

Міністерство освіти і науки України  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет мехатроніки та інжинірингу  
Кафедра надійності та міцності машин і споруд  
імені В.Я. Аніловича

## **СТЕНДОВІ НАВАНТАЖУВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ**

Методичні вказівки  
до виконання практичної роботи

для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти  
денної та заочної форм навчання зі спеціальності

133 Галузеве машинобудування

Затверджено рішенням  
Методичної ради  
ФМІ ДБТУ  
Протокол № 1  
від 20.01.2022 р.

Харків

2022

## УДК 631.3

Схвалено на засіданні кафедри надійності та міцності машин і споруд імені В.Я. Аніловича

протокол № 5 від 19 січня 2022 р.

Випробування і контроль надійності. Стендові навантажувальні пристрої: методичні вказівки до виконання практичної роботи для студентів денної та заочної форм навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти, спеціальності 133 Галузеве машинобудування; Харків. Державний біотехнологічний університет; уклад.: В.І. Іванов, О.І. Алфьоров, М. В. Сліпченко, В.Б. Савченко – Харків : [б. в.], 2022.–11с.

Методичні вказівки призначені для вивчення типів навантажувальних пристроїв, їх конструкції, устрою та принцип роботи.

Розглядаються схеми, устрій та принцип роботи різних типів навантажувальних пристроїв.

### Рецензенти:

**А. К. Автухов**, д-р техн. наук, завідувач кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні ім. О.І. Сідашенка Державного біотехнологічного університету.

**М. Л. Шуляк**, д-р техн. наук, завідувач кафедри тракторів і автомобілів Державного біотехнологічного університету.

**Відповідальний за випуск: В. Б. Савченко**, к.т.н., доцент.

© Іванов В.І., Алфьоров О.І.,

Сліпченко М.В., Савченко В.Б.

© ДБТУ, 2022

## СТЕНДОВІ НАВАНТАЖУВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ

**Мета роботи:** Вивчити типи навантажувальних пристроїв, їх конструкцію, будову та принцип роботи.

У якості навантажувачів використовують силозбудники різноманітної конструкції. Так, під час випробувань на розтягання (стискання) застосовують гідравлічні, відцентрові, електромагнітні силозбудники; під час випробувань на згин - гідравлічні, пневматичні, кривошипні, відцентрові, вагові, електромагнітні, електродинамічні; під час випробувань на кручення - кривошипні, відцентрові, вагові, електромагнітні.

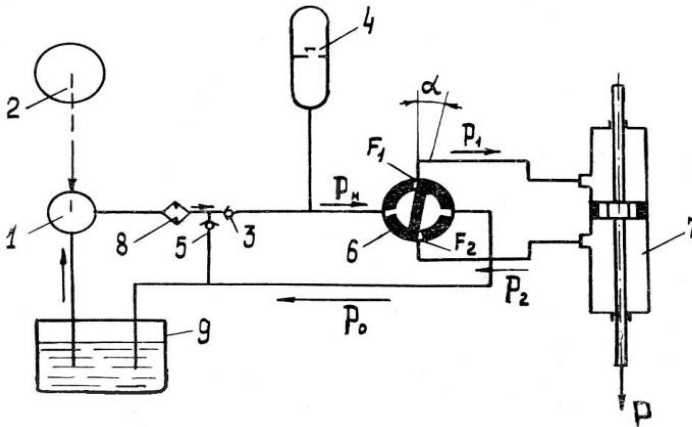
Для навантаження великогабаритних конструкцій, що потребують значних зусиль і, що мають значну піддатливість, найбільш часто застосовують, відцентрові, вагові збудники; для деталей та вузлів невеликих розмірів - пневматичні, кривошипні, електродинамічні, магнітострикційні, п'єзоелектричні збудники.

Основними видами гідравлічних силозбудників є силові гідроциліндри, гідропульсатори і гідровібратори.

На рис.1 наведена схема включення силового гідроциліндра з дросельним управлінням.

Система має відкриту циркуляцію рідини. Насос 1, який приводиться до дії двигуном 2, засмоктує з бака 9 рідину і через фільтр 8 під високим тиском ( $p_n=100\dots 250 \text{ кг/см}^2$ ) подає її у золотник 6. Для забезпечення сталості тиску ( $p_n=\text{const}$ ) застосований переливний клапан 5. При повороті золотника на кут  $\alpha$  утворюються два вікна, що дроселюють: на вході у силовий гідроциліндр 7 (вікно  $F_1$ ) і на виході з нього (вікно  $F_2$ ). Проходячи через вікно  $F_1$  і втрачаючи при цьому частину своєї енергії, рідина поступає у гідроциліндр, в якому основна частина потенційної енергії (тиску) перетворюється у корисне зусилля  $P$ . Віддавши свою енергію, рідина витискується з циліндру до баку через вікно  $F_2$ . На рисунку через  $p_1$  і  $p_2$  позначені тиски відповідно у нагнітаючій та зливній магістралях гідроциліндру,

а через  $p_0$  - тиск у зливній магістралі золотника.



**Рис.1. Схема включення силового гідроциліндра з дросельним управлінням:**

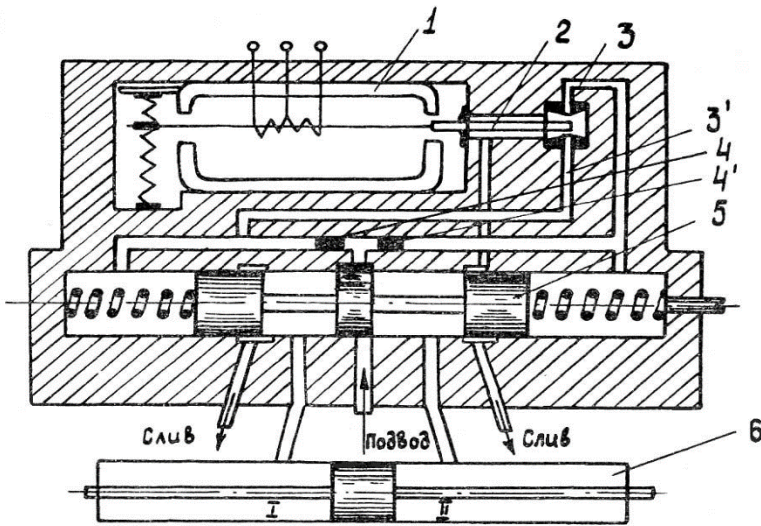
1 - насос; 2 - двигун; 3 - зворотний клапан; 4 - гідролінійний акумулятор;  
5 - переливний клапан; 6 - золотник; 7 - силовий гідроциліндр; 8 - фільтр;  
9 - бак.

Для підвищення к.к.д. у систему вводиться пневмо-гідролінійний акумулятор 4, який заряджається під час малих сигналів управління, запасуючи потенційну енергію у вигляді енергії стиснутого повітря, і віддає енергію під час великих сигналів управління, допомагаючи насосу забезпечити підвищені витрати через золотник. Для запобігання руху рідини з акумулятора у насос служить зворотний клапан 3. Швидкість руху поршня регулюється за рахунок зміни площі робочих вікон золотника, тобто шляхом зміни величини кута  $\alpha$ .

Гідровібратори є порівняно новим і вельми перспективним видом збудників змінних навантажень. Їх принцип дії оснований на використанні пульсуючого потоку рідини, що спрямований у робочі порожнини силового гідроциліндра.

На рис.2 наведена схема електричного гідровібратора, у якому періодично змінюється напрямок потоку рідини у порожнинах I і II силового циліндру 6 двосторонньої дії. Електро-механічний вібратор 1 представляє собою поляризований

електромагніт з поворотним якорем. Під час пропускання через управляючі обмотки електромагніту змінного струму величиною у декілька міліампер, якір починає коливатися з частотою струму управління. Закріплена на якорі заслінка 2 діє на сопла 3 і 3', визиваючи розбаланс у гідравлічному мостіку, що створений цими соплами та двома постійними гідравлічними опорами, якими служать дроселі 4 і 4'. Перепад тиску розбалансу використовується для переміщення управляючого золотника 5.



**Рис. 2. Схема електричного гідровібратора:**

- 1 - електромеханічний вібратор; 2 - заслінка; 3 і 3' - сопла; 4 і 4' - дроселі;  
5 - управляючий золотник; 6 - силовий циліндр двосторонньої дії.

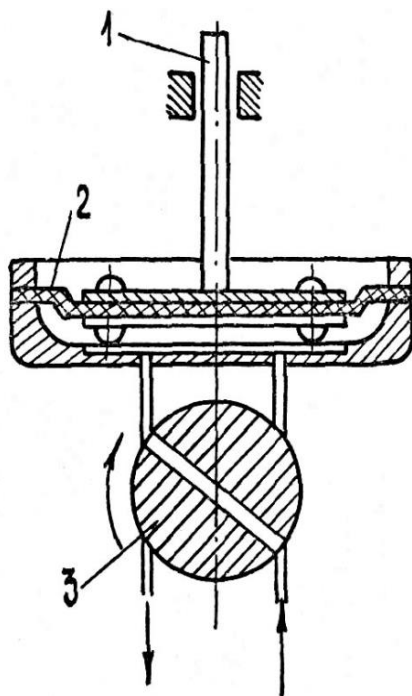
Механічні вібратори, принцип дії яких оснований на створенні збуджуючих сил під час обертання неврівноважених мас, також отримали широке розповсюдження.

Пристрій типу сопло-заслінка 2-3-3' і золотник 5 представляють собою двокаскадний гідропідсилювач потужності сигналу управління, коефіцієнт підсилення якого може бути велими великим.

Пневматичні силозбудники мають наступні переваги: можливість збудження великих переміщень, значна питома

потужність, невелика вартість. Крім того, для їх живлення можна використовувати централізовані мережі стиснутого повітря, які є на багатьох підприємствах.

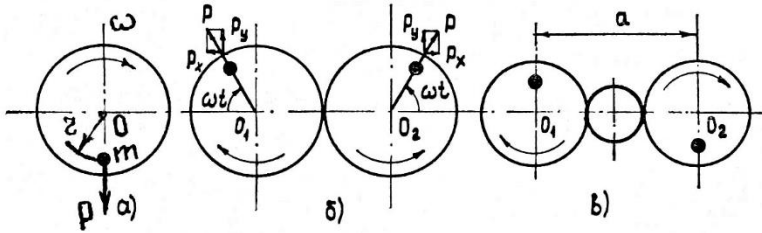
На рис.3 наведена схема пневмовібратора, який використовується у системах з вимушеним режимом роботи. Шток 1 діафрагмового пневмоциліндра з'єднується з конструкцією, що випробовується. Порожнина циліндра під мембраною 2 за допомогою двоклапанної розподільчої системи, яка умовно показана у вигляді золотника 3, що обертається, по чергово з'єднується то з напірною магістраллю, то з атмосферою.



**Рис. 3. Схема пневмовібратора:**

1 - шток циліндра; 2 - мембрана; 3 - золотник, що обертається.

У залежності від спрямованості збуджуючих сил розрізняють три типи механічних відцентрових вібраторів: неспрямовані, спрямовані і вібратори для збудження крутильних коливань (рис.4).



**Рис. 4. Схеми механічних відцентрових вібраторів:**  
 а) неспрямований вібратор; б) спрямований вібратор;  
 в) вібратор для збудження крутильних коливань.

Неспрямований вібратор (рис.4а) представляє собою масу, що обертається, центр тяжіння якої знаходиться поза віссю обертання. Збуджуюча таким вібратором відцентрова сила, що діє за радіусом у напрямку від центру обертання, постійна за величиною (при незмінній швидкості обертання) і, залишаючись у площині обертання, безперервно змінює напрям. Величина цієї сили визначається за формулою:

$$P = m \cdot \omega^2 \cdot r,$$

де  $m$  - невідносна маса;  
 $\omega$  - кутова швидкість обертання;  
 $r$  - відстань від осі обертання до центру тяжіння маси.

Спрямований вібратор (рис.4б) складається з двох спарених однакових неспрямованих вібраторів, які мають спільний привід і що обертаються у протилежних напрямках з однаковою кутовою швидкістю. Сила  $P$ , що збуджується кожним з вібраторів, може бути розкладена на дві взаємно перпендикулярні складові  $P_x = P \cdot \cos \omega t$  і  $P_y = P \cdot \sin \omega t$ . Горизонтальні складові обох сил  $P$  у кожний момент часу дорівнюють між собою і протилежно спрямовані, тому їх сума дорівнює нулю; вертикальні складові, складаючись, дають результуючу пульсуючу силу:

$$P_{\Sigma} = 2m \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \sin \omega t.$$

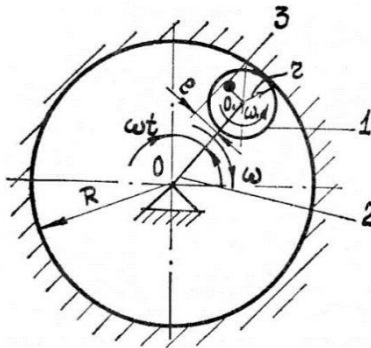
Повертаючи на  $90^\circ$  ось  $O_1O_2$  вібратора, можливо отримати горизонтально спрямовану результуючу силу.

Вібратор для збудження крутильних коливань (рис.4в) складається з двох неспрямованих вібраторів з протилежно розташованими неврівноваженими масами, які обертаються з однаковою швидкістю у одному напрямку і створюють пару сил. Крутний момент пари сил дорівнює:

$$M_{кр} = m \cdot \omega^2 \cdot r \cdot a \cdot \sin \omega t.$$

де  $a$  - відстань між осями  $O_1$  і  $O_2$  неспрямованих вібраторів.

Для створення суми двох збуджуючих сил з різною амплітудою і частотою використовують вібратори планетарного типу, які при їх спареному встановленні дозволяють отримати бігармонійну спрямовану збуджуючу силу. Принципова схема вібратора наведена на рис.5.



**Рис. 5. Відцентровий вібратор планетарного типу:**

1 - планетарне колесо; 2 - водило; 3 - дебалансна маса.

Вібратором є ексцентрично посаджена на вал планетарного колеса 1 дебалансна маса  $m_d$ , яка створює складний рух відносно центру  $O$ . Цей рух складається з обертання маси відносно точки  $O_1$  та разом з водилом 2 - відносно точки  $O$ . Збуджуюча сила буде містити основну гармоніку, що утворюється рухом дебалансної маси і маси планетарного колеса  $m_k$  відносно точки  $O$ , та високу гармоніку, що отримується від обертання маси  $m_d$  відносно центра  $O_1$ .



Кутова швидкість обертання планетарного колеса дорівнює:

$$\omega_1 = \frac{R}{r} \omega,$$

де  $R$  - радіус сонячного колеса;  
 $r$  - радіус планетарного колеса;  
 $\omega$  - кутова швидкість водила.

Миттєве значення збуджуючої сили вібратора дорівнює:

$$F(t) = 2m_o \cdot e \cdot \left(\frac{R}{r}\right)^2 \cdot \omega^2 \cdot \sin\left(\frac{R}{r} \omega t + \varphi\right) - 2(R-r) \cdot (m_k + m_o) \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t.$$

Кривошипні або ексцентриккові механізми застосовуються у приладах з примусовим режимом роботи для збудження прямим та непрямим методом змінних сил розтягання-стискання, а також згинаючих і обертаючих моментів. Принцип їх роботи оснований на збудженні змінних навантажень за рахунок створення змінних переміщень, амплітуда яких визначається кінематично.

### Контрольні питання

1. Які силозбудники використовують під час випробувань?
2. Розкрийте принцип дії силового гідроциліндра з дросельним управлінням.
3. На чому оснований принцип дії електричного гідровібратора?
4. Які переваги мають пневматичні силозбудники?
5. На які типи розрізняють механічні відцентрові вібратори у залежності від спрямованості збуджуючих сил?

## Список літератури

1. Анилович В.Я. Надежность машин в задачах и примерах./ В.Я. Анилович, А.С. Гринченко, В.Л. Литвиненко – Харьков: Око, 2001. – 320 с.
2. Гринченко А.С. Механическая надежность мобильных машин: оценка, моделирование, контроль – Х.:Віровець А.П. «Апостроф», 2012. – 259 с.
3. Погорелый Л.В. Испытания сельскохозяйственной техники. / Л.В. Погорелый, В.Я. Анилович – Научно-методические основы оценки и прогнозирования надежности сельскохозяйственных машин. – Феникс, 2004. – 208 с.
4. Армашов Ю.В., Випробування сільськогосподарської техніки на надійність: Навч. посібник / Ю.В. Армашов, П.К. Охмат Дніпропетровськ, 2002.-.219 с.
5. Випробування і сертифікація техніки АПК: Навчальний посібник/ К.І.Шмат, Є.І. Бондарев, О.В.Мігальов та ін. – Херсон: ОПДІ-плюс, 2004. – 268 с.

Навчальне видання

## ВИПРОБУВАННЯ І КОНТРОЛЬ НАДІЙНОСТІ

# СТЕНДИ ДЛЯ РЕСУРСНИХ ВИПРОБУВАНЬ

Методичні вказівки

до виконання практичної роботи

Укладачі:

**ІВАНОВ** Володимир Іванович  
**АЛФЬОРОВ** Олексій Ігорович  
**СЛІПЧЕНКО** Максим Володимирович  
**САВЧЕНКО** Володимир Борисович

Формат 60x84\16. Гарнітура Times New Roman  
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.

Ум. друк. арк. 0,5

Наклад 30 пр.

Державний біотехнологічний університет  
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44