

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Будівельні матеріали, конструкції та споруди»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання лабораторних робіт
з дисциплін**

***«ВИПРОБУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД» та
«МЕТОДИ ВИПРОБУВАНЬ БУДІВЕЛЬНИХ
КОНСТРУКЦІЙ»***

Харків - 2013

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Будівельні матеріали, конструкції і споруди» 21 лютого 2013 р., протокол 9.

Рекомендується для студентів всіх форм навчання.

Укладачі:
доценти В.А. Лютий,
О.В. Афанасьєв

Рецензент:
доц. Г.Л. Ватуля

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт
з дисциплін

*«ВИПРОБУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД» та
«МЕТОДИ ВИПРОБУВАНЬ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ»*

Відповідальний за випуск Афанасьєв О.В.

Редактор Еткало О.О.

Підписано до друку 25.03.13 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1. Тираж 25. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ
УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ**

Кафедра "Будівельні матеріали, конструкції та споруди"

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

**з дисциплін
«ВИПРОБУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД» ТА
«МЕТОДИ ВИПРОБУВАНЬ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ»**

ВСІХ ФОРМ НАВЧАННЯ

Харків 2013

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Будівельні матеріали, конструкції і споруди» 21 лютого 2013 р., протокол 9.

Укладачі:
доценти В.А. Лютий,
О.В. Афанасьєв

Рецензент
доц. Г.Л. Ватуля

ВСТУП

У навчальному плані підготовки інженерів-будівельників за спеціальностями 06010101 “Промислове та цивільне будівництво” та 07010801 “Залізничні споруди та колійне господарство”, а також за спеціалізаціями експлуатаційної спрямованості наведених вище спеціальностей усіх форм навчання, дисципліни “Випробування інженерних споруд” та “Методи випробувань будівельних конструкцій” є профілюючими. Вони засновані на знаннях, які студенти отримали в галузі математики, фізики, будівельних матеріалів, опору матеріалів, будівельної механіки, а також у курсах металевих, залізобетонних і кам'яних конструкцій з дерева і пластмас. Це — дисципліни про методи оцінки надійності споруд і конструкцій, що будуються, і експлуатованих, включають інженерний огляд, контроль якості матеріалів, статичні й динамічні випробування.

У процесі теоретичних досліджень, створення практичних (нормативних) методів розрахунку неминучі спрощення, ідеалізація розрахункових схем, виділення певних розрахункових елементів із спрощеним уявленням їх роботи в загальній конструктивній системі споруди з урахуванням спрощеного впливу в'язів і т.д.

У зв'язку з цим надзвичайно важливо оцінити дійсну роботу конструкцій і їх елементів, а також ступінь відповідності прийнятих нормативних визначень цій роботі.

З іншого боку, зростаючі обсяги реконструкції споруд вимагають глибокого вивчення дійсного стану конструкцій та оцінки їх реальної несучої здатності і деформативних характеристик.

Обидва ці завдання можуть бути вирішені за умови знання й уміння користуватися експериментальними методами дослідження та випробування конструкцій і споруд.

Необхідність застосування обмеженого числа випробувань, а також, переважно, використання неруйнівних непрямих методів обумовлює статистичний характер отриманих даних з імовірнісним їх розкидом. Їх обробка й оцінка повинні

проводитися із застосуванням методів математичної статистики.

Загальна оцінка надійності конструкцій на основі статистичних характеристик міцності й деформативних характеристик матеріалів, розкиду навантажень, що діють, виконується методами теорії імовірності.

Тому необхідно дотримуватися високих вимог до точності та єдності методів вимірювання фізичних величин, характеризуючої властивості і стану будівельних матеріалів, конструкцій на всіх технологічних стадіях: проектування, виготовлення, транспортування, монтажу, експлуатації і реконструкції.

Лабораторні роботи проводяться із застосуванням сучасної випробувальної техніки й приладів на вузлах і моделях конструкцій. У результаті студент набуває навиків у роботі з випробувальним устаткуванням і вимірювальними приладами, вивчає і самостійно застосовує сучасні методи випробувань і обробки даних експерименту.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

Відбір зразків для випробувань. Неруйнівні методи контролю властивостей матеріалів у конструкціях

Мета роботи: отримати навиків з відбору зразків бетону для випробувань на міцність та визначення міцності бетону неруйнівними методами в конструкціях, що знаходяться в експлуатації.

1.1 Загальні відомості

Відбір будь-якого зразка пов'язаний з ослабленням елемента, що досліджується. Однак для масивних бетонних блоків відбір зразків практично невідчутний, тому що порожнечі, що утворилися, можуть бути надійно заповнені бетоном. У металевих конструкціях вирізання навіть невеликих шматків металу з відповідальних елементів досить небажане та вимагає потім ретельної роботи з відтворення повної працездатності ослаблених перерізів.

Відбір зразків у металевих конструкціях. Заготовки для зразків беруться звичайно шляхом вогневого різання. При розмітці зразків для їх наступного механічного вирізання варто відступати не менш ніж на 10 мм від грані заготовки для виключення зони, що утворилася при вогневому різанні, термічного впливу зі зміненою структурою матеріалу. Досить перспективним є застосування електроерозійного різання, що забезпечує можливість відбору зразків будь-якого обрису без наступної обробки крайок.

Для зменшення ослаблення перерізів зразки звичайно беруться мінімальних розмірів, передбачених стандартами. Вирізки в елементах конструкції повинні бути потім заповнені вварюванням відповідних вставок з підсиленням їх, якщо буде потреба, додатковими накладками. Дуже важливо, щоб залишкові напруги зварювання у швах, які знову наносяться, не погіршували умов роботи елементів і не створювали б можливості появи в них крихких тріщин.

Відбір зразків бетону. На відміну від металу, для бетону як матеріалу неоднорідного, із заповнювачами різної фракції, утруднена можливість випробування на малих зразках.

Основним утрудненням при відборі бетонних зразків є можливість їхнього пошкодження. Найкращим способом є *висвердлювання* бетонних циліндрів (рисунки 1.1, 1.2) діаметром 50 ÷ 150 мм за допомогою спеціальних свердлильних установок (NORTON CB 2000 та ін.), які оснащені алмазними коронками.

Основна мета обстеження інженерних споруд, що знаходяться в експлуатації, – встановлення їх дійсного фізичного стану. Основними видами робіт при обстеженні штучних споруд є ознайомлення з технічною документацією, огляд споруди, контрольні виміри й інструментальні зйомки. Крім того, в залежності від стану споруди здійснюється контроль якості матеріалів за допомогою неруйнівних методів, місцеве розрізання арматури в залізобетонних елементах, вилучення зразків матеріалу для виконання лабораторних випробувань, місцеві розкриття захисного шару для виявлення стану гідроізоляції.



1 – стояк; 2 – станина; 3 – електродвигун; 4 – каретка;
5 – кільцеве свердло з алмазним наконечником; 6 – сполучні
шланги; 7 – бачок для води; 8 – пульт керування

Рисунок 1.1 – Свердлильна установка NORTON CB 2000



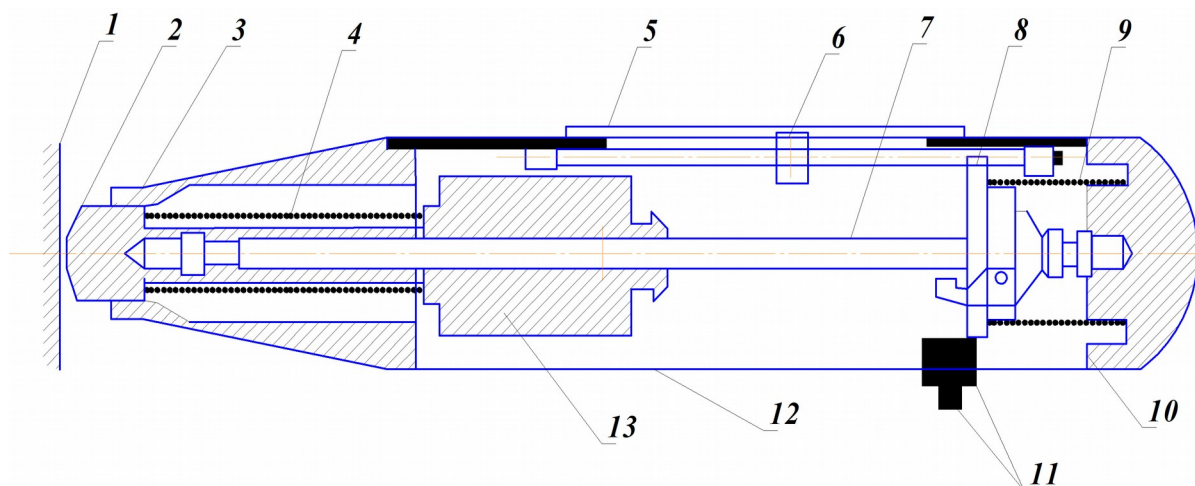
Рисунок 1.2 – Зразок-кern, висвердлений свердлильною установкою NORTON CB 2000

1.1.1 Методи неруйнівного контролю застосовують для оцінки міцності бетону і металу (для металевих конструкцій) безпосередньо в конструкції. До них належать:

- методи із застосуванням приладів механічної дії;
- ультразвуковий імпульсний метод.

1.1.1.1 Методи із застосуванням приладів механічної дії поділяються на склерометричні та спільний відриву і сколювання. До склерометричних методів визначення міцності бетону належать методи пружного відскоку і пластичних деформацій.

Для визначення міцності методом пружного відскоку використовують склерометр КМ (Шмідта, рисунки 1.3, 1.4). Сутність методу полягає в тому, що спеціальний бойок певної маси за допомогою пружини з заданими жорсткістю і попереднім напруженням ударає по кінцю металевого стержня, притиснутого іншим кінцем до поверхні бетону, що випробовується. У результаті бойок відскакує від стержня. Величина відскоку залежить від пружних властивостей бетону, а отже, від міцності, і відзначається за шкалою приладу.



- 1 – бетонна поверхня; 2 – ударний стержень; 3 – ковпачок;
4 – ударна пружина; 5 – вікно зі шкалою; 6 – движок зі стержнем;
7 – напрямний стержень; 8 – напрямна шайба; 9 – пружина;
10 – кришка; 11 – стопорна кнопка; 12 – корпус; 13 – молот

Рисунок 1.3 – Конструкція склерометра Шмідта



Рисунок 1.4 – Молоток для випробувань бетону DIGI- Schmidt 2

Сутність методу пластичних деформацій полягає в тому, що про міцність бетону судять за пластичними деформаціями (відбитками, отриманими від вдавлювання в поверхню бетону сталевих кульок, дисків або штампів). Для визначення міцності цим методом використовують еталонний молоток Кашкарова (рисунок 1.5) та ударний молоток ХПС (рисунок 1.6).

- 1 – корпус; 2 – металева рукоятка; 3 – головка; 4 – пружина;
5 – склянка з отворами для кульки та еталонного стержня;
6 – еталонний стержень; 7 – металева кулька

Рисунок 1.5 – Конструкція еталонного молотка К.П. Кашкарова

1 – ударний стержень; 2 – стержень для перемикування;
3 – бойок; 4 – корпус приладу; 5 – ударна пружина; 6 – фіксатор
для вмикання сегмента в положення 1/2; 7 – фіксатор для
вмикання сегмента в положення 1/1; 8 – тримач фіксаторів;
9 – конічна гільза

Рисунок 1.6 – Конструкція портативного приладу ХПС

Сутність методу відриву і сколювання полягає в оцінці міцнісних властивостей бетону за зусиллям, необхідним для його руйнування навколо шпура певного розміру при вириванні закріпленого в ньому розтискувального конуса і спеціального стержня. Стержень забивають у бетон зачekanенням або при виготовленні конструкції. Показником міцності служить виривне зусилля P . Для випробувань застосовують прилад ГПНВ-5 (рисунки 1.7, 1.8).

1 – насос; 2 – висувна ніжка; 3 – наконечник; 4 – кульки;
5 – розтиснений конус; 6 – підвісна муфта; 7 – шток (тяга);
8 – робочий циліндр; 9 – манометр

Рисунок 1.7 – Гідравлічний прес-насос ГПНВ-5



Рисунок 1.8 – Прилад ОНИКС-ОС – вимірювач міцності бетону на відрив та сколювання

1.1.1.2 Ультразвуковий імпульсний метод заснований на вимірюванні швидкості розповсюдження ультразвуку в бетоні. Існують наскрізні і поверхневі методи прозвучування.

Швидкість розповсюдження ультразвуку визначають за формулами:

- при наскрізному методі:

$$V = \frac{b}{t} \times 100, \quad (1.1)$$

де b – база прозвучування;

t – час розповсюдження ультразвуку;

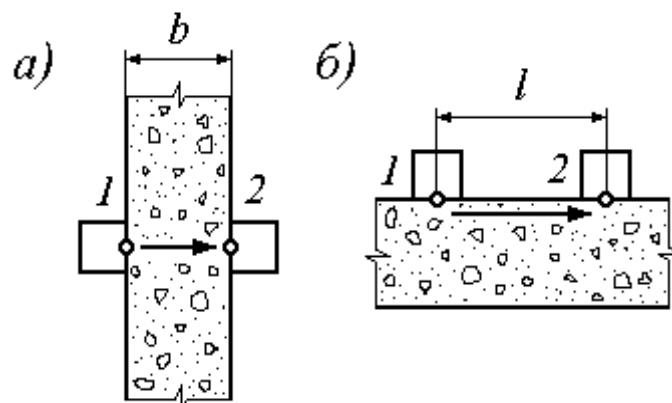
- при поверхневому методі:

$$V_{\text{пме}} = \frac{l}{t} \times 100, \quad (1.2)$$

де l – відстань між центрами установки перетворювачів, розташованих на одній поверхні.

Міцність бетону визначають за тарувальними кривими залежності міцності бетону від швидкості ультразвуку.

Прилади: УКБ-1, ДУК-20, 2П-4, Бетон-5, УЗП-65 (рисунок 1.9) "Пульсар 1,0" (рисунок 1.10).



1 і 2 – точки установлення приймального і випромінюючого перетворювачів відповідно

Рисунок 1.9 – Принцип наскрізного (а) і поверхневого (б) методів ультразвукового контролю

1.1.2 Для проведення лабораторних випробувань з конструкції відбирають керни для виготовлення зразків. Для цього виконують висвердлювання циліндрів діаметром 50÷150 мм за допомогою спеціальної свердлильної установки і видалення зразків сколюванням бетону молотком і зубилом.

Отримані керни за допомогою спеціального обладнання (алмазна пила), розпилюють на зразки, зручні для проведення фізико-механічних випробувань.



Рисунок 1.10 – Прилад "Пульсар 1,0"

При відборі зразків з конструкції необхідною умовою є недопущення пошкодження елементів конструкції, зокрема робочої арматури.

З цією метою необхідно визначати розташування арматури в конструкції. Для цього використовуються спеціальні прилади, дія яких заснована на електромагнітному методі визначення залежності магнітного опору між полюсами перетворювача від положення сталеві арматури відносно цих полюсів (прилади ИЗС-10Н, Поиск 2,5).

1.2 Прилади, обладнання, матеріали

1.2.1 Свердлильна установка для висвердлювання зразків-кернів NORTON CB 2000.

1.2.2 Висвердлені зразки-циліндри $d = 5$ см.

1.2.3 Молоток Кашкарова.

1.2.4 Ударний молоток ХПС.

1.2.5 Прилад ИЗС-10Н.

1.3 Порядок виконання роботи

1.3.1 Відібрати зразки для лабораторних випробувань.

1.3.2 Ознайомитися з будовою і принципом роботи свердлильної установки NORTON CB 2000.

1.3.2.1 Привести в робочий стан свердлильну установку і зробити висвердлювання зразків-кернах з бетону.

1.3.2.2 Ознайомитися із зразками-кернами, відібраними для лабораторних досліджень з конструкції, і визначити характерні дефекти в структурі матеріалу зразків.

1.3.3 Визначити міцність на стиск бетону еталонним молотком Кашкарова. Для визначення міцності на стиск застосовується еталонний молоток Кашкарова і еталонні стержні, виготовлені зі сталі Ст3.

1.3.3.1 Нанести удар молотком Кашкарова по чистій поверхні бетонного зразка з такою силою, щоб розміри відбитків на еталонному стержні були отримані не менше 2,5 мм і не виникали в бетоні тріщини. Після кожного удару відбиток на поверхні бетону окреслити і пронумерувати, а еталонний стержень пересунути на 10-12 мм.

1.3.3.2 Заміряти діаметри відбитків на бетоні і розміри діаметра відбитків (еліпсів) на еталонному стержні.

1.3.3.3 Додати розміри відбитків на бетоні й на еталонному стержні і знайти побічну величину характеристики міцності бетону H .

$$H = \frac{\sum d_з}{\sum d_э} , \quad (1.3)$$

де $\sum d_з, \sum d_э$ – сума діаметрів відбитків відповідно на бетоні й еталонному стержні.

1.3.3.4 За уніфікованою градуєвальною залежністю H від міцності бетону визначити середню міцність бетону в зразку $R_{зр}$.

1.3.4 Визначити міцність на стиск бетону ударним молотком типу ХПС. Прилад ХПС є пружинним напівавтоматом ударної дії

з двома заданими енергіями удару. Накопичування потенційної енергії відбувається внаслідок стиску ударної пружини при втискуванні ударника всередину корпусу.

При натискуванні на корпус ударний стержень входить усередину, тягнучи за собою бойок, що стискає ударну пружину. Після того, як утримувач визволяє бойок, він під дією ударної пружини ударяє по буртику ударного стержня. При цьому кулька на кінці стержня втискується в поверхню зразка, який випробовується.

1.3.4.1 Приставити прилад перпендикулярно до поверхні бетону і натиснути рукою на корпус приладу з його тильного боку.

1.3.4.2 Підвищити натиск на кришку до моменту звільнення пружини й удару.

1.3.4.3 Визначити діаметр лунки на бетоні.

1.3.4.4 Виконати дії підпунктів 1.3.3.1-1.3.3.3 по 5 разів і визначити середній діаметр відбитку $d_{від}^{сеп}$. Визначити з таблиці міцність бетону R_b в залежності від $d_{від}^{сеп}$.

1.4 Зміст звіту

1.4.1 Загальні відомості.

1.4.2 Будова і принцип роботи свердлильної установки NORTON CB 2000.

1.4.3 Прилади і методики визначення міцності бетону на стиск за допомогою молотка Кашкарова і приладу ХПС.

1.4.4 Висновки.

Контрольні запитання

1 Які основні засоби неруйнівного контролю властивостей матеріалів використовуються при випробуванні матеріалів споруд?

2 В чому сутність визначення міцності матеріалу методом відскоку?

3 В чому сутність визначення міцності матеріалу методом пластичних деформацій?

4 На чому заснований принцип визначення міцності

матеріалу ультразвуковим імпульсним методом?

5 Яким методом виконується відбір зразків з бетонних конструкцій для лабораторних випробувань?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

Визначення міцності металу неруйнівними методами контролю

Мета роботи: навчитися оцінювати міцність металу за допомогою руйнівних та неруйнівних методів.

2.1 Загальні відомості

Визначення якості матеріалу металевих конструкцій виконується в разі відсутності достовірних даних про рід та механічні властивості матеріалу конструкції, що розглядається. При цьому застосовуються польові методи контролю, які досить прості, але точного результату вони не забезпечують. Тому в сумнівних випадках польовий контроль повинен підтверджуватися лабораторними дослідженнями.

Орієнтовно про рід металу можна судити за стружкою, а також характером зламу невеликих зразків, узятих з різних елементів конструкцій. Якщо свіжий злам зразка має світлу дрібнозернисту структуру, то це характерно для литого заліза або маловуглецевої сталі (аналогічний вид зламу у сучасних сталей). Для зварювального заліза в зламі характерна складна структура темно-сірого кольору. Рід металу опорних частин (балансирів, шарнірів, котків, плит) можна визначити за характером вирубки (стружки). Чавун при вирубці легко відламується і має в зламі крупнокристалічну структуру сірого кольору. Стружка при рубці сталевого литва в'язка, тягнеться за зубилом, у зламі має сріблястий колір.

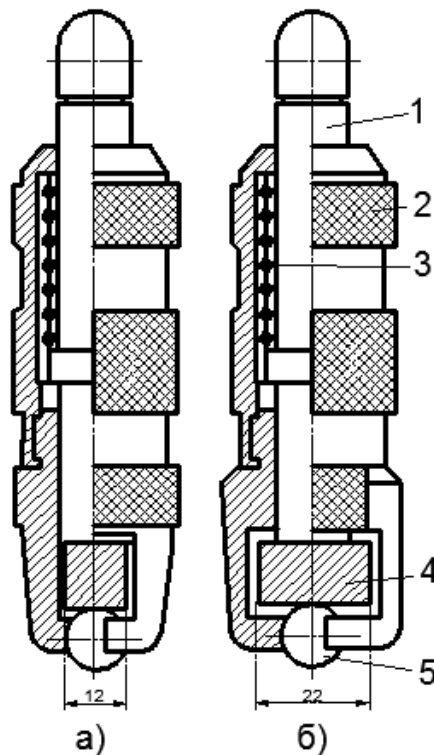
Точне визначення хімічного складу й структури металу проводиться в лабораторних умовах хімічним, спектральним і металографічним аналізом.

Для грубого визначення характеристик міцності металу в польових умовах застосовують метод вдавлювання кульки у матеріал, що випробовується.

2.2 Оцінка міцності металу

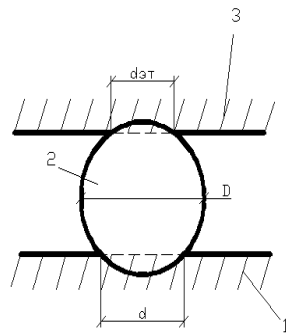
Для оцінки міцності металу використовують прилад Польші (рисунок 2.1) ударної дії; при цьому міцність металу визначається за Бринелем. Прилад Польші – переносний твердомір динамічної дії з градуйованим еталоном. Еталон вставляють в прилад Польші, кульку встановлюють на зачищене місце вилівка і по верхній частині приладу виконують удар молотком.

Металева кулька діаметром 10 мм з твердої заготовленої сталі при ударі залишає відбиток одночасно на поверхні, що контролюється, та на еталонному брусі (рисунок 2.2), міцність якого HB^{ET} повинна бути заздалегідь визначена. Потім вимірюють діаметр відбитка на еталоні і на зразку, який випробовують.



1 – шток з ударною головкою; 2 – корпус; 3 – пружина;
4 – еталон; 5 – індентор

Рисунок 2.1 – Схема приладів Польші із звичайним (а) і широким (б) еталонами



1 – матеріал, що досліджується; 2 – металева кулька; 3 – еталонний брус; d – діаметр відбитка на поверхні, що досліджується; d_{ET} – діаметр відбитка на еталонному зразку

Рисунок 2.2 – Відбитки, які отримані за допомогою приладу Польді

Для отримання відбитків б'ють молотком по верхній частині штока з ударною голівкою 1. Твердість HB матеріалу, що досліджується, визначається за формулою

$$HB = HB_{ET} \cdot \frac{D - \sqrt{D^2 - d_{ET}^2}}{D - \sqrt{D^2 - d^2}}, \quad (2.1)$$

де d – діаметр відбитку на матеріалі що досліджується;

d_{ET} – діаметр відбитку на еталонному брусі;

D – діаметр кулі 2.

Визначення міцності і марки металу виконується за таблицями.

За допомогою приладу Польді можна отримати лише приблизні характеристики, але і з урахуванням цього використання приладу корисно особливо за таких умов: для прискореної перевірки однорідності металу в різних конструкціях; при перевірці марки сталі. Похибка вимірів не перевищує 7 %.

Приклади сучасних приладів для визначення твердості металу

1 Портативний твердомір за Бринелем модель НВС (рисунок 2.3). За допомогою цього твердоміра можна вимірювати

твердість за Брінелем, як чорних, так і кольорових металів, а також межу міцності сталей на розрив. Він широко застосовується в цехах і на складах.



Рисунок 2.3 – Портативний твердомір за Брінелем модель НВС

Специфікація

Діапазон вимірювань: <450HBS.

Діаметр сталеві кулі: 10 мм.

Габаритні розміри: 25 мм (діаметр) × 100 мм (довжина).

Маса: 0,5 кг.

2 Портативний твердомір за Брінелем модель НВХ-0.5 (рисунок 2.4) (метод ударних відбитків). Дана модель твердоміра використовується для визначення твердості за Брінелем виробів з чорних металів, чий модуль пружності близький до 2.



Рисунок 2.4 – Портативний твердомір за Брінелем модель НВХ-0.5

Специфікація

Діапазон вимірювань: 100-400 HBS.

Енергія удару: 4,9 Дж.

Габаритні розміри: 55 мм (діаметр) × 370 мм (довжина).

Маса: 3,3 кг.

3 Портативний динамічний твердомір модель HLJ-2100 (рисунок 2.5)



Рисунок 2.5 – Портативний динамічний твердомір модель HLJ-2100

Специфікація

Ударний пристрій: вбудований ударний пристрій типу D.

Допустима похибка: 1 % (для 58HRC).

Живлення: 2 батарейки типу AA 1,5 В.

Робоча температура: 1 - 45 °С.

Габаритні розміри: 170×68×30 мм.

Маса: 250 г.

Особливості конструкції

Доступні шкали: HL, HRC, HRB, HV, HS, HB.

Вихід RS232 для зв'язку з ПК.

Автоматичне збереження останніх 510 груп даних, середнього числа твердості в групі і часу вимірювання.

Автоматична корекція відхилення дати вимірювання.

Вимірювання в будь-яких напрямках, просте функціонування.

Великий РК дисплей з підсвічуванням.

Відображення дати й часу.

Можливість автоматичного вимкнення.

Можливість зовнішнього підключення ударних пристроїв інших типів: G, DC, D +15, C, E & DL.

Діапазон вимірювання для різних матеріалів наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Матеріал	HLD	HB	HRC	HRB	HV	HS
Метал/Металева лиття	300-900	80-650	20-68	40-100	80-977	32-100
Інструментальний метал	300-840	-	20-67	-	80-898	-
Нержавіючий метал	300-800	85-655	20-62	46-100	85-802	-
Сірий чавун	360-660	93-334	-	-	-	-
Чавун зі сфероїдальним графітом	400-600	131-387	-	-	-	-
Алюмінієва лиття	180-560	30-159	-	-	-	-
Латунь	200-540	40-173	-	13-95	-	-
Бронза	300-700	60-290	-	-	-	-
Мідні сплави, що деформуються	200-700	45-315	-	-	-	-

4 Цифровий твердомір за Бринелем для середньогабаритних виробів модель 320HBS-3000 (рисунок 2.6)

Ця модель – один з розроблених цифрових твердомірів за Бринелем. Він може бути широко застосований на заводах і фабриках, у науково-дослідних і навчальних інститутах для визначення твердості за Бринелем загартованих і незагартованих сталей, чавуну, кольорових металів, м'яких підшипникових сплавів.

Особливості конструкції і застосування

Цифровий дисплей числа твердості.

Перетворення між різними шкалами твердості.

Повністю автоматизований замкнутий цикл управління.

Електронне управління випробувальними навантаженнями і туреллю.

Автоматизований процес вимірювання. Виключена помилка, пов'язана з людським фактором у процесі нанесення відбитка.

Великий РК екран, що відображає всі параметри вимірювання.

Просте і зручне управління.



Рисунок 2.6 – Цифровий твердомір за Бринелем для середньогабаритних виробів модель 320HBS-3000

Специфікація

Діапазон вимірювань: 4-650HBW

Випробувальне навантаження: 100, 125, 187.5, 250, 750, 1000, 1500, 3000 кгс (980.7, 1225.9, 1838.8, 2451.6, 7355.3, 9807, 14710.5, 29421 N).

Відстань від столу до наконечника: 280 мм.

Відстань від центра відбитка до корпусу: 150 мм.

Збільшення оптичного мікрометра 20X, 40 X.

Напруга мережі: 220/110 В змінного струму, 50/60 Гц.

Габаритні розміри: 570×330×910 мм.

Маса: ~ 320 кг.

2.3 Прилади, обладнання, матеріали

2.3.1 Прилад Польді.

2.3.2 Випробувальна машина МУП-50.

2.3.3 Зразки металу різних марок.

2.3.4 Штангенциркуль.

2.3.5 Молоток.

2.4 Порядок виконання роботи

2.4.1 Відібрати зразки для лабораторних випробувань.

2.4.2 Ознайомитися з будовою і принципом роботи приладу Польді.

2.4.3 За допомогою молотка нанести удар по ударному стержню і за допомогою штангенциркуля виміряти діаметри відбитків на зразку та на еталонному брусі.

2.4.4 Для всіх зразків за формулою (2.1) визначити твердість НВ металу і за відповідними таблицями визначити їх марку.

2.5 Зміст звіту

2.5.1 Загальні відомості.

2.5.2 Методика визначення марки сталі за допомогою приладу Польді.

2.5.3 Результати вимірювань.

2.5.4 Висновки.

Контрольні запитання

1 З якою метою використовують неруйнівні методи контролю металу?

2 Навести класифікацію методів з поясненням кожного.

3 Який прилад використовується для визначення марки металу?

4 Як визначається твердість і марка металу?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

Визначення механічної міцності деревини за методом проф. А.Х. Пєвцова

Мета роботи: Навчитися визначати механічну міцність деревини за методом проф. А.Х. Певцова.

3.1 Загальні відомості

В оцінці несучої здатності дерев'яних конструкцій, як відомо, величезне значення має вологість деревини. Зростання вологості деревини від нульової точки до точки насичення волокон зменшує міцність, здатність деформуватися збільшується, модуль пружності знижується. Ударна міцність і міцність на розтяг уздовж волокон менше залежать від вологості. Точка насичення волокон відповідає вологості 30 %. При зміні вологості на 1 % міцність змінюється на 3-5 %.

Для визначення у польових умовах механічної міцності деревини, що використовується у спорудах, рекомендуються такі методи:

а) оцінка міцності за ударною твердістю деревини за методом проф. А.Х. Певцова;

б) вогнепальний метод канд. техн. наук К.П. Кашкарова, при якому використовується малокаліберна гвинтівка ТОЗ-8 або ТОЗ-9;

в) відбір зразків деревини споруди для нормальних лабораторних робіт при випробуваннях;

г) визначення міцності з відсотковим складом літньої деревини в перерізі елемента конструкції.

Оцінка міцності на ударну твердість складається зі скидання на горизонтальну поверхню, що випробовується, металевої кульки діаметром 25 мм і вагою 63,8 г з висоти $H=500$ мм. Скидання кульки повинно виконуватися без поштовхів зі спеціальної штанги (рисунок 3.1), що дозволяє точно фіксувати висоту падіння кульки. Нахил рокових кілець і поверхні, що випробовується, повинен складати не більше 45° .

У конструкціях, що знаходяться довгий час в експлуатації, поверхневий шар деревини в місцях випробувань повинен бути знятий. Для отримання виразних відбитків на поверхню деревини може бути покладений аркуш копіювального паперу. Ударна міцність P деревини визначається за формулою

Х

$$P = \frac{406}{d_1 \times d_2}, \quad (3.1)$$

де d_1 і d_2 – найбільший і найменший діаметри одного відбитка, отриманого при падінні кульки на поверхню деревини, мм.

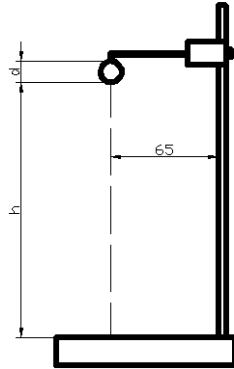


Рисунок 3.1 – Схема випробовування деревини

Для кожної зони деревини робиться три відбитки. Із отриманих трьох чисел твердості за остаточне приймається середнє арифметичне значення. Розрахунковий опір стисканню $R_{СТ}$ і зминанню $R_{ЗМ}$ сосни вздовж волокон визначається за таким виразом:

$$R_{СТ} = R_{ЗМ} = 0,44 P + 1,8 \quad (3.2)$$

Похибка методу, порівняно з результатом випробувань нормальних лабораторних зразків, не перевищує $\pm 7 - 8 \%$, що є допустимим для інженерних розрахунків.

Для випробувань на ударну твердість похилих і вертикальних поверхонь деревини прилад змінюється: кулька підвішується (рисунок 3.2) на нитку. При випробуванні кулька відводиться від поверхні, що випробовується, у перпендикулярній площині до горизонтального положення і вільно відпускається. Роблячи при падінні дугу, кулька залишає відбиток. Довжина нитки, мм, на якій підвішується кулька, визначається в залежності від кута між поверхнею, що випробовується, і вертикальною плоскістю за таким виразом:

$$l = \frac{500}{\cos \phi} \quad l = \frac{500}{\cos \varphi} \quad (3.3)$$

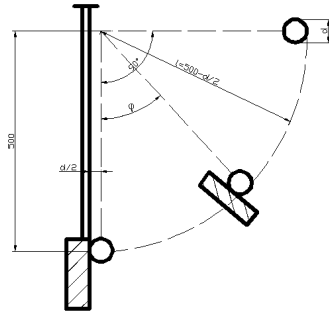


Рисунок 3.2 – Схема випробовування бокових поверхонь

Розрахунковий опір стисканню і зминанню сосни вздовж волокон для бокових поверхонь визначається за таким виразом, МПа:

$$R_{CT} = R_{ЗМ} = 0,423 P + 1,79 \quad (3.4)$$

3.2 Прилади, обладнання, матеріали

3.2.1 Електронні ваги-вологоміри WPS 110S.

3.2.2 Спеціальна штанга з кулькою (рисунок 3.1).

3.2.3 Зразки деревини.

3.2.4 Штангенциркуль.

3.3 Порядок виконання роботи

3.3.1 Підготувати зразки деревини до випробувань.

3.3.2 Визначити вологість деревини за допомогою приладу WPS 110S.

3.3.3 Виконати скидання металевої кульки на горизонтальну поверхню та за допомогою штангенциркуля виміряти отримані відбитки. Необхідно робити не менше п'яти скидань кульки на кожен зразок.

3.3.4 За формулами (3.1) і (3.2) визначити ударну міцність P і розрахунковий опір стисканню R_{CT} і зминанню $R_{ЗМ}$ зразків.

3.4 Зміст звіту

3.4.1 Загальні відомості.

3.4.2 Результати проведення лабораторної роботи, згідно з пунктом 3.3.

3.4.3 Висновки.

Контрольні запитання

1 Як визначити механічну міцність деревини для горизонтальних поверхонь?

2 Як визначити механічну міцність деревини для похилих і вертикальних поверхонь?

3 Які вимоги висуваються до підготовки поверхонь зразків, що випробовуються?

4 Як визначається вологість деревини?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

Використання тензометричних датчиків омічного опору при випробуванні конструкцій та споруд

Мета роботи: визначення ціни поділки шкали вимірювача деформацій. Вимірювання напруг, які виникають у залізобетонній балці.

4.1 Загальні відомості

У даний час при випробуваннях будівельних конструкцій застосовуються електровимірювальні прилади, засновані на вимірюванні неелектричних величин електричними методами. У цих приладах розрізняють дві основні частини: датчик, що сприймає деформації досліджуваного елемента, і реєструвальний пристрій, поєднаний з датчиком.

Найбільшого поширення набули дротяні тензодатчики омічного опору, що являють собою зигзагоподібну решітку з тонкого дроту діаметром 0,02 - 0,05 мм, яка наклеюється на паперову або плівкову основу. Матеріалом для дроту служать сплави, що характеризуються стійкістю до високої температури,

стабільністю і великим питомим опором: платино-іридієві сплави, константан, манганін, ніхром, хромель. Датчики на плівковій основі призначені для вимірювання пружних і залишкових деформацій на поверхні конструкції, матеріал якої працює як в межах, так і за межами пружності.

Робота дротяного тензодатчика заснована на зміні його опору R при зміні довжини дроту l

$$R = \rho l / A \qquad R = \frac{\rho l}{A} \qquad (4.1)$$

де ρ – питомий опір;

A – площа поперечного перерізу дроту.

Між відносною деформацією дротяної решітки ε і відносною зміною опору $\Delta R/R$ є лінійна залежність

$$\Delta R / R = \eta \varepsilon \qquad (4.2)$$

де η – коефіцієнт тензочутливості.

Коефіцієнт тензочутливості, як це випливає з формули (4.2), дорівнює частці від ділення відносної зміни омичного опору датчика на величину його відносної деформації, тобто

$$\eta = \frac{\Delta R / R}{\Delta l / l} = \Delta R E / R \sigma \qquad \eta = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta l}{l}} = \frac{\Delta R E}{R \sigma} \qquad (4.3)$$

де R – початковий опір датчика;

ΔR – прирощення опору датчика при його деформації;

l – довжина датчика, см;

Δl – деформація датчика, см;

E – модуль пружності матеріалу дроту, кг/см²;

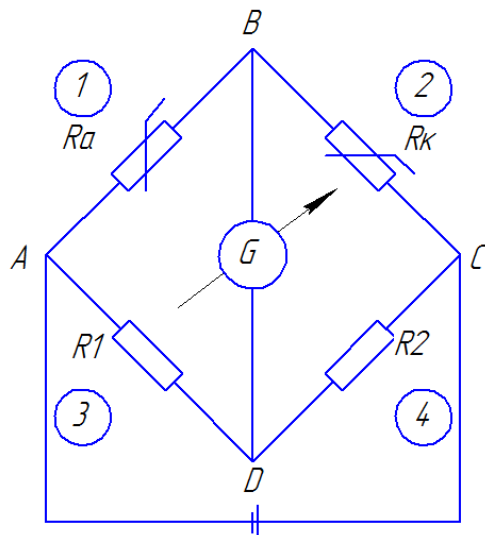
σ – напруга дроту датчика, кг/см².

Зміна опору тензодатчика при деформації елемента настільки мала, що його виміряти можна за допомогою дуже чутливої апаратури й електричних ланцюгів мостового, потенціометричного або диференціального типу.

Мостова схема (рисунок 4.1) розрахована на вимірювання не повних опорів датчиків $R \pm \Delta R$, а тільки їх збільшень. При зміні опорів R_1 та R_2 в третьому і четвертому плечах моста отримують таку рівність:

$$R_1/R_2 = R_a/R_k, \quad (4.4)$$

де R_a і R_k – опори активного і компенсаційного датчиків.



R_a – опір активного (робочого) датчика; R_k – опір компенсаційного датчика; R_1 , R_2 – змінні опори; G – гальванометр

Рисунок 4.1 – Мостова схема включення тензодатчиків

У цьому випадку струм по вимірювальній діагоналі ВД не йде, гальванометр показує нульовий відлік, отже, схема збалансована. На цьому принципі заснований метод нульового відліку, застосовуваний при дії статичних навантажень. При мостовій схемі вмикання тензодатчиків зміна температури призводить до однакової зміни опорів робочого і компенсаційного датчиків і на відлік не впливає.

Деформація елемента конструкції і наклеєного активного (робочого) датчика призводить до зміни опорів датчика. Балансування мосту порушується і по вимірювальній діагоналі йде струм, вимірюваний шляхом безпосередніх відліків. Цей метод застосовується для вимірювання деформацій, що виникають як від статичних, так і від динамічних навантажень.

Датчики дозволяють визначити деформації при лінійному і плоскому напружених станах. Для дослідження внутрішніх напружень застосовують безосновні датчики з малою базою.

На поверхню конструкції, що досліджується, датчики наклеюються клеями, що висихають (ацетоноцелулоїдними), або клеями, що полімеризуються (бакелітофенольними), при гарячому або холодному твердінні, що після твердіння повинно забезпечити спільність роботи елемента конструкції і дротяної решітки тензодатчика.

Вимірювальні прилади, застосовувані для роботи з тензодатчиками, діляться на дві групи:

прилади для вимірювання деформацій при випробуваннях конструкцій статичним навантаженням;

прилади для вимірювання деформацій при випробуваннях конструкцій динамічним навантаженням.

4.2 Обладнання і прилади

4.2.1 Вимірювання деформації – вимірювач деформації цифровий (ВДЦ).

4.2.2 Балка рівного опору.

4.2.3 Міст постійного струму.

4.2.4 Омметр.

4.2.5 Тензодатчики.

4.2.6 Штангенциркуль.

4.2.7 Металева лінійка.

4.3 Порядок виконання роботи

4.3.1 Виміряти базу тензодатчиків.

4.3.2 Визначити опір тензодатчиків мостом постійного струму.

4.3.3 Виміряти штангенциркулем (з точністю до 0,1 мм) параметри тарованної балки (рисунок 4.2), необхідні для її розрахунку.

4.3.4 Наклеїти тензометричні датчики на металеву балку рівного опору.

4.3.5 Визначити навантаження P , при якому напруження у заданому перерізі не перевищує границі пропорційності:

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq \sigma_{\text{пц}} \quad (4.5)$$

$$M = P_{\text{пц}} \cdot a ; \quad W = \frac{b\delta^2}{6} \quad W = \frac{b\delta^2}{6} .$$

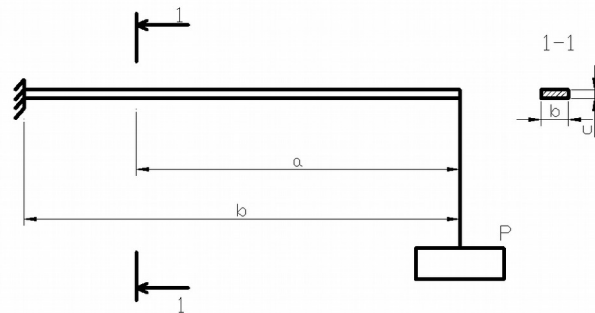


Рисунок 4.2 – Схема балки рівного опору для тарування тензодатчиків

4.3.6 Прийняте навантаження P розділити на 5 етапів завантаження і для кожного етапу визначити теоретичне значення напружень за формулою (4.5) і деформацій:

$$\varepsilon = M/WE \quad \varepsilon = \frac{M}{WE} \quad (4.6)$$

де E – модуль пружності металу балки рівного опору ($E = 2,05 \times 10^6$ кг/см).

4.3.7 Визначити ціну поділки шкали вимірювача деформацій і середньоквадратичне відхилення коефіцієнта тензочутливості.

Ціну поділки шкали вимірювача деформацій, що виражена у відносних подовженнях датчиків на кожному етапі завантаження, визначити за формулою

$$K^i = \varepsilon_{\text{ТЕОР}} / \Delta C_{\text{СЕР}} \quad K' = \frac{\varepsilon_{\text{ТЕОР}}}{\Delta C_{\text{СЕР}}} \quad (4.7)$$

де $\frac{\Delta C_{\text{сеп}} \sum_1^n \Delta C}{n}$ – середня різниця відліків тензодатчиків, що відповідає прирощенню навантаження на всіх етапах завантаження. Значення відносної деформації датчиків на кожному етапі навантаження

$$\varepsilon_1 = K^i \cdot \Delta C, \quad (4.8)$$

де $\Delta C = C_2 - C_1$ – різниця відліків показань приладу на наступному та попередньому етапах завантаження.

Середня відносна деформація тензодатчиків

$$\varepsilon_{\text{сеп}} = \sum_1^n \varepsilon_1 / n, \quad (4.9)$$

Середнє значення коефіцієнта тензочутливості

$$\eta_{\text{сеп}} = \eta_n \varepsilon_{\text{сеп}} / \varepsilon_{\text{теор}}, \quad (4.10)$$

де η_n – коефіцієнт тензочутливості датчика або приладу, що визначений за паспортними даними.

Середньоквадратичне відхилення коефіцієнта тензочутливості

$$S = \sqrt{\sum_1^n (\eta_i - \eta_{\text{сеп}})^2 / (n-1)}, \quad (4.11)$$

де $\eta_i = \frac{\eta_n \varepsilon}{\varepsilon_{\text{теор}}}$ – коефіцієнт тензочутливості кожного датчика на відповідному етапі завантаження.

Результати тарування вважаються задовільними, якщо коефіцієнт варіації

$$W = (S / \eta_{\text{сеп}}) \cdot 100\% \quad W = \left(\frac{S}{\eta_{\text{сеп}}} \right) \times 100\% \quad (4.12)$$

не перевищує 25 %.

Тепер можна за допомогою тензодатчиків цієї партії знайти напруження в конструкції за формулою

$$\sigma = K^i \cdot \Delta C \cdot E \quad (4.13)$$

4.3.8 За нижченаведеною формулою визначити напруження, що виникають у балці рівного опору.

Вихідними даними для обробки результатів вимірювань є така залежність:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (4.14)$$

де σ – напруження, яке виникає в балці рівного опору під дією зовнішнього навантаження, кг/см²;

ε – відносні деформації тензодатчика;

E – модуль пружності балки рівного опору 2050000 кгс/см².

4.3.9 Наклеїти тензOMETричні датчики на залізобетонну балку.

4.3.10 Виконати відповідні вимірювання на моделі залізобетонної балки.

4.3.11 За нижченаведеною формулою визначити напруження, що виникають у бетонній балці.

У свою чергу залежність між напруженнями в тарувальній балці та бетоні конструкції визначається за таким співвідношенням:

$$\sigma_b = \sigma \frac{E_s}{E_b} \quad (4.15)$$

де σ_b – напруження, що виникають у бетоні при пружній його роботі;

E_s – модуль пружності балки рівного опору, 2050000 кгс/см²;

E_b – модуль пружності бетону, 325000 кгс/см².

Принцип дії тензOMETричних датчиків заснований на тензOMETричному ефекті – залежності електричного опору чутливого елемента (в даному випадку дроту) від його деформації. Прилад ВДЦ фіксує відносні одиниці. Для

можливості отримання фізичних залежностей прилад попередньо тарується на балці рівного опору (рисунок 4.2).

Після тарування прилад дозволяє отримувати дані про напруження, що виникають у конструкції при її роботі в пружній стадії.

У свою чергу відносні деформації визначаються за формулою

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}, \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (4.16)$$

де Δl – збільшення довжини датчика, см;

l – довжина датчика, 5 см.

$$\Delta l = \frac{l \cdot P \cdot a \cdot 6}{E \cdot b \cdot \delta^2} \quad \Delta l = \frac{l \times P \times a \times 6}{E \times b \times \delta^2} \quad (4.17)$$

де P – зовнішня сила, яка діє на балку рівного опору при таруванні, кгс;

b – ширина балки рівного опору в зоні встановленого датчика, см;

a – відстань від центра встановленого датчика до точки прикладення сили, см;

δ – товщина балки рівного опору, см.

Для контролю деформацій використовували тензометричні датчики на базі дротяного елемента. Схема розташування датчиків наведена на рисунку 4.1. Для фіксації одержаних даних використовували індикатор деформацій цифровий (ВДЦ).

4.4 Зміст звіту

4.4.1 Загальні відомості.

4.4.2 Параметри датчиків.

4.4.3 Схема тарувальної установки.

4.4.4 Визначення випробувального навантаження.

4.4.5 Схема вмикання тензодатчиків.

4.4.6 Журнал спостережень.

4.4.7 Ціна поділки шкали вимірювача деформації.

4.4.8 Висновок про придатність датчиків.

Контрольні запитання

1 Для чого використовуються тензометричні датчики?

2 З якою метою і як виконується тарування тензометричних датчиків?

3 Як визначаються напруження в залізобетонних конструкціях?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

Статичні випробування розрізної залізобетонної балки

Мета роботи: теоретичне й експериментальне дослідження напруженого стану статично визначеної залізобетонної балки.

5.1 Загальні відомості

Випробування статичним навантаженням – один з найбільш розповсюджених методів випробування будівельних конструкцій.

Експериментальні дослідження зводяться до вимірювання деформацій, що виникають при прикладанні навантаження. Конструкція деформується в залежності від схеми прикладання і величини зовнішніх сил, технічних і геометричних характеристик.

При статичному розрахунку балки обчислюються ординати епюр згинальних моментів і поперечних сил, а для найбільш напруженого перерізу – навантаження, що відповідає межі пропорційності.

5.2 Обладнання і прилади

5.2.1 Однопрогонова залізобетонна розрізна балка, що встановлена на випробувальному стенді.

5.2.2 Прогиномір 6-ПАО.

5.2.3 Тензодатчики з реєструвальним устаткуванням.

5.2.4 Штангенциркуль.

5.2.5 Рулетка.

5.2.6 Випробувальна машина МУП-50.

5.3 Порядок виконання роботи

5.3.1 Визначити основні розміри балки, що випробовується.

5.3.2 Накреслити розрахункову схему балки і схему розташування приладів (рисунки 5.1, 5.2).

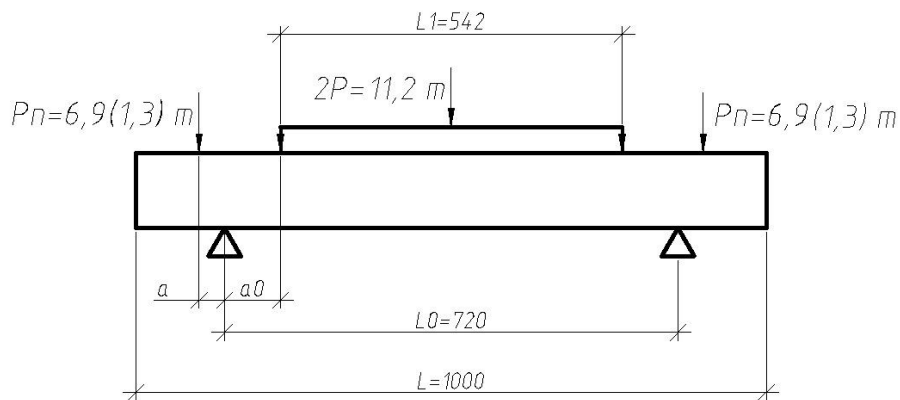


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема залізобетонної балки

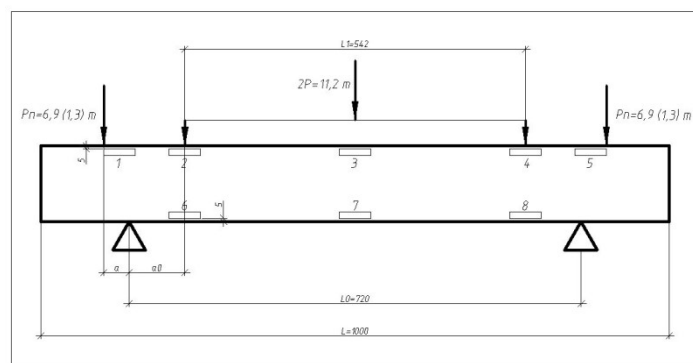


Рисунок 5.2 – Схема розташування тензOMETричних датчиків

5.3.3 Визначити момент інерції і момент опору поперечного перерізу балки.

5.3.4 Побудувати епюру згинальних моментів і поперечних сил.

5.3.5 Визначити навантаження P , при якому у найбільш напруженому перерізі балки напруження досягає межі пропорційності.

5.3.6 Визначити теоретичне значення прогину балки в перерізі, що збігається з точкою прикладання сили P , для даного етапу завантаження.

Для проведення випробувань зразка (рисунок 5.3) використовуємо випробувальний прес МУП-50, який дозволяє навантажувати конструкцію до 50 т, а також підтримувати випробувальне навантаження протягом необхідного часу (у нашому випадку витримка повинна бути протягом 5 хв при навантаженні 8 т).

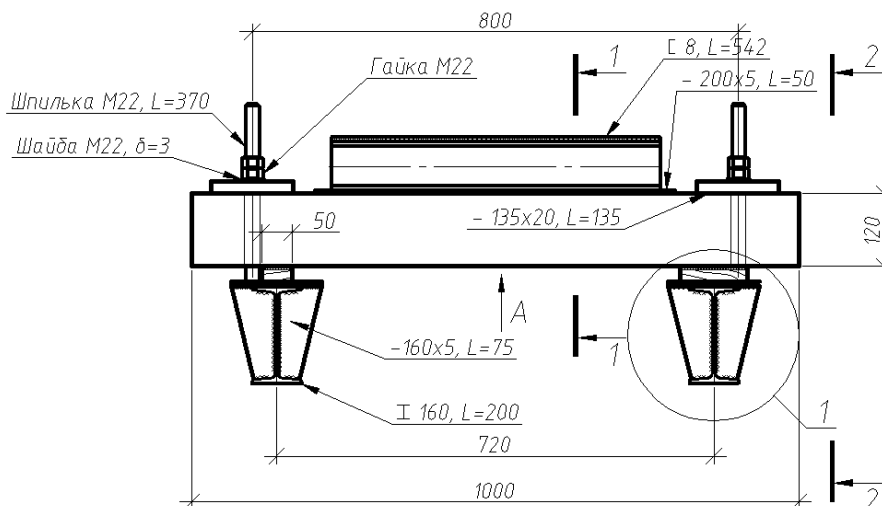


Рисунок 5.3 – Схема випробувань експериментального зразка, що відповідає схемі навантаження плити БМП при її експлуатації

5.4 Зміст звіту

5.4.1 Розрахункова схема балки і схема розташування приладів.

5.4.2 Геометричні характеристики перерізу.

5.4.3 Результати статичного розрахунку.

5.4.4 Результати статичних випробувань.

5.4.5 Висновки.

Контрольні запитання

- 1 Яке навантаження називається статичним?
- 2 З якою метою виконуються статичні випробування залізобетонних конструкцій?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6

Статичні випробування розрізної металевої балки

Мета роботи: теоретичне й експериментальне дослідження напруженого стану статично визначеної металевої балки.

6.1 Загальні відомості

Випробування статичним навантаженням – один з найбільш розповсюджених методів випробування будівельних конструкцій.

Експериментальні дослідження зводяться до вимірювання деформацій, що виникають при прикладанні навантаження. Конструкція деформується в залежності від схеми прикладання і величини зовнішніх сил, технічних і геометричних характеристик.

При статичному розрахунку балки обчислюються ординати епюр згинальних моментів і поперечних сил, а для найбільш напруженого перерізу – навантаження, що відповідає межі пропорційності.

6.2 Обладнання і прилади

6.2.1 Однопрогонова металева розрізна балка, що встановлена на випробувальному стенді.

6.2.2 Прогиномір ПАО-6.

6.2.3 Тензодатчики з реєструвальним устаткуванням.

6.2.4 Штангенциркуль.

6.2.5 Рулетка.

6.2.6 Випробувальна машина МУП-50.

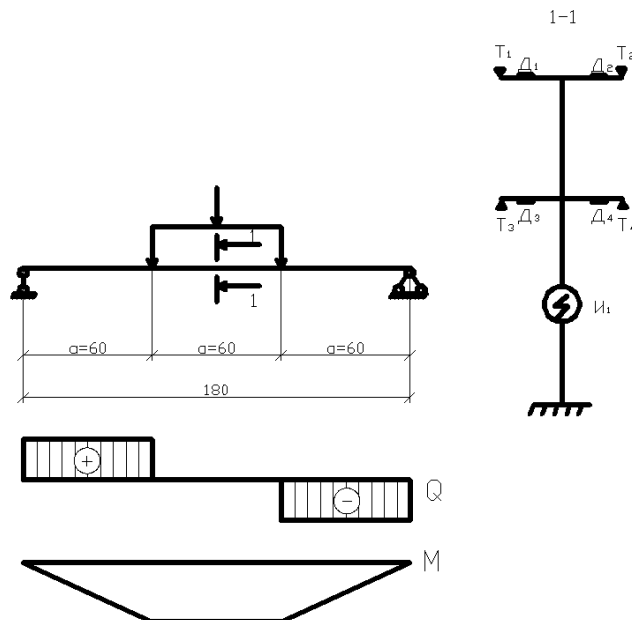
6.3 Порядок виконання роботи

6.3.1 Визначити основні розміри балки, що випробовується.

6.3.2 Накреслити розрахункову схему балки і схему розташування приладів (рисунок 6.1).

6.3.3 Визначити момент інерції і момент опору поперечного перерізу балки.

6.3.4 Побудувати епюру згинальних моментів і поперечних сил.



T – важільний тензометр; Д – датчик; I – прогиномір ПАО-6 або прогиномір ПМ – 3

Рисунок 6.1 – Розрахункова схема балки і схема розташування приладів

6.3.5 Визначити навантаження P , при якому у найбільш напруженому перерізі балки напруження досягає межі пропорційності.

6.3.6 Визначити теоретичне значення прогину балки в перерізі, що збігається з точкою прикладання сили P , для даного етапу завантаження.

6.4 Зміст звіту

6.4.1 Розрахункова схема балки і схема розташування приладів.

6.4.2 Геометричні характеристики перерізу.

6.4.3 Результати статичного розрахунку.

6.4.4 Результати статичних випробувань.

6.4.5 Висновки.

Контрольні запитання.

1 Яке навантаження називається статичним?

2 З якою метою виконуються статичні випробування конструкцій?

3 Що таке межа пропорційності?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 7

Динамічні випробування однопрогонової металеві балки

Мета роботи: визначити напруження і динамічні характеристики в перерізах однопрогонової балки, вивчити вимірювальні прилади для динамічних випробувань будівельних конструкцій.

7.1 Загальні відомості

Під дією динамічного навантаження виникають власні (вільні) і вимушені коливання будівельних конструкцій.

Вільними називаються коливання, які робить конструкція після того, як вона якими-небудь зовнішніми діями була виведена із стану рівноваги. Вони виникають під дією енергії, що передається конструкції динамічним навантаженням, і з часом затухають.

Вимушеними називають коливання, які виникають під безперервною дією на конструкцію динамічного навантаження.

Колівання, що встановилися при наявності зовнішнього навантаження незмінно діючого джерела енергії називаються автоколиваннями або самоколиваннями.

Кругова частота власних коливань ω_0 і період циклу коливань T визначаються за формулами:

$$\omega_0 = \sqrt{g / \delta_{CT}}; \quad (7.1)$$

$$T = 2\pi / \omega_0 = 2\pi \sqrt{\frac{\delta_{CT}}{g}} \quad (7.2)$$

де δ_{CT} – статична деформація елемента;

g – прискорення сили тяжіння.

Статична деформація елемента для однопрогонової балки з урахуванням її власної ваги при зосереджуванні маси P всередині прогону (рисунок 7.1).

$$\delta_{CT} = Pl^3 / 48EI \quad (7.3)$$

Частота коливань з урахуванням власної ваги балки визначається за формулою

$$\omega = \sqrt{48EIg / (P + 17P_1/35)l^3}; \quad (7.4)$$

де P_1 – вага балки.

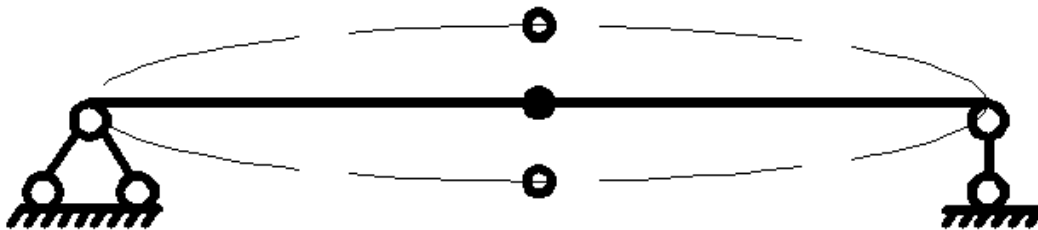


Рисунок 7.1 – Схема коливань балки під дією динамічних навантажень

Амплітуда вимушених коливань A залежить від їх частоти. Відношення цієї амплітуди до амплітуди статичної деформації називається коефіцієнтом коливань.

$$\beta = A / \delta_H = 1 / [1 - (\omega / \omega_0)^2], \quad (7.5)$$

де δ_H – статична деформація від найбільшої величини збуджувальної сили H , яка для вантажу, що крутиться, P_2 з радіусом крутіння R визначається за формулою

$$H = P_2 \omega^2 R / g \quad (7.6)$$

При малому відношенні ω / ω_0 коефіцієнт β близький до одиниці. Коли частота вимушених коливань наближується до частоти власних коливань, коефіцієнт β збільшується (рисунок 7.2).

При $\omega_0 = \omega$ настає стан резонансу, який супроводжується різким зростанням амплітуди коливань. Якщо частота вимушеної сили стає більше власної частоти, то амплітуда коливань зменшується і при $\omega > \omega_0$ буде незначною.

Найбільше напруження в балці від дії динамічного навантаження визначається за формулою

$$\sigma_D = \sigma_{CT} [1 + (\delta_H / \delta_{CT}) \cdot \beta]. \quad (7.7)$$

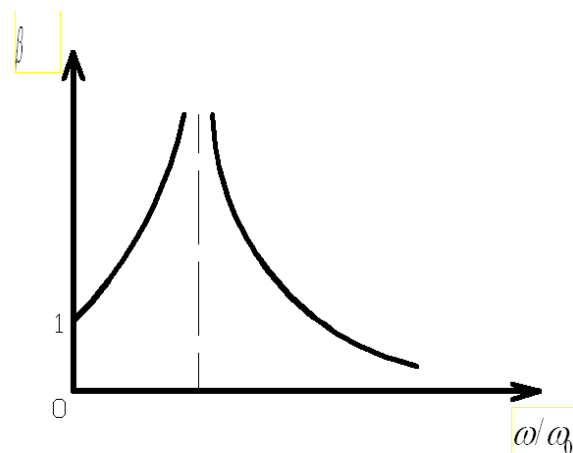


Рисунок 7.2 – Залежність коефіцієнта коливань від співвідношення частоти вимушених коливань до частоти власних коливань

Ці напруження не повинні перевищувати розрахунковий опір металу. При динамічних випробуваннях конструкцій використовуються прилади для візуального спостереження за коливаннями, механічні прилади з пристроєм для запису віброграми й електровимірювальні прилади.

Візуальне спостереження амплітуди коливань здійснюється індикатором годинникового типу. Для цього індикатор закріплюється на нерухомій опорі, а його штифт – у віброуючу конструкцію так, щоб його переміщення збігалось з напрямом коливань. При стабільній вібрації стрілка індикатора коливається з границею постійного сектора, кордони якого визначають у межах коливань конструкцій.

Вимірювання фібрових деформацій виконується тензодатчиками омічного опору шляхом запису їх показань на смузі реєструвального приладу. За отриманим записом також можливо визначити амплітуду коливань.

7.2 Прилади й обладнання

7.2.1 Однопрогонова металева балка, що встановлена на випробувальному стенді.

7.2.2 Електродвигун з ексцентрично закріпленим вантажем.

7.2.3 Тензодатчики омічного опору.

7.2.4 Штангенциркуль.

7.2.5 Рулетка.

7.3 Порядок виконання роботи

7.3.1 Визначити основні розміри балки.

7.3.2 Накреслити розрахункову схему балки і схему розташування приладів.

7.3.3 Вичислити момент інерції і момент опору поперечного перерізу балки.

7.3.4 За формулою (7.3) знайти прогин балки при статичній дії навантаження і за формулою (7.4) частоту власних коливань.

7.3.5 За формулою $n_0 = 30\omega_0 / \pi$ визначити число циклів коливань балки за хвилину.

7.3.6 У заданому перерізі балки визначити напруження від статичної дії навантаження.

7.3.7 За формулою (7.6) визначити величину обурювальної сили і статичну деформацію, що викликана цією силою за формулою.

7.3.8 За формулою (6.5) визначити коефіцієнт наростання коливань і за (7.7) – найбільше напруження в заданому перерізі балки від дії динамічного навантаження.

7.4 Зміст звіту

7.4.1 Розрахункова схема балки і схема розташування приладів.

7.4.2 Геометричні характеристики перерізу.

7.4.3 Результати розрахунку.

7.4.4 Оформлений журнал досліджень.

7.4.5 Віброграма вимушених коливань.

7.4.6 Схема вмикання приладу для запису осцилограм.

7.4.7 Характеристика осцилограм.

7.4.8 Висновок.

Контрольні запитання

1 Власні і вимушені коливання, дати пояснення.

2 Яке навантаження називають динамічним?

3 Коли настає стан резонансу конструкції?

4 Що називається автоколиваннями?

5 Що називається коефіцієнтом коливань?