких типів індикаторів з рухома шкала, за допомогою якої первинне положення можна нульовою позначкою великої поєднати шкали. Визначення деформації в даному випадку відбувається тільки по одному відліку, що зменшує можливість помилок при обчисленні деформації.



Мал. 5 Конструктивна(а) і кінематична(б) схеми індикатора

Розглянутий індикатор характеризується наступними перевагами: порівняно висока точність вимірювання деформації (0,01 мм), невеликі габаритні розміри і маса індикатора (діаметр корпусу дорівнює 55 мм, Маса 150 г). Недолік індикатора Максимальне значення вимірюванем деформації без його перестановки дорівнює 10мм.

Практична робота №2

Тема: Тензометри

Визначення напруженого стану будівельних конструкцій та їх елементів є одним з основних питань випробування конструкцій і споруд. Значення напружень визначають у вигляді добутку відносної деформації на модуль пружності матеріалу конструкції: $\sigma = \epsilon E$.

Прилади, що вимірюють лінійні деформації (укорочення або подовження), називаються тензометрами. Вимірювання лінійних деформацій відбувається на певній ділянці елемента, яку називають базою тензометра. Якщо деформацію, отриману в результаті вимірювання, розділити на величину бази, отримаємо відносну деформацію.

До тензометрів, які застосовуються при випробуваннях конструкцій і споруд статичними навантаженнями, пред'являють наступні основні вимоги: конструкція тензометра повинна давати можливість змінювати величину бази, так як лінійні деформації, як правило, малі, то тензометр повинен давати збільшене значення деформації; коефіцієнт збільшення повинен бути таким, щоб забезпечити необхідну точність вимірювання деформації, маса і габаритні розміри тензометра повинні бути мінімальними, центр ваги приладу повинен бути максимально наближений випробовуваного елемента, щоб положення було стійким. до поверхні

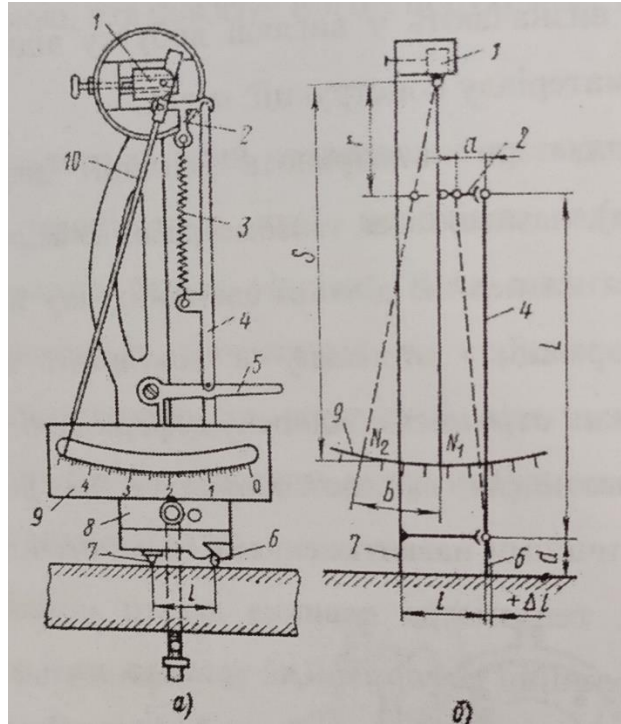
Існує декілька різновидів тензометрів. Частина з них використовують тільки при лабораторних випробуваннях, а частину як лабораторних, так і - польових. Розрізняють такі види тензометрів механічні, електромеханічні, струнні (акустичні) та електричні тензометри опору.

Тензометр Гугенбергера належить до групи механічних тензометрів і в даний час знаходить широке застосування випробування будівельних конструкцій та споруд (мал. 6).

Тензометр складається з корпусу 8 зі шкалою 9 і системи важеля. На В практиці досліджуваній елемент він спирається в двох точках конусом 7 і призмою 6.

3 призмою жорстко з'єднаний рухливий важіль 4. Конус 7 наглухо з'єднаний

3 корпусом, з верхнім кінцем якого шарнірно з'єднана стіл 10. С допомогою горизонтального важеля 2 шарнірно з'єднана з рухом 4. Пружина 3 служить для усунення люфтів. Є також стопорний важіль, в допомогу якого в неробочому положенні прилад аретирується.



Мал. 6 Загальний вигляд. (а) г
кінематична схема (б) тензومتра Гугенбергера

Тензомер вимірює деформацію фібрового волокна елемента, до якого дорівнює відстані / між призмою і конусом. При деформації цього волокна в межах бази 11 призма 6 і разом, з нею рухливий важіль 4 розтягування елемента повернеться справа наліво, при стисненні елемента зліва направо. Верхній кінець важеля переміститься і потягне за собою стрілку. Вимірювана деформація при цьому обчислиться за формулою

$$\Delta l = \Delta n \frac{l}{(L/d)(S/r)} = \Delta nm$$

де $(L/d)(S/r)$ -збільшення приладу, рівне 1000 (див. мал. 6, б); Δn - різниця відліків по шкалі, т-ціна однієї поділки шкали.

Співвідношення важелів підбрано з таким розрахунком, щоб коефіцієнт збільшення тензومتра дорівнював 1000. Якщо база тензومتра зміниться на 0,001 мм, то кінець стрілки на шкалі переміститься на 1 мм. Одна поділка на шкалі дорівнює 1 мм; якщо відлік на шкалі брати з точністю однієї поділки, то точність вимірювання деформації буде дорівнювати 0,001 мм. База тензومتра (без подовжувача) дорівнює 20 мм, число поділок на шкалі 50 Це означає, що деформація, яка відповідає 50 поділкам шкали, дорівнює 50 мкм.

П'ятдесят поділкам шкали відповідає величина деформації, рівна 50 м. У ряді випадків вимірювані деформації будівельних конструкцій та їх елементів більші, ніж 50 мкм, тому виникає необхідність переставляти стрілку (що є недоліком тензومتра Гугенбергера), для чого на верхньому кінці корпусу приладу повзунк 1 (див. мал. 6).

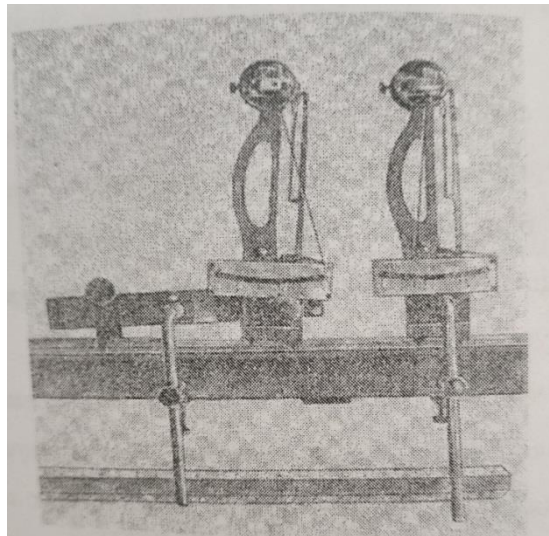
Між поверхнею шкали і стрілкою тензومتра є зазор, тому при знятті відліку око спостерігача повинне розташовуватися перпендикулярно площині шкали. В іншому випадку, при різних позиціях спостерігача по відношенню до шкали тензومتра одним і тим же деформаціям будуть відповідати різні відліки по шкалі. На шкалі тензومتра є дзеркало, в якому видно зображення стрілки. Якщо Око спостерігача спрямоване перпендикулярно по

відношенню до площини дзеркала, стрілка поєднується зі своїм відображенням у дзеркалі, і взятий відлік при такому положенні ока спостерігача буде відповідати дійсному значенню деформації.

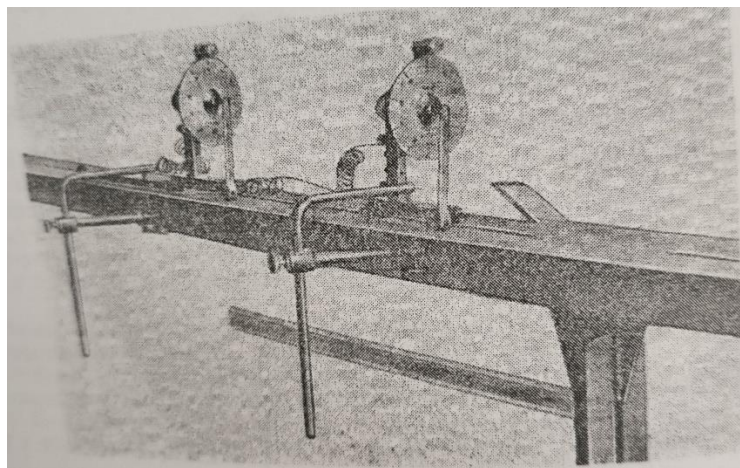
Тензометр на випробовуваний елемент закріплюють спеціальним пристосуванням - струбциною.

У ряді випадків база тензометра 20 мм буває недостатня. Для її збільшення застосовують спеціальне пристосування подовжувач (мал. 7). Віться з пластинки, яка одним кінцем з'єднується з тензометром маленьким болтом, на іншому кінці поміщений рухливий опорний конус, пересуванням якого досягається зміна величини бази. При використанні подовжувача конус, розташований на корпусі приладу, піднімається і не стикається з поверхнею випробовуваного елемента, таким чином тензометр опирається на випробовуваний елемент тільки в двох точках.

Використання подовжувача дає можливість змінювати значення бази в межах від 20 до 250 мм. Тензометр Гугенбергера характеризується порівняно великою точністю вимірювання деформації (0,001 мм), малими габаритними розмірами і масою,



Мал. 7 Тензометр Гугенбергера з подовжувачем (ліворуч) і без подовжувача (праворуч)

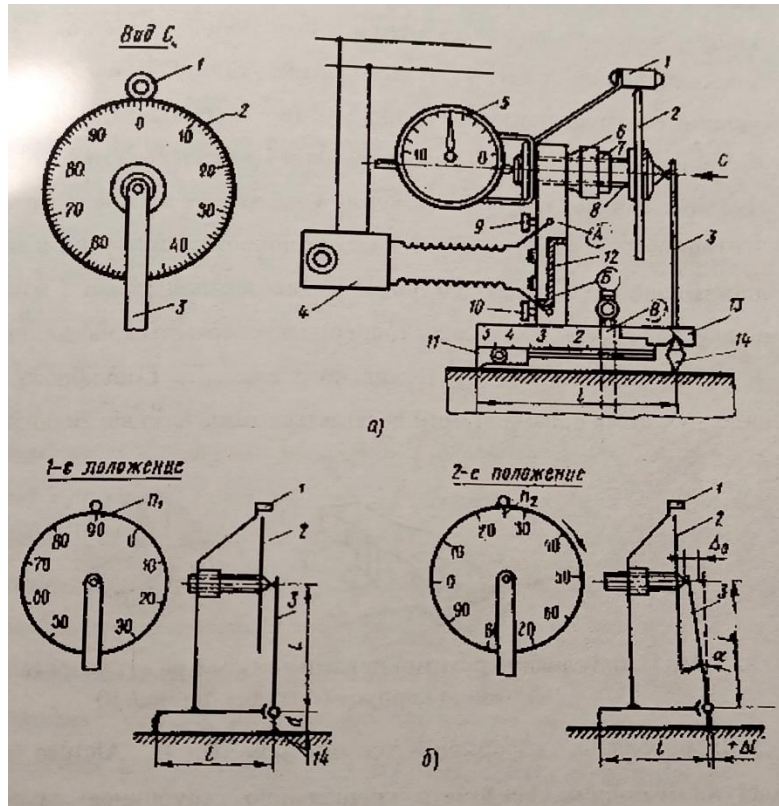


Мал. 8 Загальний вигляд електромеханічного тензометра Н. Н. Аїстова з подовжувачем (ліворуч) і без подовжувача (праворуч)

можливістю зміни величини бази, порівняно низьким положенням центру тяжіння. Але він має і недоліки вимагає надзвичайно обережного поводження, щовельми скрутно в умовах польових випробувань, при вимірюванні деформації більше ніж 50 мкм стрілку необхідно переставляти при роботі в польових умовах тензомер потрібно оберігати від вітру і дощу.

Практична робота №3

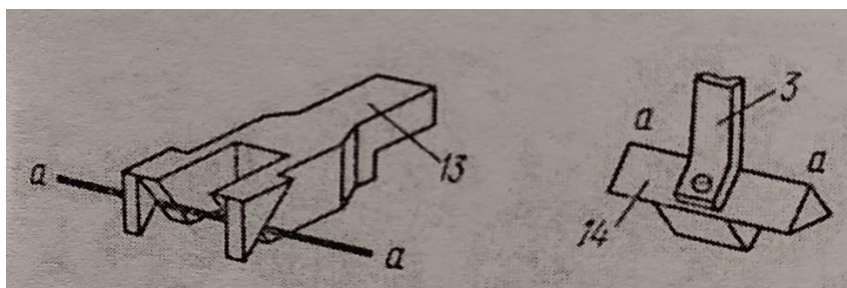
Тема: Електромеханічний тензомер Н. Н. Аістова



Мал. 9. Конструктивна (а) і кінематична (б) схеми електромеханічного тензометра Н. Н. Аістова (модель ТА-2)

Корпус складається з трьох частин: верхньої частини вертикального елемента А (мал. 9), нижньої частини вертикального елемента Б, горизонтального елемента В (станини). У нижній частині станини поміщені дві призми - нерухома 11 і рухома 14, вістрями яких тензомер встановлюють на досліджуваній елемент. Рухома призма впирається в паз вилки 13, яка є продовженням горизонтального елемента Г-подібного корпусу (мал. 9). Рухома призма 14 жорстко з'єднана з плоским важелем 3. Верхня частина Г. подібного корпусу А ізолювана від нижніх частин Б і В. Для цього між ними поміщена прокладка з електроізоляційного матеріалу 12. На кінці вертикального елемента Г-подібної станини мікрометричний гвинт 8 із загостреним кінцем у вигляді конуса. Для забезпечення щільного сполучення муфти 7 з гвинтом 8 муфта розрізана на частини по двох діагональним напрямкам і забезпечена натяжною гайкою 6. Ця гайка охоплює муфту 7 і тим самим забезпечує щільне сполучення муфти 7 і гвинта 8. У правій частині мікрометричного гвинта поміщений круглий диск зі шкалою, що має 100 поділок. Ціна кожної поділки 1 мм. Для зняття відліку над диском є покажчик 1, що вільно обертається навколо диска.

У нижній частині горизонтального елемента Г-подібного корпусу по верхньому пропущений пазах рухається призма 11, чим досягається зміна бази від 20 до 50 мм.



Мал. 10 з'єднання рухомої призми тензометра з горизонтальною частиною корпусу (поз. див. на мал. 9)

Вимірювання деформації тензометром Н. Н. Аістова відбувається наступним чином. Тензометр спеціальною струбциною закріплюють на поверхні випробовуваного елемента, обертанням мікрометричного гвинта приводять до дотику його кінця (вістря) з контактом на рухомому важелі 3 (мал. 9, 3). У цей момент електричний ланцюг замикається, спеціальний пристрій 4 подає звуковий або світловий сигнал, і на диску береться перший (мал, 9, 1-е положення). Обертанням мікрометричного гвинта у зворотний бік розмикають електричний ланцюг Після цього випробовувану конструкцію завантажують, і ділянка елемента, поміщена в межах бази l , деформується (подовжується або коротшає) на $\pm \Delta l$. У зв'язку з цим верхній кінець рухомого важеля отримає переміщення. Обертанням мікрометричного гвинта знову замикають електричний ланцюг, тобто приводять до дотику кінці мікрометричного гвинта і рухомого важеля. Замикання електричного ланцюга супроводжується подачею звукового або світлового сигналів. У цей момент на диску береться другий відлік п. (мал. 9, 2-е положення диска).

Різниця відліків $\Delta n = n_2 - n_1$, пропорційна деформації, що виникає в межах бази $\Delta l = k \Delta n$, (де k -коефіцієнт пропорційності, рівний деформації, яка відповідає одній поділці диска).

Геометричні розміри d, L , крок мікрометричного гвинта підібрані з таким розрахунком, щоб збільшення приладу дорівнювало 1000 і відповідно ціна однієї поділки шкали 0,001 мм.

Повний оберт диска 2 відповідає деформації 100 мкм, а весь хід мікрометричного гвинта дозволяє вимірювати деформації 800 мкм без перестановки приладу.

В даний час на базі моделі ТА-2 тензометра Н. Н. Аістова створені поліпшені моделі ТА-3, ТА-6, ТА-7. Модель ТА-3 відрізняється від меншими габаритними розмірами і масою, так як корпус моделі ТА-3 виготовлений з алюмінію. Тензометр ТА-3 важить 37 г, його висота дорівнює 62 мм (тензометр Гугенберґера важить 70 г і висота його 135 мм). Модель ТА-6 відрізняється від попередньої в першу чергу тим, що точність вимірювання деформації тут доведена до 0,0001 мм. Тензометр ТА-7 відрізняється від моделі ТА-3 меншими габаритними розмірами; він має постійну базу 10 мм і призначений для вимірювання невеликих деформацій.

Цей тензометр не має лічильника обертів диска, так як мала величина бази обумовлює невеликі деформації.

Тензометри Н. Н. Аістова моделі ТА-2 і ТА-3 у порівнянні з іншими і, зокрема з тензометрами Гугенбергера, мають наступні переваги: малі габаритні розміри, що дає можливість встановлювати їх в стиснених місцях; хорошу стійкість; тільки одну важільну передачу, що підвищує ступінь надійності і дозволяє використовувати їх в тих випадках, коли конструкція коливається з малими амплітудами, без перестановки тензометра можна вимірювати деформації до 800 мкм. Поряд з цим тензометр Н. Н. Аістова характеризується недоліком: при вимірюванні деформації обертання диска відбувається вручну, при цьому не виключена можливість зсуву пера і зняття невірної відліку.

При розмиканні і замиканні електричного кола між кінцями пера мікрометричного гвинта тензометрів Н. Н. Аістова утворюється іскра. Ця іскра викликає обгорання місць дотику, що збільшує опір контакту і знижує точність відліку

Практична робота №4

Тема: Електричні тензометри належать до групи приладів, в яких для вимірювання деформацій використана залежність між деформацією омичним опором.

Визначення деформацій електричними тензометрами можна здійснювати при дії як статичних, так і динамічних навантажень. Електричний тензометр складається в основному з двох елементів: тензорезистора та реєструючої установки. Тензорезистор наклеюється на випробовувану конструкцію і після прикладення навантаження деформується разом з нею. Його опір змінюється, і реєструюча апаратура фіксує цю зміну. Реєструючу установку тензорезистора ставлять зазвичай на певній відстані від тензорезистора.

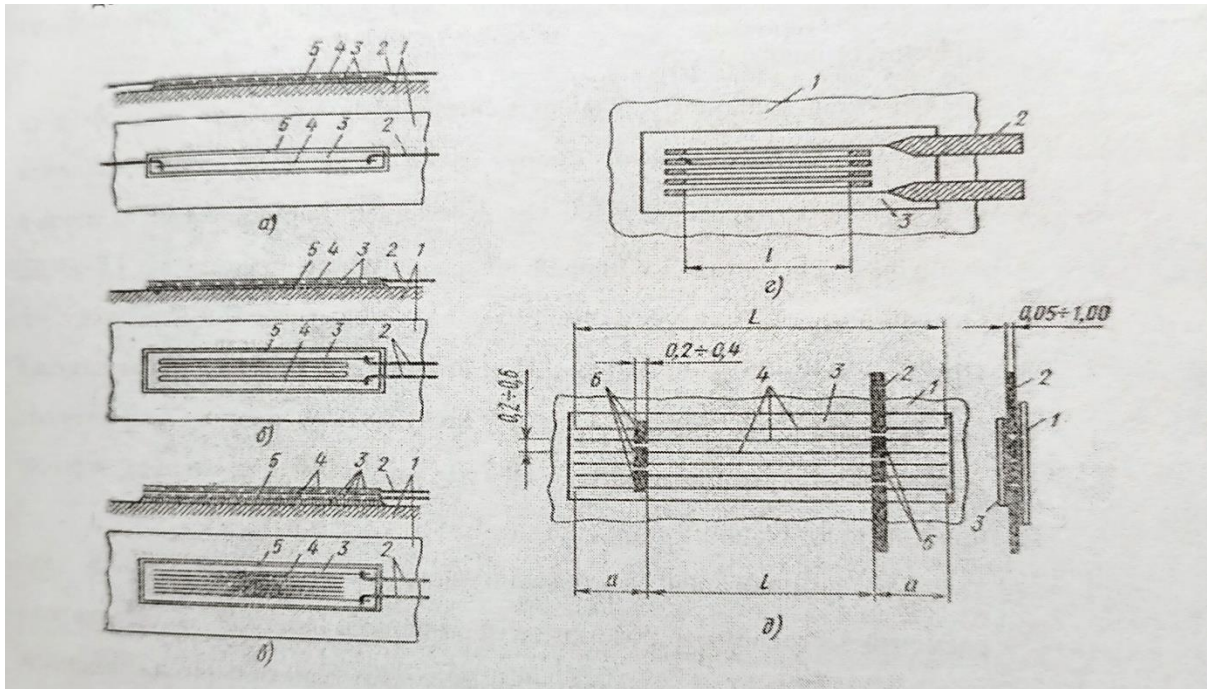
Для електротензометрії використовують як постійний, так і змінний струм. При випробуванні будівельних конструкцій тензорезисторами. металеву проволочку виготовляються даний час або майже 1 В користуються вугілля, застосовують тензорезистори, виготовлені з металевої проволочки або ВІСІХ випадках

Одна з основних характеристик тензорезистора є відношення відносного самору ак к по відносної деформації $\Delta l : l$, яке називається коефіцієнтом тензочутливості і являє собою безрозмірну величину

$$S = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l} = \frac{\Delta R/R}{\sigma} \cdot E$$

Де R номінальний опір тензорезистора. Ом, ΔR - приріст опору тензорезистора при зміні довжини на Δl ; l - робоча довжина тензорезистора (база).

Зміна омичного опору відбувається тому, що при його деформації змінюється довжина та діаметр проволочки.



Мал. 11 Схеми тензорезисторів, а однопроволочний; б- з проволочною решіткою; в- з загостреною проволочною решіткою; г- фольговий, д- з не петлевою проволочною решіткою; / випробовуваний елемент: 2 виводи, 3- основа; 4 проволочка; 5 шар клею, 6 перемички.

Робочою частиною тензорезисторів є або одна нитка (мал. 11, а), або сукупність декількох ниток у вигляді зигзагоподібної решітки (мал. 11, б), до кінців якої приєднані вивідні дроти 2 з мідних проволочок діаметром 0,15-0,3 мм.

Тензорезистор виготовляється із проволочки з високим електричним опором (звичайно зі сплаву константана, манганіна) діаметром 2-50 мкм. Проволоку тензорезистора (решітку) спеціальним клеєм наклеюють на високоякісний папір 3; поверх решітки також наклеюють папір. Зак наявності верхнього та нижнього паперових шарів проволочка датчика є ізольованою.

Найбільшого поширення набули багатопроволочні тензорез 11, б), вони забезпечують порівняно малу величину бази при великому значенні омичного опору.

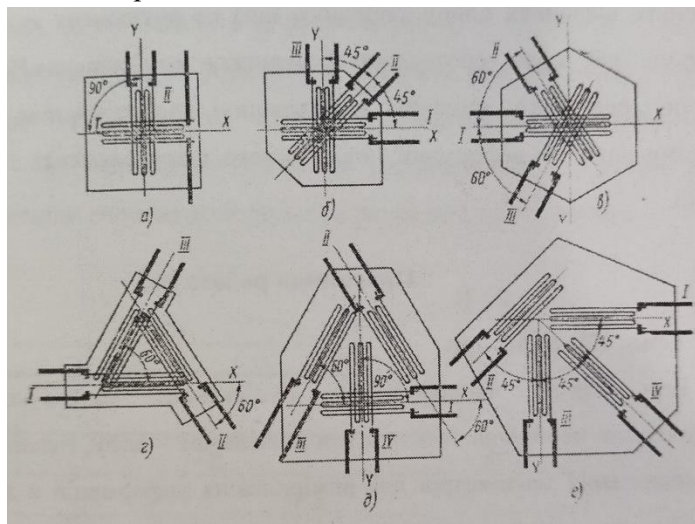
Довжина і діаметр проволочки тензорезистора залежать від необхідного значення його омичного опору, який приймається при статичних випробуваннях від 100 до 400 Ом. Коефіцієнт тензочутливості залеж основному від матеріалу проволочки і коливається в межах від 18 до 22 Основний розмір тензорезистора (база) з метою уніфікації нормований - 5; 10; 20; 30; 50; 75; 100; 200 мм. При випробуваннях металевих конструкції зазвичай використовуються бази до 20 мм, а при випробуваннях залізобетонних конструкцій - 50-200 мм Вагатензорезистора дорівнює приблизно 0,01 г.

Для вимірювання деформацій при складному напруженому ста елемента застосовують розетки тензорезисторів (мал. 12), які складаються декількох звичайних тензорезисторів, орієнтованих у різних напрямках Цими розетками вимірюють деформації за трьома напрямками і за ними визначають головні деформації (головні напруження).

Для усунення впливу поперечних деформацій на результати випробування застосовують кілька різновидів тензорезистор

Якість приклеювання тензорезисторає великий вплив на точність вимірювання деформації. До приклеюваннятензорезистора поверхню елемента необхідно ретельно підготувати. Металеву поверхню очищають (напилком або наждачним папером) від фарби і корозійного шару, потім знежирюють розчинником (ацетоном або толуолом) і промивають спиртом.

Поверхню бетонного елемента очищають від пилу, глибокі раковини заповнюють гіпсом, зашліфують шкуркою і протирають тампоном, змоченим в розчиннику, промивають спиртом і наносять тонкий шар клею,



Мал. 12 Розетки, складені з окремих тензорезисторів: а - під кутом 90°; б - 45°; в - 60° (зіркоподібні); г - 60° (трикутні); д-е-60° (комбіновані з прямокутними); ф - 45° (комбіновані)

який добре висушують. На підготовлену таким чином поверхню елемента знову наносять тонкий шар клею і висушують його протягом певного часу (бакеліт-фенольний-15 хв і ацетил-целюлозний-3 хв), після чого на нижню поверхню тензорезистора наносять тонкий шар клею, накладають його на поверхню елемента і накатують гумовим валиком.

Для приклеюваннятензорезистора до елемента застосовують той же вид клею, яким проволочка наклеєна на папір. У процесі сушіння клею для забезпечення належної якості шва необхідно тензорезисторзавантажити (2-4 кг/см³).

У процесі приклеювання тензорезистора його цілісність і придатність повинні перевірятися двічі: перша перевірка - цілісність проволоки проводиться негайно ж після його приклеювання омметром; друга перевірка - якість ізоляції проволокитензорезистора (шару клею) вимірюванням опору шару клею мегаомметром. При статичних випробуваннях опір шару клею не повинен бути менше 50 Мом. При менших значеннях опору клейового шва не виключена можливість витoku струму, що може спотворити результати вимірювання. Встановлено, хороші результати виходять при товщині клейового шва до 0,20 мм. у такому випадку деформації поверхневого шару елемента і тензорезистора рівні. Здійснюється

Практична робота №5

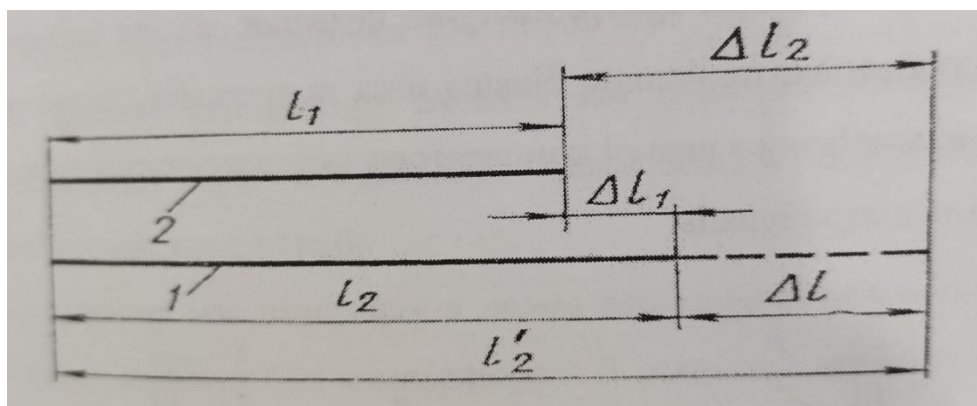
Тема: Компаратори

При деяких випробуваннях будівельних конструкцій за ходом деформацій необхідно спостерігати довгий час добу, місяці та навіть роки. Використання тензометрів для вимірювання деформацій в даному випадку пов'язано з деякими незручностями: ускладнюється захист вимірювальної установки від струсів, дії вологи та пилу. Тому в таких випадках для вимірювання деформацій застосовують спеціальні переносні прилади компаратори, які встановлюють на випробовувану конструкцію лише в процесі взяття показань.

Вимірювання деформацій компараторами здійснюється наступним чином: на поверхню випробовуваного елемента наносять дві риски, відстань між якими (база) береться 250, 500, 1000 мм.

В комплект компаратора входить стержень, виготовлений з матеріалу з дуже малим коефіцієнтом лінійного розширення, наприклад з інвару. На нього нанесені дві риски. На випробуваний елемент на відстані, приблизно рівному відстані на еталоні, наносять два штриха.

Спочатку компаратор встановлюють на еталонний стержень так, щоб його ніжки співпадали з рисками, і за шкалою компаратора беруть перший відлік. Після цього компаратор переносять на випробовувану конструкцію та встановлюють так, щоб його ніжки співпадали з рисками на конструкції, і на шкалі беруть другий відлік. Якщо відстань між рисками стержня l_1 порівнює відстані між рисками випробовуваної конструкції (мал. 13) l_2 , то обидва відліки будуть рівні. Якщо ж відстань між рисками не рівна (що у більшості випадків має місце), то обчислюють їх різницю $\Delta l_1 = l_2 - l_1$. Після цього конструкцію завантажують, вона деформується, відстань між рисками, нанесеними на поверхню випробовуваного елемента, змінюється; обчислюють різницю $\Delta l_2 = l_2 - l_1'$. Різниця $\Delta l = l_2 - l_1'$, є значенням тієї деформації, яку отримав випробуваний елемент конструкції в результаті завантаження.



Мал. 13 Розрахункова схема для вимірювання деформацій компаратором:

1 - випробуваний елемент; 2 еталонний стержень

Таким чином, для вимірювання деформацій компаратором немає необхідності вимірювати довжину еталону та елемента, достатньо виміряти прирощування бази після завантаження конструкції.

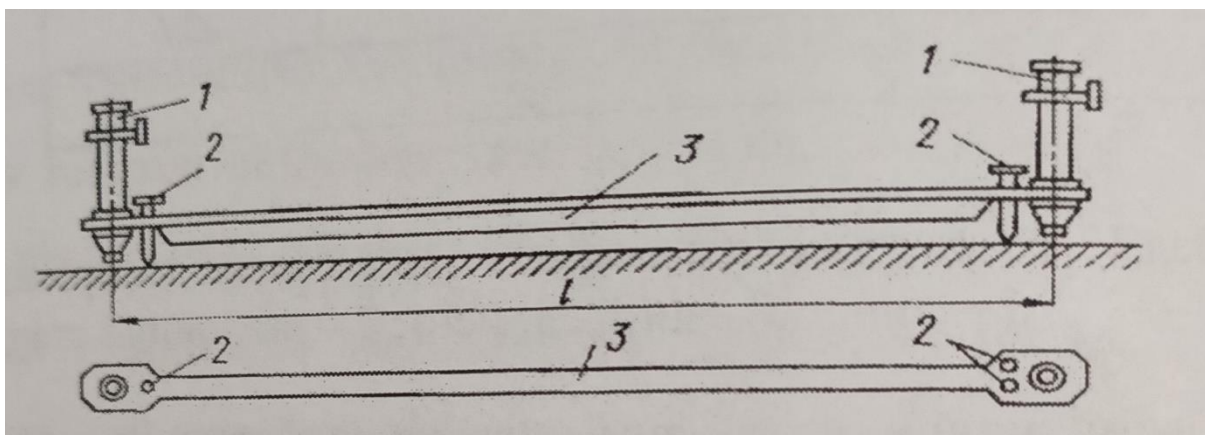
Операція змінення деформації компаратором повинна здійснюватись при однакових температурах. Якщо з якої-небудь причини це неможливо, тоді необхідно при обчисленнях деформації врахувати вплив температури з показань компаратору

В залежності від принципу роботи та від конструктивної схеми розрізняють дві групи компараторів: 1) оптичні та 2) механічні.

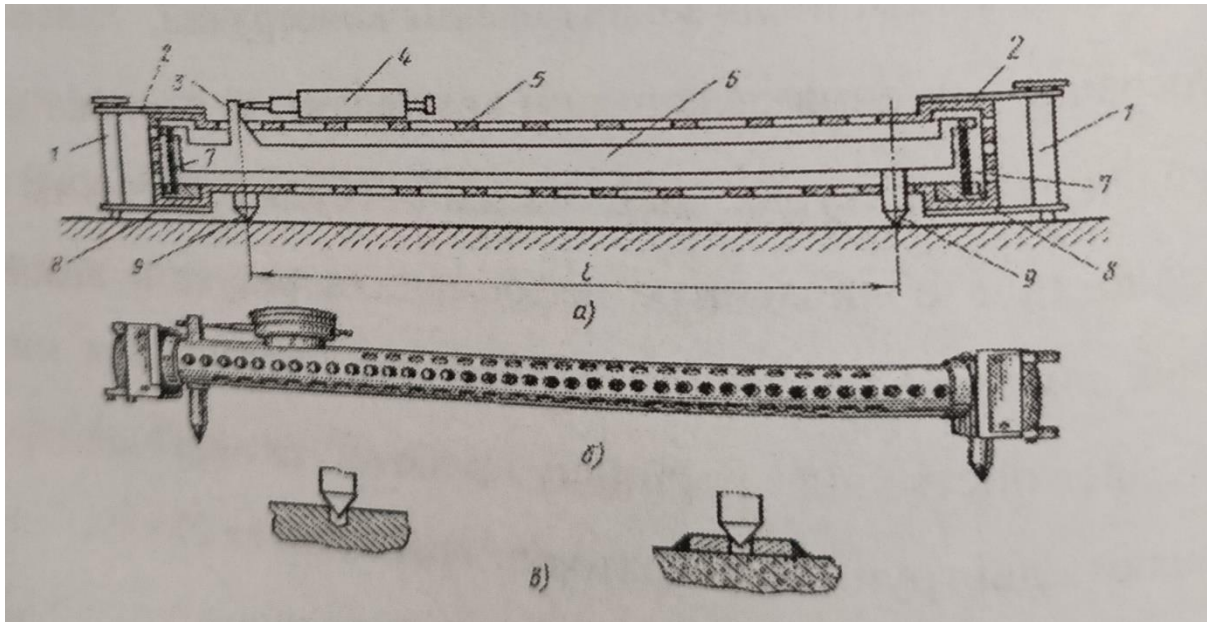
Оптичний компаратор (Київської мостовипробувальної станції, мал. 14) складається з наступних частин: стержня 3 (штанги) Т-подібного перерізу, який опирається на випробуваний елемент гвинтами 2 в трьох точках, двох мікроскопів і з вимірювальною шкалою. Прилад встановлюють на елемент спеціальними прижимами. Як правило, в процесівського вимірювання компаратор повинен знаходитися в одному положенні, для чого гострі кінці, що розміщені на правому та лівому кінцях стержня, встановлюють в спеціальні лунки. Для вимірювання деформацій компаратор встановлюють спочатку на сталонний стержень, а потім переносять на елемент, деформацію якого вимірюють

Точність вимірювання деформацій оптичними компараторами залежить від збільшення мікроскопу та складає 0,01-0,001 мм.

Оптичні компаратори мають наступні недоліки: відліки необхідно брати на двох мікроскопах, порівняно більша маса та чутливість до вимірювання температури, у зв'язку з чим ці компаратори застосовуються в основному для лабораторних випробувань.



Мал. 14 Схема оптичного компаратора: мікроскоп: 2 встановлювальні гвинти, 3 - стержень



Мал. 15 Механічний компаратор КД-2: 1 принципова схема, б загальний вигляд: в деталі спірання; 1- ручка приладу; 2 та 8 планки, 3 виступ для упору індикатора 4; 5 корпус; 6- 3-стержень; 7- пружини, 9 опорні конуси

Механічний компаратор КД-2 (С.Л. Душечкіна, мал. 15) складається з наступних елементів: корпусу 5, на стінках якого є вирізи для полегшення його ваги, стержня 6, виготовленого з інвару, який з'єднується з корпусом за допомогою пластинчатих пружин 7 та може переміщуватись вздовж своєї повздовжньої осі.

Компаратор на випробувану конструкцію опирається двома конусами 9, з яких лівий жорстко з'єднаний з корпусом, а правий зі стержнем 6; на лівому кінці стержень має виступ 3, на кінець якого опирається шток індикатора 4. Ціна поділки шкали індикатора дорівнює 0,002 мм. База компараторів дорівнює 250 та 500 мм.

В комплект компаратору входять дві пари опорних конусів; низькі застосовуються при вимірюванні поверхневих деформацій арматури залізобетонних конструкцій.

Компаратор має пластинку з двома циліндричними гніздами, відстань між якими дорівнює базі компаратора /. В комплект приладу входить також скоба з двома конічними загостреннями на кінцях, що розташовані також на відстані 4. Ці конічні загострення на кінцях служать для намітки кернів на поверхні випробовуваного елемента. По наміченим кернам висвердлюють конічні гнізда глибиною 0,5-1 мм. Глибину гнізд підбирають з таким розрахунком, щоб вставлені в них опори не торкались дна, а упирались своїми конічними поверхнями у верхні кромки гнізд (мал. 15,в). При вимірюванні на поверхнях застосовують спеціальні пластинки з кольорового металу, що прикріплюються під ніжки приладу цементним чи гіпсовим розчином.

Вимірювання деформацій цими компараторами здійснюється наступним чином: спочатку компаратор встановлюють на еталонний стержень, для чого конуси компаратора встромляють у відповідні отвори еталонного стержня. В цей момент за шкалою індикатора беруть перший

відлік c . Потім компаратор переносять на випробуваний елемент та в тій же послідовності виконують вказані вище операції та беруть другий відлік c . Обчислюють різницю цих відліків

$$\Delta l = c_1 - c_2$$

Після цього конструкцію завантажують, повторюють все вищевикладені операції та визначають різницю відліків.

Практична робота №6

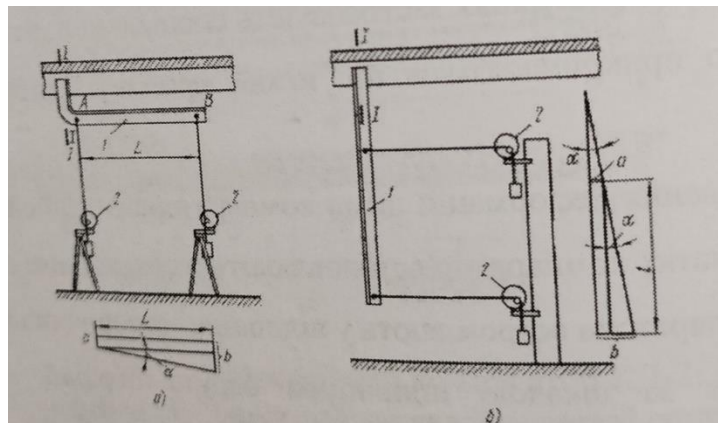
Тема: Клинометри

Прилади, якими вимірюють кути повороту перерізів чи окремих елементів конструкцій (балок, ригелів, колон, а також конструкцій в цілому), називаються клінометрами.

Ричаговий клінометр. Колективом механічної лабораторії під керівництвом Н.Н. Аїстова розроблена спрощена установка для вимірювання кутів повороту, названа автором ричаговим клінометром. Ця установка забезпечує точність, достатню для інженерної практики. Установка складається в основному з одного ричага 1 та двох прогиномірів 2 (мал. 16).

Для вимірювання кута повороту елемента конструкції в перерізі 1-1 на ньому жорстко закріплюють горизонтально (мал. 16, б) ричаг, виготовлений з кутової сталі. На ньому обирають дві точки А і В на відстані 1000 мм одна від одної та за допомогою прогиномірів вимірюють їх переміщення.

Вимірювання кута повороту елемента конструкції здійснюється наступним чином



Мал.16 Ричаговий клінометр 2-3 горизонтальним та б з вертикальним ричагом

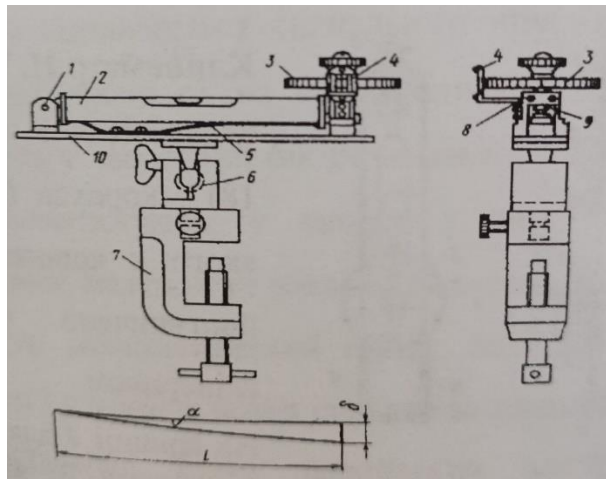
До завантаження конструкції по обох прогиномірах беруть відліки c_1 та c_2 . Різницю відліків, знятих до і після завантаження, $a = c_1 - c_1$ $b = c_2 - c_2$ визначають переміщення відповідних точок. Тангенс кута повороту перерізу (мал. 16)

$$\tan \alpha = (b - a) / l.$$

Якщо для вимірювання переміщень точок А і В використовувати прогиноміри, точність яких дорівнює 0,01 мм, то точність вимірювання кута буде дорівнювати 0,01 / 1000 = 0,00001, що відповідає значенню кута 2

У випадку необхідності можна збільшити точність вимірювання, збільшивши відстань (базу) між точками А та В. Клинометр Стоппані. Основним елементом каннометра Стоппані є рівень 2 поміщений в обойму (мал. 17), яка одним кінцем шарнірно спирається на планку 10 за допомогою провусини 1 і одночасно на пластинчасту пружину 5. На іншому кінці закріплена скоба 5, через яку проходить мікрометричний гвинт 9. На верхньому кінці мікрометричного гвинта насаджений лімб 3 з діленнями. На скобі закріплений показчик 4 за допомогою якого по лімбу беруть відліки.

Клинометр на випробовуваний елемент закріплюють спеціальною струбциною 7, на верхньому кінці якої поміщений сферичний шарнір 6.



Мал. 1.29 Клинометр Стоппані

Вимір кута повороту клинометром Стоппані відбувається таким чином, Клинометр закріплюють на досліджуваному елементі за допомогою сферичного шарніра 6, рівень горизонту приводять в горизонтальне положення. Точна установка виконується обертанням мікрометричного гвинта 9 (1 разом з ним диска 3), після чого на диску береться перший відлік c_1 . В результаті завантаження конструкції випробовуваний елемент обертається на кут α і рівень виходить з горизонтального положення, Обертанням мікрометричного гвинта рівень знову приводять в горизонтальне положення і на диску беруть другий відлік c_2 . По різниці відліків

$c_2 - c_1$ обчислюють вертикальне переміщення δ кінця мікрометричного гвинта 9; кут повороту визначають по формулі -

$$\tan \alpha = \delta / l$$

Де l - відстань між лівою опорою обойми (шарніра) і віссю гвинта, рівне 175 мм.

Крок мікрометричного гвинта дорівнює 1/3 мм, кількість ділень на диску 60, переміщення кінця гвинта, що відповідає одному діленню диска, рівне $1 : 3 : 60 = 0,0055$, отже

$$\delta = 0.0055(c_2 - c_1)$$

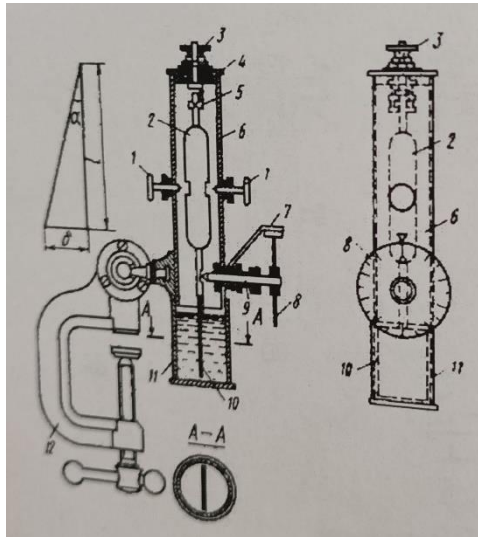
Якщо значення δ підставити у вираження $\tan \alpha$ отримаємо

$$\tan \alpha = \frac{0.0055(c_2 - c_1)}{175} = 0.00003(c_2 - c_1)$$

Точність виміру кута повороту цим клинометром дорівнює 6

Клинометр Н. Н. Аістова (IV модель) складається з наступних частин(мал. 18): корпуси б, на верхньому кінці якого є кришка 4, а на нижньому пригвинчено гліцерином. Скло 11 заповнений гліцерином.

На кришці 4 для приєднання дротів є затискувач 3, який ізолюваний від корпусу. На нижньому кінці затискувача



Мал. 18 Кометр Н. Н. закріплено коромисло 5, до якого підвішений маятник 2. На нижньому кінці маятника

закріплена пластинка 10, площина якої орієнтована перпендикулярно площини рухомого маятника. При русі маятника одночасно рухається занурена в гліцерин пластинка 10, демпфуючи його коливання, що підвищує точність приладу. На нижній ділянці корпусу є мікрометричний гвинт 9, на одному кінці якого запресована сталева кулька діаметром 2 мм, а на іншому надітий диск 8 з діленнями і покажчик 7 для взяття відліків.

На верхньому кінці корпусу з двох протилежних сторін є два гвинти 4, якими при перенесенні клинометра орієнтують маятник. Один з цих гвинтів використовується також як другий полюс при включенні приладу в електричний ланцюг. У верхній частині корпусу є вирізи для огляду деяких деталей клинометра. На досліджуваній елемент клинометр закріплюють струбциною 12. За допомогою сферичного шарніра клинометр встановлюють у вертикальному положенні.

Клинометр за допомогою гвинта 1 і затискування 3 включають в електричний ланцюг.

Вимір кута повороту елемента а здійснюють таким чином. Після закріплення клинометра на досліджуваній елемент його корпус і маятник встановлюють у вертикальному положенні. Обертанням мікрометричного гвинта його приводять в зіткнення з кінцем маятника. Момент замикання електричного ланцюга відзначається сигнальним пристосуванням. У цей момент беруть перший відлік с1 на шкалі приладу. Потім обертанням мікрометричного гвинта у зворотний бік розмикають електричний ланцюг. Далі конструкцію завантажують, у зв'язку з чим елемент разом клинометром обертається, маятник же зберігає первинне положення.

Обертаючи знову мікрометричний гвинт, його вістря приводять в тиск з маятником і у момент появи сигналу за шкалою приладу беруть другий відлік Відстань/від точки закріплення маятника мікрометричного гвинта дорівнює 100мм, число ділень на диску дорівнює 100, крок мікрометричного гвинта - до вістря мікрометричного гвинта, що відповідає одному діленню шкали приладу - 0,25мм Отже, переміщення вістря $\delta = 0,25 \cdot 100 = 0,0025$ мм $\delta = 0,0025 \cdot (c_2 - c_1)$, де δ переміщення вістря мікрометричного гвинта.

Тангенс кута повороту

$$\tan \alpha = \frac{\delta}{l} = \frac{0,0025(c_2 - c_1)}{100} = 0,000025(c_2 - c_1)$$

Точність виміру кута повороту клинометром Н. Н. Аістова дорівнює 5.

Практична робота №7

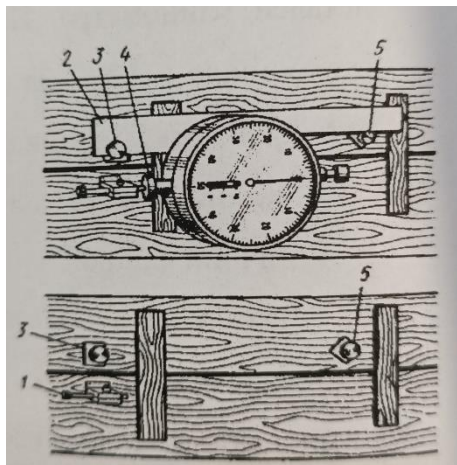
Тема: Здвигоміри

Деформації зрушення вимірюють приладами, які називають здвигомірами.

Прості методи і пристосування для виміру деформації зрушення.

Деформації зрушення можна виміряти штангенциркулем. Цей спосіб простий, але дає низьку точність вимірювання і тому його рекомендують лише у тому випадку, коли абсолютне значення деформації порівняно велике, наприклад при випробуванні дерев'яних склеєних балок.

Для виміру зрушення складеної дерев'яної балки в кожен її елемент забивають цвяхи, і відстань між ними вимірюють штангенциркулем. При завантаженні конструкції відбувається зрушення елементів складеного перерізу і тим самим 10 Вимірювання здвигоміром атором змінюється відстань між цвяхами, яку заново вимірюють. Різниця цих двох вимірів і є величина деформації зрушення. Точність вимірювання деформації цим методом не перевищує 0,1 мм



Мал 19

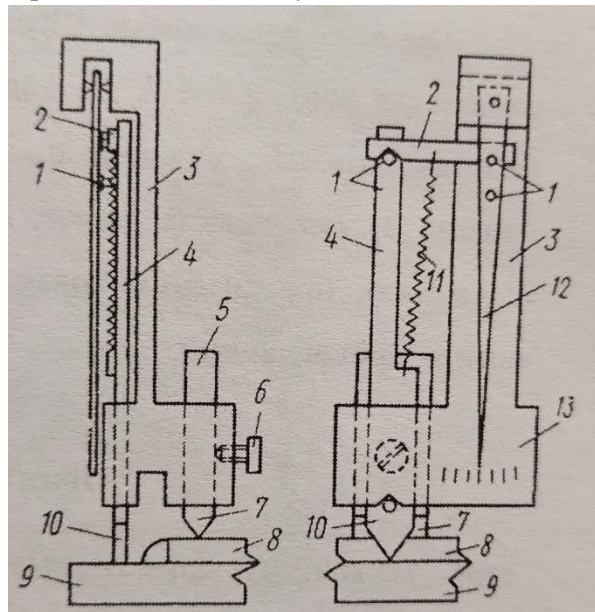
Для точнішого вимірювання деформації зрушення між окремими елементами дерев'яної складеної балки можна використати індикатор який закріплюють на

випробовуваний елемент (мал. 19). Із заднього боку індикатора закріплена металева планка 2, яку встановлюють штифтами 315 кріплять на верхній елемент складеної балки. Шток індикатора має бути паралельний напрямку зрушення, а його кінець повинен упиратися впритул /, який закріплений на нижньому елементі складеної балки. Для виміру величини зрушення потрібно два відліки с та суна шкалі індикатора дес- відлік до завантаження балки, ст після завантаження). Визначається

$$\delta = 0.01(c_2 - c_1)$$

Здвигомір Штейгера призначений в основному для вимірювання зрушення елементів металевих конструкцій.

Прилад (мал. 20) на досліджуваній елемент спирається двома призми 10 і 7. Призма 10 є закінченням рухливого важеля 4. Із заднього боку (Мал. 20)Здвигомір Штейгера корпусу 3 закріплений рухливий стержень 5, на нижньому кінці якого поміщена



Мал. 20 Здвигомір Штейгера

призма 7. Фіксація положення рухливого стержня 5 робиться гвинтом 6.

До верхнього кінця рухливого важеля 4 шарнірно закріплена 2, правий кінець якої також шарнірно сполучений із стрілкою 12 3 переднього боку, в нижній частині корпусу, поміщена шкала 13 1 міліметровими діленнями. Для усунення люфтів пластинка 2 сполучена пружиною 11 з рухливим важелем 4

У верхній частині рухливого важеля і стрілки на різних рівнях поміщені штифти 1, які дають можливість змінювати співвідношення плечей важелів, а отже, ціну ділення шкали. Розміри елементів приладу підібрані з таким розрахунком, що його збільшення дорівнює 1000 і відповідно точність виміру деформації дорівнює 1 мкм. Вимірювання деформації здвигоміром Штейгера здійснюється деформацій тензометром вимірювання повздовжніх Гугенберґера.

До завантаження конструкції прилад струбциною закріплюють на досліджуваній елемент і за шкалою приладу беруть перший відлік 1. Після завантаження конструкції елементи і взаємно зрушуються, стрілка переміщається і після цього беруть другий відлік, Величину зрушення визначають $\delta = 0.01(c_2 - c_1)$.

Перевагоюоздвигоміра Штейгера є можливість зміни рівня точок, що спирається призма 10 і 7. До недоліків слід віднести постійність величини бази (відстань між точками опори) і порівняно велику ширину опорної призми 7, оскільки в межах ширини опори елемент деформується можливість прослизання призми, що може спотворити дійсне значення вимірюваної величини.

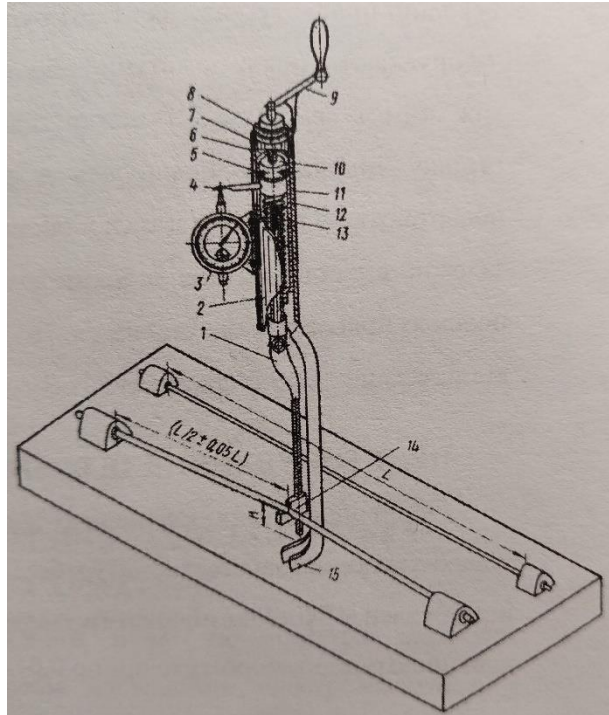
Практична робота №8

Тема: ПРИЛАДИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ НАТЯГНЕННЯ АРМАТУРИ, ЗСУВУ, ВИЗНАЧЕННЯ ДІАМЕТРУ АРМАТУРИ ТА ТОВЩИНИ ЗАХИСНОГО ШАРУ

Методи, використовувані зазвичай для визначення напруги в елементах конструкцій, таких як оптичні, метод крихких покриттів, метод електротензометрії, магнітні методи і т. д., виявляються непридатними для контролю величини натягнення арматури, оскільки на результати вимірів впливає значний вплив зміни температури, якість плющення арматури, неоднорідність її поверхні та ін. Класифікація приладів для контролю натягнення арматури поділяють за їх основними показниками:

- а) по класу точності (для еталонних приладів до 0,5%; для приладів лабораторного типу - 1%; для приладів виробничого призначення до 4%).
- б) по діаметру арматури (для арматури малих діаметрів до 6 мм; для арматури середніх діаметрів ММ). до 15 мм; для арматури діаметрами до 40 мм.)

Динамометр типу ПРД. На мал. 1.36 показаний динамометр типу ПРД- 6, яким вимірюють натягнення стержневої і прядевої арматури. Цей прилад характеризується наступними даними: найбільший діаметр арматури – 30мм найменша відстань між опорами арматури (бала) свідчення -2 м; точність свідчення приладу по тарировочному графіку $\pm 10\%$; ціна ділення шкали індикатора - 0,001 мм крок ходового гвинта 1,75мм максимальне зусилля, що розвивається пружиною 100кг, хід рухливого крюка - не менше 55 мм; маса приладу 3 кг; габаритні розміри приладу 600X100X60 мм.



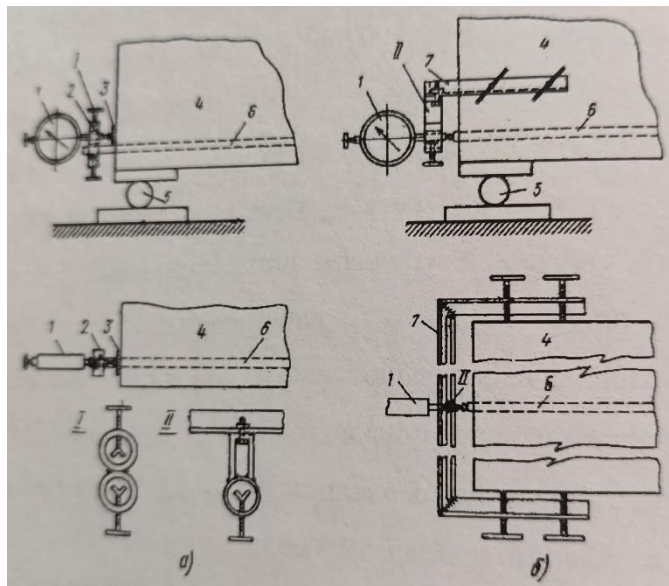
Мал. 21 Пружинний динамометр
ПРД-6

Дія приладу побудована на тому, між прогином натягнутого | що арматурного стержня і зусиллям, що викликає прогин, Існує певна тяга; 2 - корпус; 3- індикатор; 4 - поводок, 5-гвинт, 6-ходовой гвинт, 7 залежність. Прилад влаштований таким ковшак,9 чином. Силівимірююча пружина 13 голівка корпусу: 8 маховичок, 10-гайка; 11 сердечник;12 склянка, 13- динамометра надіта на сердечник і силівимірююча пружина, 14 крюк поміщена в скляний прилад 12 (мал.21), який зверху закритий гайкою 10; через гайку проходить ходовой гвинт 6, на верхньому кінці якого встановлений маховик 8 з діленнями і рукоятка 9. Сердечник прикріплений до поводка 4, кінець якого стикається з кінцем стержня індикатора 3, закріпленого на корпусі приладу. Нижній кінець сердечника сполучений з тягою 1, на нижньому кінці якої поміщений крюк 14. Продовженням корпусу приладу є лапи 15.

Для визначення величини натягнення арматури прилад поміщають по середині прольоту (див. мал. 1.36) і упирають лапами 15 у дно форми. Крюк /4 опускають нижче арматури і обертанням маховика встановлюють контакт між ним і арматурою і злегка підтягують стержень. Одночасно велику стрілку індикатора поєднують з нульовим діленням шкали. Маховик повертають кілька разів (число оборотів маховика підбирають заздалегідь залежно від відстані між опорами арматури бази, діаметру арматури) і за шкалою індикатора беруть відлік. По тарировочної характеристиці приладу і відліку за шкалою індикатора визначають зусилля в натянутій арматурі.

ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЗСУВУ АРМАТУРИ

Привипробуванні попередньо напружених залізобетоннихконструкції, дляякихвикористовується арматурабезанкеруваннядіаметром більше 6мм, іноді буває необхідно вимірювати зсув арматури. Здійснюють індикатором з точністю 0,01мм (мал. 22).



Мал. 22 Пристосування для вимірювання зсувів арматури: 1- індикатор; 2 хомутик, 3 упорна пластинка; 4 виріб; 5 каток, 6 арматура; 7- струбцина

Розрізняють дві схеми для вимірювання зсувів арматури: 1) арматура виходить за межі торця випробовуваної конструкції (мал. 22, а); 2) арматура не виходить за межі торця випробовуваної конструкції (мал. 1.39, б). У першому випадку (хомутика 2 кріпиться до арматури 6 таким чином, щоб його шток упирився в упор 3, встановлений на торці випробовуваної конструкції. Індикатор повинен показати при цьому відлік 3-4 мм. Якщо в процесі навантаження конструкції відбудеться проковзування арматури, показання індикатора зміняться. Величину проковзування можна розрахувати як різницю відліків до та після навантаження.

У другому випадку (мал. 22, б) індикатор 1 встановлюють на спеціальну струбцину 7, яка кріпиться до випробовуваної конструкції 4. Шток індикатора повинен упиратися в торець арматурного стержня 6. Методика вимірювання та ж, що і в попередньому випадку.

ВИМІРЮВАННЯ ТОВЩИНИ ЗАХИСНОГО ШАРУ ТА ДІАМЕТРА АРМАТУРИ

Вимірювання товщини захисного шару та діаметра арматури залізобетонних конструкцій і виробів здійснюють електромагнітним і радіографічним методами. Електромагнітний метод заснований на залежності, яка пов'язує магнітний опір між полюсами датчика та положенням сталеві арматури щодо цих полюсів.

Вимірювання товщини захисного шару приладом ІЗС. Прилад призначений для вимірювання товщини захисного шару арматури залізобетонних конструкцій і виробів. Цим же приладом можна знайти точки перетину арматури.

Максимальна товщина захисного шару, що реєструються приладом лежить у межах від 0 до 150 мм (в залежності від діаметра арматури). Прилад ІЗС змонтований у корпусі, де на платі поміщені шкала й перемикач для управління його основними вузлами (мал. 23).

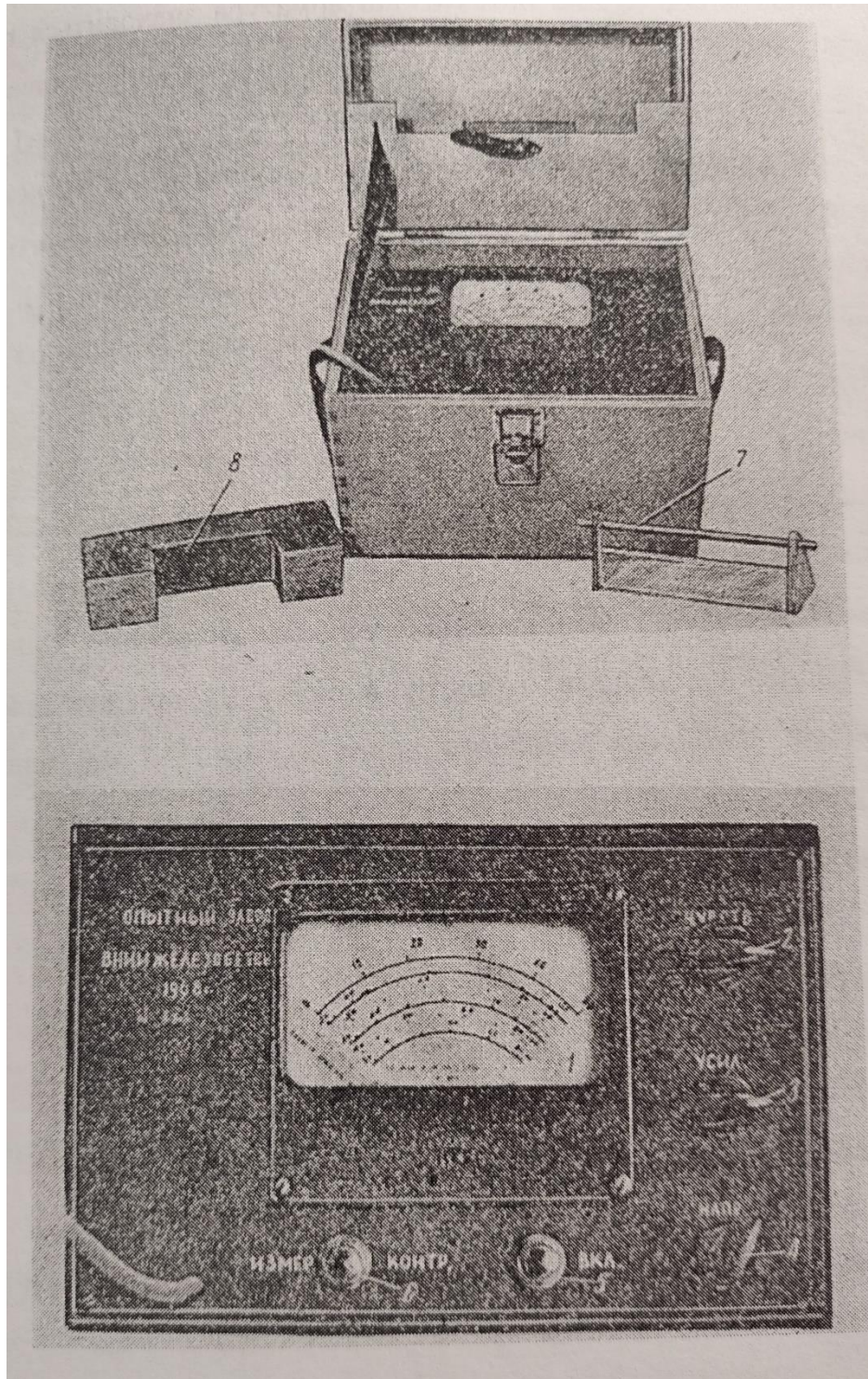
Шкала приладу 1 градуїрована в залежності від товщини захисного шару і діаметрів арматури в мм. Якщо визначення товщини захисного шару відбувається для значень діаметра арматури, які не позначені на шкалі приладу, то необхідно застосувати спеціальні таблиці або тарувальні графіки.

Прилад тарований для одношарової гладкої арматури діаметром 6, 8, 10, 12 і 16 мм при мінімальному кроці 100 мм. Прилад може працювати при зміні температури зовнішнього середовища в межах від -10 до +40° С. Живлення приладу передбачено сухими елементами типу ФМЦ-2-3,2. Габаритні розміри приладу 262x176x192 мм, вага не більше 5 кг

Основною частиною приладу є індуктивний збалансований міст, одним плече якого є датчик 8.

Якщо датчик наближати до сталеві арматури, міст розбалансується і величина розбалансування буде змінюватися в залежності від відстані, діаметра стержня та його розташування відносно датчика.

Вимірювання здійснюється в такій послідовності: включають тумблер живлення 5 (мал. 23), потім тумблер режиму роботи 6 перемикають у положення «контроль», а регулятором 4 - «напруга» стрілка індикатора поєднується з червоною рисою на верхній шкалі; після цього тумблер режиму 6 встановлюють положення «вимірювання». Датчик встановлюють на еталон 7, який входить у комплект приладу. Він являє собою відрізок сталеві арматури діаметром 6 мм, який жорстко з'єднаний із двома стійками, виготовленими з органічного скла, висотою приблизно 50 мм. Якщо зусилля і чутливість підібрані правильно, то стрілка індикатора повинна зійтись з червоною рисою, якій відповідає поділка «50» на шкалі. Якщо стрілка не доходить до контрольної цифри (50), треба збільшити зусилля й зменшити чутливість. Після цього можна вважати прилад готовим для роботи.



Мал 23 Прилад 13С для визначення товщини захисного шару й діаметру арматури (а) і його панель (б): 1 - шкала; 2 - регулятор чутливості; 3- регулятор посилення; 4 – регулятор напруги; 5 - тумблер живлення; 6- тумблер режиму роботи; 7 еталон; 8 датчик

Якщо діаметр арматури заздалегідь відомий, то на індикаторі підбираємо відповідну шкалу. За випробуванням зразком або по конструкції пересуваємо датчик до тих пір, поки на шкалі індикатора не отримаємо найменшого відліку, це показує, що арматура знаходиться під датчиком. Одночасно на шкалі, що відповідає діаметру арматури, визначаємо товщину захисного шару (відстань від поверхні бетону до осі арматури) у мм.

Визначення діаметра арматури у залізобетонних конструкціях та виробках здійснюють також приладами 13С. Для цього по ділянці конструкції, на якій потрібно визначити діаметр арматури, пересуваємо датчик 8 (див. мал. 1.40) до тих пір, поки на шкалі індикатора не отримаємо найменшого відліку. У цей момент на всіх шкалах індикатора (що відповідають діаметру арматури) беремо відліки. Зберігаючи положення датчика, розміщуємо під ним відрізок дошки товщиною 10-20 мм, і на всіх шкалах беремо відліки. Діаметр арматури відраховується по тій шкалі, по якій відлік буде відрізнятися від попереднього на товщину дошки.

Наприклад, якщо в першому випадку на шкалах приладу відліки відповідали товщинам захисного шару 30, 36 і 37 мм для арматури із діаметрами 6, 8 та 10 мм, а після додавання дошки товщиною 10 мм відліки на шкалах будуть 40, 48 і 49 мм, то додаючи до перших відліків товщину дошки 10 мм ($30+10=40$; $36+10=46$; $37+10=47$ мм) і порівнюючи результати з другими відліками, побачимо, що збігаються відліки, які відповідають шкалі з діаметром 6 мм ($30+10=40$), тобто діаметр арматури дорівнює 6 мм.

Практична робота №9

Тема: ВИПРОБУВАННЯ БЕТОНУ, МЕТАЛУ, ДЕРЕВИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРИЛАДІВ МЕХАНІЧНОЇ ДІЇ

Із механічних приладів для випробування бетону застосовують прилади для вимірювання величини пружного відскоку й прилади для утворення лунки на поверхні бетону. В обох випадках визначають міцність зовнішніх шарів бетонного зразка. Ці методи дають похибку у визначенні міцності бетону, так як міцність зовнішніх шарів бетону часто відрізняється від міцності його внутрішніх шарів.

Для визначення міцності бетону механічним методом необхідно підготувати поверхню зразка. В тому випадку, якщо поверхня контрольованого виробу облицьована, необхідно оголити основний бетон виробу шляхом видалення шару облицювання. Кількість ділянок для випробування визначають залежно від розмірів конструкції або виробу, від її ступеня відповідальності і приймають не менше 12. Розташування їх намічають із таким розрахунком, щоб 2/3 з них перебували в межах найбільш напружених місць виробів або конструкцій, а 1/3-рівномірно на решті поверхні. Площа однієї ділянки повинна бути не менше 100 см², з таким розрахунком, щоб на кожному з них можна було зробити 5-10 вимірювань.

Для визначення міцності бетону необхідно побудувати тарувальну криву, для чого проводять паралельні випробування бетонних зразків неруйнівними і руйнівними методами. Межа міцності руйнівним методом визначається як середнє арифметичне з точністю до 1 кг/см²

Для побудови тарувальної кривої випробують не менше 36 зразків розміром 20x20x20 або 15x15x15 см, що виготовлені з трьох замісів бетонної суміші однакового складу, з одних і тих же матеріалів і які твердіють в однакових умовах.

Молоток Шмідта (мал. 24) широко поширений у практиці визначення міцності бетону у залізобетонних виробках. Достатньо зазначити, що застосування цього приладу передбачено

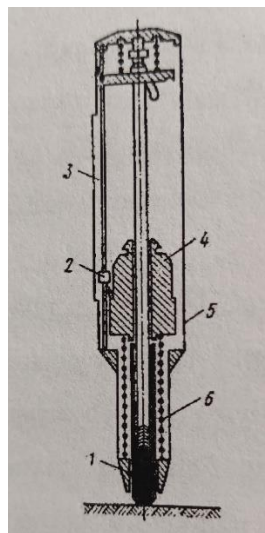
стандартом ГДР-Din4240. Прилад характеризується порівняно високою точністю визначення міцнісного показника, особливо для бетонів високих марок.

Молоток встановлюють перпендикулярно до поверхні елемента, який випробовують, і натисканням руки всувають ударник 1 всередину корпусу 5 приладу. Коли ударник повністю зникне в корпусі, молоток 4 автоматично звільняється і під дією спіральної пружини 6 ударяє по ударнику і відскакує назад на відстань, яка фіксується стрілкою 2 на шкалі 3, розміщеній на корпусі приладу із зовнішньої сторони. Визначення міцності бетону на стиск відбувається з використанням тарувальної кривої «міцність - величина відскоку»

Є три моделі молотка Шмідта, які відрізняються в основному за величиною енергії удару.

У Румунії розроблена інструкція по випробуванню бетону допомогою молотка Шмідта, що враховує деяких факторів на показання приладу.

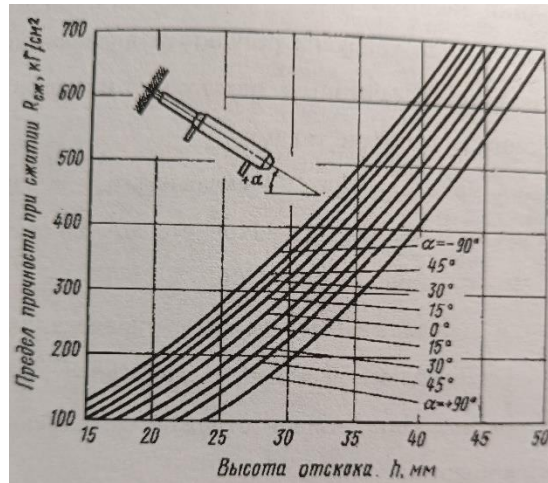
Згідно з цією інструкцією міцність бетону $R_{сж}$ визначають за формулою $R_{сж} = a \cdot n \cdot b \cdot c_1$ (IV.) де - кількість вимірювань; в 1 коефіцієнти, що залежать від умов твердіння бетону (для бетону, що твердіє в нормальних умовах, $a = 0.06$; $b = 2.42$); $c_1 = c_1 c_2 c_3 c_4$ c_1 - коефіцієнт, що залежить від виду цементу, що змінюється в межах 0,9 до 1,0; c_2 - коефіцієнт, що враховує витрати цементу. При витраті його в межах від 100 до 500 кг с; змінюється в межах від 0,76 до 1,24; c_3 - коефіцієнт, що враховує вік бетону. При



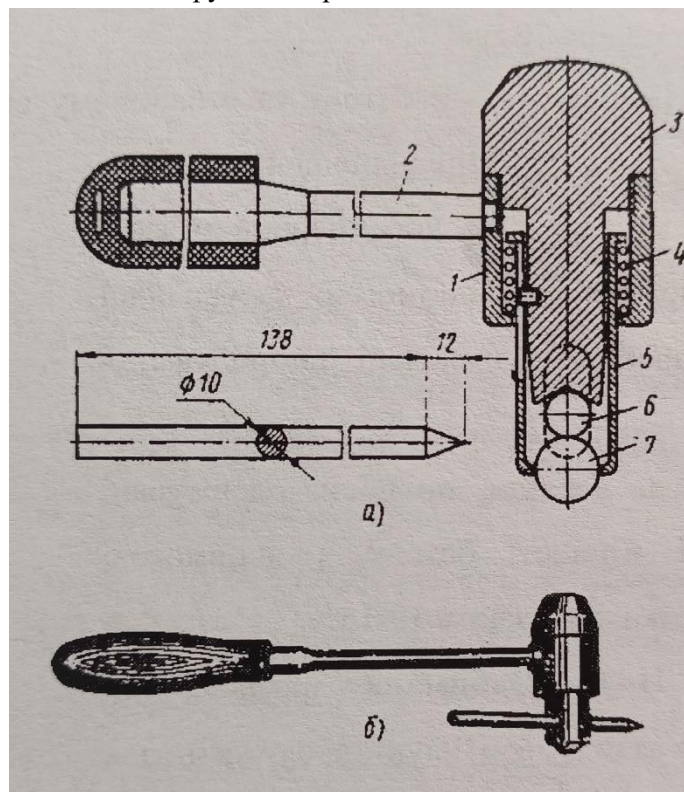
Мал.24 Молоток Шмідта:1 - ударник; 2 стрілка; 3 - шкала; 4-молоток;5-корпус;6-спіраль-на пружина

- віці бетону 6-10 днів $c_3 = 1,06$, при віці 100-300 днів пружина $c_3 = 0,96$; c_4 = коефіцієнт, що враховує вологість бетону. При твердінні у воді с. 1,52 й при твердінні на повітрі с. 0,94.

Досвід показує, що величина відскоку залежить від кута нахилу (рис. 25) осі приладу. При $a = 90^\circ$ величина відскоку виходить перебільшеною за рахунок дії сили тяжіння, при ударі згори донизу ($a = 180^\circ$) величина відскоку зменшується. Дослідження показали, що похибка визначення міцності бетону, виготовленого в металевій опалубці, становить приблизно 15%. Більші відхилення (до 35%) спостерігалися у разі застосування дерев'яної опалубкию.



Мал 25 Тарувальні криві для молотка Шмідта



Ма36 Еталонний молоток конструкції К.П.Кашкарова:

2 чий розріз, а- зовнішній вигляд. 1 корпус, 2 металева ручка

3-голівка 4-пружина 5- стаканіз отвором для кульки 6- еталонного стрижня

Еталонний молоток К.П. Кашкарова. Пристрій молотка дозволя виключити вплив сили удару на результати вимірювань, так як відбитки виходять одночасно на бетоні з невідомою міцністю і на сталонному стрижні з відомими характеристиками.

Еталонний молоток (мал. 26) складається з корпуса 1 з металевою ручкою 2, на яку надітий гумовий чихол, стакану 5 з отворами для кульки 7 діаметром 15 мм і еталонного стрижня 6.

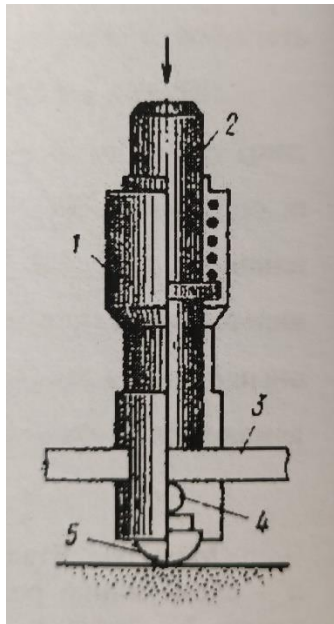
Еталонний стержень виготовляють із гарячекатаної арматурної сталі Ст.3 класу А-1 з твердістю 200 кг/см² по Майєру, довжиною 150 мм і діаметром $d_3=10$ мм. Один кінець стрижня загострений для полегшення введення його в молоток.

Визначення марки бетону відбувається наступним чином. На наміченій ділянці поверхні зразка або конструкції з розмаху наносять серію ударів із такою силою, щоб отримати досить великі, зручні для вимірювання відбитки на бетоні і на еталонному стрижні. Відстань між відбитками повинна бути не менше 30 мм.

Після кожного удару на бетоні та еталонному стрижні з'являються відбитки діаметром d_δ , і d_ϵ . Між відношенням $d_\delta : d_\epsilon$, і межею міцності на стиск $R_{сж}$ існує певний зв'язок, який можна виразити за допомогою тарувальної кривої, якщо зробити паралельні випробування бетонних кубів.

Як показали досліди, похибки, одержувані при визначенні міцності бетону з допомогою еталонного молотка, складають 10-15%.

Прилад Польді-Вайцмана розроблений Чехословацькою Академією наук та служить для визначення межі міцності бетону за відбитками кульок на тілі бетону й на еталонній металевій пластинці (мал. 27). Прилад складається з корпусу



Мал.27 Еталонний кульковий прилад Польді-Вайцмана

1 довжиною 125 мм, усередині якого розташований стержень 2, що притискає еталонну пластину 3, сталеві кульки 4 діаметром 10 мм і конечника 5.

При визначенні межі міцності бетону прилад із кулькою встановлюють перпендикулярно на очищеній поверхні бетону і з верхнього стержня наносять удари молотком вагою 2 кг. У результаті ударів на бетоні і на еталонній пластинці залишаються відбитки діаметрами d_δ , і d_ϵ .

Між твердістю бетону T_6 і ставленням $d_\delta : d_\epsilon$, існує залежність

$$T_6 = 200 \cdot \left(\frac{d_\epsilon}{d_6}\right)^2$$

ВИЗНАЧЕННЯ ТВЕРДОСТІ МЕЖІ МІЦНОСТІ МЕТАЛУ

З основних характеристик металу найпростіше визначається твердість. Визначення цього параметра ґрунтоване на залежності його від опору деформації при натискуванні наконечника певної форми. Оскільки твердість і міцність пов'язані між собою, у ряді випадків обмежуються визначенням твердості металу. Методи визначення твердості металів діляться на статичні і динамічні. У першому випадку натискування стандартного наконечника здійснюється плавно, у другому-ударом.

Найбільше поширення із статичних методів отримали методи, ґрунтовані на натискуванні в тіло випробовуваного металу сталеві загартовані кульки, алмазного конуса або алмазної піраміди.

З динамічних методів випробування металів на твердість найширше застосовуються методи пружної віддачі алмазного наконечника і ударного стиснення сталеві кульки.

Визначення твердості металу по методу Брінелля. Суть цього методу полягає в тому, що сталеву кульку певного діаметру під дією заданого навантаження навантаженням зразок витримують впродовж певного часу. Після вдавлюють у випробовуваний зразок. Під час видалення навантаження вимірюють діаметр відбитку на поверхні зразка або виробу. Число твердості по Брінеллю визначають як відношення

навантаження до площі поверхні сферичного відбитку і обчислюють формулою

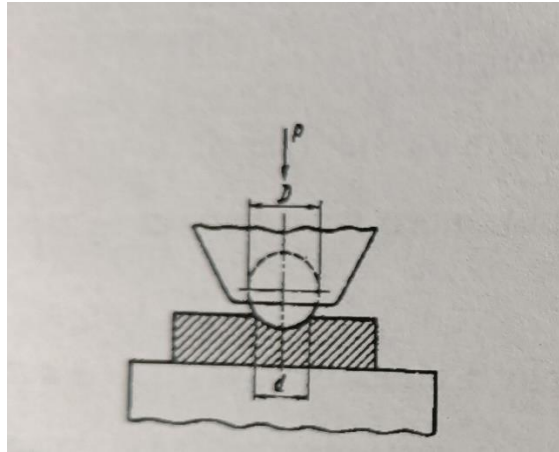
$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

де P- навантаження на кульку, кг; D - діаметр кульки, мм; d - діаметр відбитку (мал. 28), мм.

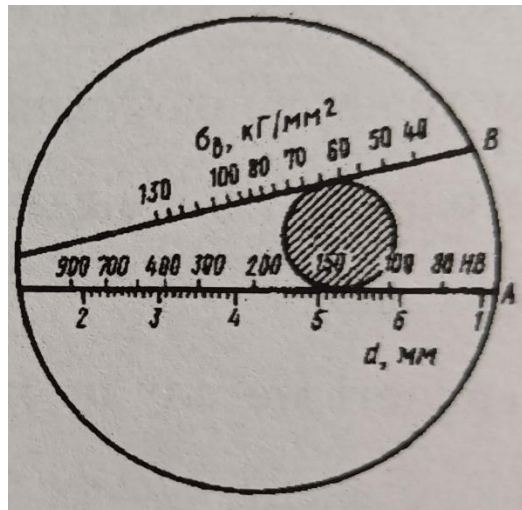
Стандартом рекомендується брати діаметр кульки 10 мм і час витримки 10 сек. В цьому випадку число твердості по Брінеллю позначається без індексу. Наприклад, HB 141 (при d=5 мм; P>-3000 кг).

Для інших умов випробувань твердість HB позначається через індекс, який відбиває умови, прийняті при випробуванні, наприклад HB5/750/30/310 означає твердість по Брінеллю, рівну 310, яка отримана випробуванням при діаметрі кульки D=dмм навантаженню P=750кг і часу знаходження зразка під навантаженням 30 сек

Для прискорення процесу виміру діаметру відбитку застосовують кутовий шаблон. Відбиток має бути вписаний в кут, утворений двома лініями, на шаблоні(мал. 29). На нижній шкалі проти точки збігу ліній з відбитком ділення показують значення діаметру відбитку d=5,3, а над цією лінією число твердості (HB150). Поділка на верхній шкалі показує межу міцності матеріалу 63 кг/мм²(Ст.3). Точність виміру діаметру відбитку за допомогою цього шаблону дорівнює 0,1 мм.



Мал. 28 Схема визначення твердості по Бринеллю



Мал. 29 Кутовий шаблон

ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖІ МІЦНОСТІ ДЕРЕВИНИ

Показник міцності деревини залежить від таких її вад, як сучковатість, грішноватість та ін. Визначення показників деревини неруйнівними методами здійснюють декількома способами, у тому числі вогнепальним (запропонованим і розробленим К. П. Кашкаровим).

Вогнепальний спосіб визначення механічної міцності деревини обґрунтовується на тому, що між глибиною проникнення кулі, об'ємною масою і межею міцності на стискування деревини існує певна залежність. За цим способом в якості вогнепальної зброї застосовують малокаліберну рушницю ТОЗ- 8 і ТОЗ- 9); відстань між кінцем ствола рушниці і поверхнею випробовуваного елемента має бути 10 см.

Для визначення межі міцності деревини можна застосовувати ультразвуковий метод, який ґрунтований на тому, що між швидкістю поширення ультразвуку в деревині і її пружними характеристиками існує певна залежність. Таким чином, залежно від швидкості поширення

ультразвуку визначають пружну характеристику деревини(динамічний модуль пружності), а по ній межа міцності.

Для визначення характеристик деревини може бути використаний і резонансний метод.

В цьому випадку динамічний модуль пружності визначають по формулі

$$E_{\sigma} = 0.946f^2 pL^4/h^2$$

де f- основна резонансна частота; h - товщина зразка, м. L- довжина зразка, м; p- густина зразка, кг/м³.

У роботах Міллера (Канада) разом з динамічним модулем пружності був визначений логарифмічний декремент загасання. Ті ж зразки були випробувані на поперечний згин з визначенням статичного модуля пружності і межі міцності на вигин. Були вивчені також залежності між межею міцності на вигин і деякими основними чинниками(щільність, логарифмічний декремент загасання, відношення останнього з динамічним модулем пружності, статичного і динамічного модулі пружності); був виявлений взаємозв'язок між межею міцності і динамічним модулем пружності. Усе вище викладене підтверджує можливість і доцільність використання ультразвукового методу для визначення показників міцності деревини.

Список використаних джерел

1. Лучко Й.Й., Коваль П.М., Дем'ян М.Л. Методи дослідження та випробування будівельних матеріалів і конструкцій / НАН України: Фіз.-мех. ін-т ім. Г.В.Карпенка. - Львів: Каменяр, 2001. 436 с <http://www.measurement.ru/gk/deform/01/035.htm>
2. Кліменко В.З., Белов І.Д. Випробування та обстеження будівельних конструкцій і споруд. - К.; Основа, 2005. 207 с.
3. Ромашко В.М. Діагностика та відновлення будинків і споруд. Практикум / Рівне: НУВГП, 2011, 287с.
4. ДБН 362-93. Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації / Держбуд України.- К.: Укрархбудінформ, 1995. 46 с
5. Yasnii P. Hollow block floor's survey of the building of the early 20th century using modern diagnostic methods / P. Yasnii; O. Kononchuk; O. Yakubyshyn // Scientific Journal of the TNTU. – 2017. – No 1(85). pp. 38 – 46.
6. Овсебян Ю.Г. Технология изготовления перекрытий из крупноразмерных керамических изделий [Текст] / Ю.Г. Овсебян, К.М. Хачатрян // Научно-техническая конференция по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры: сборник докладов. – Москва: ИСА, 2015. С. 293 – 294.
7. Ясній П.В. Дослідження міцності бетону неруйнівними методами контролю [Текст] / П.В. Ясній, О.П. Конончук, О.М. Якубишин // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр. – Рівне: НУВГП, 2016. – Вип. 32. С. 296 – 303.
8. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи: Норми проектування. – Київ: Мінбуд України, 2006. – 75 с. 5. <http://tntu.edu.ua/?p=uk/structure/research/labs/nvlbm#page>.
9. ДСТУ Б В.2.6-4-95 (ГОСТ 22904-93). Магнітний метод визначення товщини захисного шару бетону і розташування арматури. – Київ: Мінбуд України, 1996. 22 с.
10. ДСТУ Б В.2.7-220:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю. – Київ: Мінбуд України, 2010. 23 с.