

Колесник Д. М. студентка гр 192-22ск-1

Науковий керівник: Кіба В. Я., ст. в. кафедри механічної та біомеханічної інженерії

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

## ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМ ШЛЯХОМ КРИТИЧНОЇ ВЕЛИЧИНИ СТИСКАЛЬНОЇ СИЛИ

Критичним називається найменше значення стискальної сили, при якій стиснутий стрижень втрачає первинну форму пружної рівноваги. Викривлення стиснутого стрижня при втраті стійкості відбувається по лінії, форма якої залежить від умов закріплення кінців стрижня. Якщо кінці стиснутого стрижня спираються за допомогою шарнірів, стрижень при втраті стійкості викривлюватиметься за синусоїдою (рис. 1).

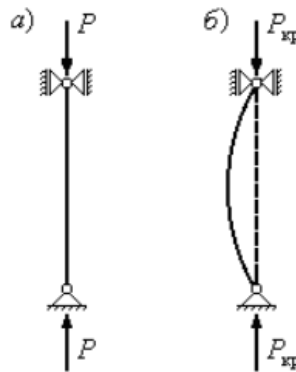


Рисунок 1 – Схема викривлення стрижня

Для стрижнів великої гнучкості ( $\lambda > \lambda_{пр}$ ) величина критичної сили визначається за формулою Ейлера:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 E J_{min}}{(v \cdot l)^2},$$

де:  $E$  – модуль пружності першого роду;  $J_{min}$  – мінімальний момент інерції поперечного перерізу стиснутого стрижня;  $v$  – коефіцієнт впливу умов закріплення кінців стрижня на величину критичної сили (для стрижня з шарнірним обпиранням кінців  $v = 1$ );  $l$  – довжина стрижня.

Мета цього розрахунку полягає у визначенні величини критичної сили для стрижня великої гнучкості, кінці якого спираються вільно. Експеримент проводиться на випробувальному стенді (рис 2).

Нижня щільна опора забезпечує вільне обпирання стрижня, верхній кінець стрижня вільно входить в проміжок на коромислі, що несе навантаження. Навантаження  $Q$  прикладається на вільному кінці консолі. Тиск на стрижень здійснюється в перерізі примикання коромисля, в місці його опори. Величина стискальної сили в стрижні чисельно дорівнює опорній реакції, що виникає в коромислі. Поступово збільшуючи навантаження, прикладене на вільному кінці коромисля добиваємося такого стану стрижня, коли він, будучи виведеним з первинного прямолінійного стану, викривлюється і залишається в такому стані. З цього стану його рухом руки знову можна повернути в прямолінійний стан. Причиною виникнення такого стану стрижня є величина стискальної сили. У цей момент вона досягає критичної величини, а стрижень досягає стану біфуркації або розгалуження форм пружної рівноваги. У цьому стані стрижень може якийсь час існувати, не руйнуючись. Проте, достатньо будь-якої побічної сили, щоб стрижень миттєво втратив стійкість і придбав незворотні деформації і зруйнувався. Тому стан біфуркації або критичний стан стиснутого стрижня часто називають нестійким станом рівноваги.

Допускати виникнення такого стану в реальних конструкціях у жодному випадку не можна, оскільки це дуже небезпечно.

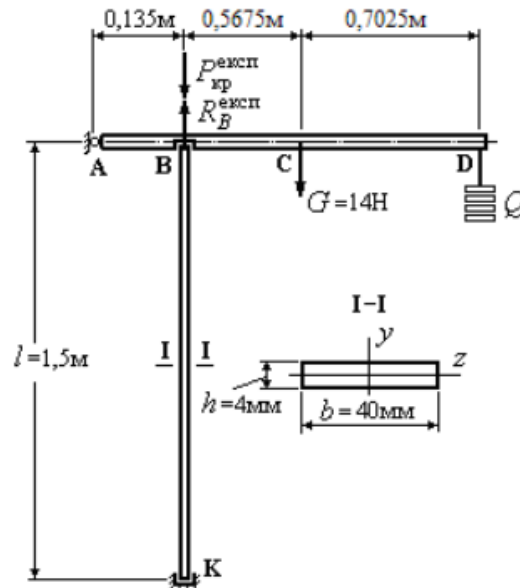


Рисунок 2 – Схема випробування

Порядок виконання експерименту:

1. Зібрати установку, навантажити вертикальний стрижень, прикладаючи на вільний край вантаж, збільшуючи його до тих пір, доки стрижень не досягне критичного стану.

2. Скласти рівняння моментів відносно точки А:

$$\Sigma M_A = R_B^{\text{експ}} \cdot 0,135 - G \cdot 0,7025 - Q \cdot 1,405 = 0.$$

Звідки знайти

$$R_B^{\text{експ}} = \frac{G \cdot 0,7025 + Q \cdot 1,405}{0,135}$$

3. Визначити експериментальну величину критичної сили. Для коромисла стиснутий стрижень є опорою. Реакція  $R_B^{\text{експ}}$  виникає в стрижні. На підставі третього закону Ньютона про дію і рівну йому протидію при взаємодії двох тіл з боку коромисла на стрижень діятиме така ж за величиною, але протилежна за напрямком сила експ  $R_{кр}^{\text{експ}}$ . Таким чином,  $R_{кр}^{\text{експ}} = R_B^{\text{експ}}$ .

4. Визначити розрахункове значення критичної сили  $R_{кр}^T$ . Для цього знайти гнучкість стрижня. Обчислити мінімальний момент інерції і мінімальний радіус інерції поперечного перерізу стрижня. Стрижень при викривленні згинатиметься відносно осі z (рис. 2).

Найменше значення момент інерції перерізу стрижня має відносно осі z:

$$J_{\min} = J_z = \frac{bh^3}{12}$$

Мінімальний радіус інерції дорівнює:

$$i_{\min} = i_z = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}}$$

Гнучкість стрижня становить:

$$\lambda = \frac{vl}{i_{\min}}$$

5. Визначити значення граничної гнучкості стрижня, враховуючи матеріал з якого виконано стрижень, що стиснутий:

$$\lambda_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{\pi^2}{\sigma_{\text{пц}}}}$$

6. Порівнюючи реальну гнучкість стержня з граничною, дістаємо висновку, що реальна гнучкість стержня значно більша за граничну, і, отже, для визначення критичної сили треба використовувати формулу Ейлера:

$$P_{кр}^T = \frac{\pi^2 EJ_{min}}{(vl)^2}$$

7. Оцінити точність результатів експерименту. Для цього обчислити відносну похибку у вигляді:

$$\delta = \left| \frac{P_{кр}^T - P_{кр}^{експ}}{P_{кр}^T} \right| \times 100\%$$

Висновки:

1. Проведений експеримент з визначення критичної сили втрати стійкості стиснутого стержня. Знайдено експериментальну величину критичної сили  $P_{кр}^{експ}$ .

2. Обчислена реальна гнучкість стиснутого стержня, гранична гнучкість стержня  $\lambda_{пр}$ , внаслідок чого встановлено, що для визначення критичної сили можна скористатися формулою Ейлера.

3. Визначене теоретичне значення критичної сили за формулою Ейлера  $P_{кр}^T$ .

4. Визначена відносна похибка експерименту.

#### Перелік посилань

1. Афанасьев А.М., Марьян В.А. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов. – М.: Наука, 1975. – 125 с.

2. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1976. – 608 с.

3. Рубашкин А.Г. Лабораторные работы по сопротивлению материалов. – М.: Наука, 1979. – 114 с.

4. Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів. – К.: Вища шк., 1993. – 656 с.

5. Тарновский В.И., Дейкун В.И., Лузан Н.А. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Сопротивление материалов» для студентов 2-3 курсов механических специальностей. – Днепропетровск: ДХТИ, 1981. – 44 с.