

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та
природокористування

Навчально-науковий механічний інститут
Кафедра будівельних, дорожніх та меліоративних машин

02-01-618М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт
освітнього компонента

«Механічне обладнання підприємств будіндустрії»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського)
рівня за освітньо-професійною програмою
«Будівництво та цивільна інженерія»
спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою
з якості ННІБАД
Протокол № 9 від
26 травня 2026 р.

Рівне – 2026

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт освітнього компонента «Механічне обладнання підприємств будіндустрії» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Будівництво та цивільна інженерія» спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Науменко Ю. В., Нечидюк А. А. – Рівне : НУВГП, 2026. – 53 с.

Укладачі:

Науменко Ю. В., д.т.н., професор кафедри будівельних, дорожніх та меліоративних машин;

Нечидюк А. А., к.т.н., доцент, доцент кафедри будівельних, дорожніх та меліоративних машин.

Відповідальний за випуск:

Тхорук Є. І., к.т.н., доцент, в.о. завідувача кафедри будівельних, дорожніх та меліоративних машин, професор кафедри.

Керівник групи забезпечення спеціальності:

Шадура В. О., к.т.н., доцент, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

© Ю. В. Науменко,
А. А. Нечидюк, 2026
© Національний університет
водного господарства та
природокористування, 2026

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Лабораторна робота 1. Щоківі дробарки.....	6
Лабораторна робота 2. Дробарки ударної дії.....	14
Лабораторна робота 3. Грохоти.....	21
Лабораторна робота 4. Гравітаційні змішувачі....	31
Лабораторна робота 5. Роторні змішувачі.....	38
Лабораторна робота 6. Вібраційні майданчики....	45
Список рекомендованої літератури.....	53

ВСТУП

Лабораторний практикум із дисципліни «Механічне обладнання підприємств будіндустрії» є важливою складовою підготовки фахівців будівельного профілю. Сучасне виробництво будівельних матеріалів, виробів базується на застосуванні складних автоматизованих комплексів, ефективність роботи яких безпосередньо залежить від технічного стану, правильного вибору та експлуатації механічного обладнання.

Метою даного практикуму є закріплення теоретичних знань, отриманих під час лекційних занять та набуття практичних навичок дослідження конструкцій і робочих процесів машин.

Під час виконання лабораторних робіт студенти мають можливість:

- вивчити будову та принцип дії обладнання для підготовки сировини (дробарок), а також формувальних та переробних агрегатів;
- освоїти методику розрахунку основних техніко-експлуатаційних характеристик машин, таких як продуктивність, потужність привода та ККД;

- провести експериментальні дослідження впливу фізико-механічних властивостей матеріалів на енергетичні параметри обладнання;

- навчитися аналізувати результати випробувань та приймати обґрунтовані інженерні рішення щодо оптимізації робочих процесів.

Знання, отримані в ході практикуму, стануть фундаментом для подальшого курсового та дипломного проєктування, а також професійної діяльності, де ключовим завданням є забезпечення надійності та високої продуктивності парку машин підприємств будівельної індустрії.

Правила техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт

1. Загальні вимоги:

- допуск до роботи: до виконання робіт допускаються лише особи, які пройшли вступний та первинний інструктажі з техніки безпеки, що підтверджується підписом у журналі реєстрації інструктажів;

- присутність персоналу: забороняється працювати в лабораторії наодинці. Експеримент має проводитися під наглядом викладача або лаборанта;

- зовнішній вигляд: необхідно мати застібнутий одяг (або спецодяг – халат або комбінезон). Довге волосся має бути зібране та надійно сховане. Заборонено носити прикраси, краватки або вільний одяг, який може потрапити в рухомі частини машин.

2. Безпека при роботі з обладнанням:

- перевірка обладнання: перед увімкненням переконайтеся у справності захисних кожухів, заземлення та відсутності сторонніх предметів у робочій зоні;

- заборона втручання: категорично забороняється торкатися рухомих частин (валів, шківів, ковшів) під час роботи агрегату. Завантаження сировини або відбір проб проводиться лише за умови повної зупинки машини;

- аварійна зупинка: перед початком роботи обов'язково знайдіть кнопку аварійної зупинки («Стоп») на пульті керування;

- нагляд: не залишайте ввімкнене обладнання без нагляду.

3. Засоби індивідуального захисту та електробезпека:

- засоби захисту (ЗІЗ): використовуйте захисні окуляри при роботі з матеріалами, що можуть пилити або розлітатися (наприклад, при дробінні каменю), та навушники при високому рівні шуму;

- робота з мережею: забороняється самостійно ремонтувати електропроводку або замінювати запобіжники. У разі виявлення запаху гару або іскріння негайно вимкніть живлення.

4. Дії у надзвичайних ситуаціях:

- травмування: при отриманні будь-якої травми (поріз, забій) слід негайно припинити роботу та звернутися до викладача для отримання домедичної допомоги;

- пожежа: у разі займання вимкніть електроживлення та скористайтеся вогнегасником або піском.

Лабораторна робота 1

ЩОКОВІ ДРОБАРКИ

Мета роботи: виміряти геометричні параметри робочих камер подрібнення моделей щоккових дробарок із простим та складним рухом щоки та визначити розрахунковим шляхом основні технологічні та енергетичні характеристики дробарок.

Обладнання та прилади: лабораторна установка щоккової дробарки із простим рухом щоки; лабораторна установка щоккової дробарки зі складним рухом щоки; штангенциркуль, лінійка.



Рис. 1.1. Лабораторна установка щоккової дробарки із простим рухом щоки



Рис. 1.2. Лабораторна установка щоквої дробарки зі складним рухом щоки

Основні теоретичні відомості

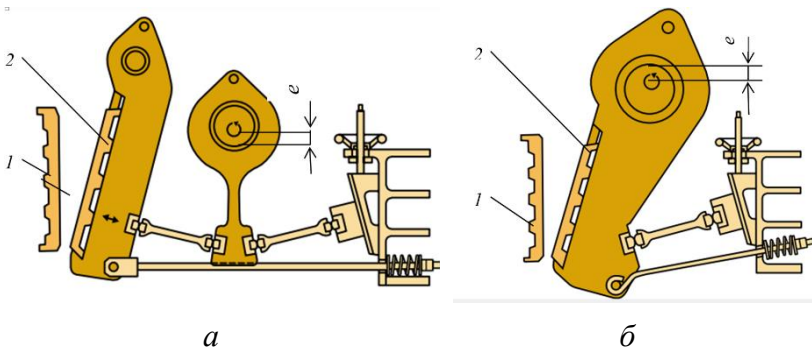


Рис. 1.3. Схеми щоквих дробарок:
а – із простим рухом щоки та *б* – складним рухом щоки.
 1 – нерухома щока, 2 – рухома щока,
 e – ексцентриситет приводного кривошипа

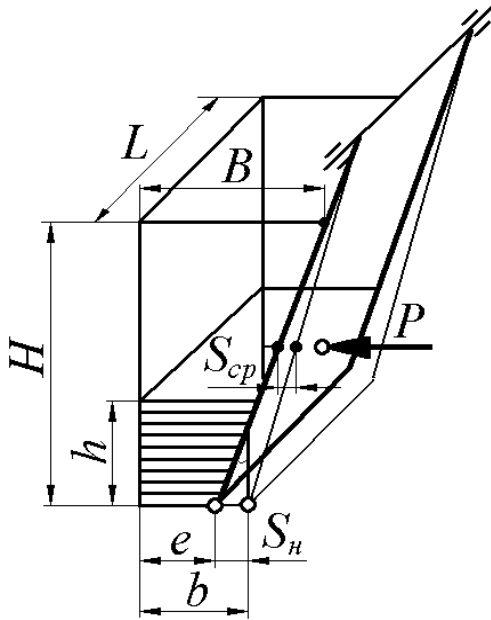


Рис. 1.4. Схема геометричних параметрів робочої камери подрібнення щоквої дробарки: B – ширина приймального отвору; L – довжина приймального отвору; H – висота камери; b – максимальна ширина вихідної щілини; e – мінімальна ширина вихідної щілини; S – хід щоки знизу камери подрібнення; S_{cp} – середній хід щоки; h – висота порції подрібнюваного матеріалу, що виходить із камери за один хід рухомої щоки; P – сила навантаження на рухому щоку

Порядок виконання роботи

1. Виміряти основні геометричні параметри камери подрібнення моделі шокової дробарки із простим рухом щоки, мм:

- ширину приймального отвору $B_{пм}$;
- ширину вихідної щілини $b_{пм}$;
- довжину приймального отвору $L_{пм}$;
- висоту камери $H_{пм}$.

2. Виміряти основні геометричні параметри камери подрібнення моделі шокової дробарки зі складним рухом щоки, мм:

- ширину приймального отвору $B_{см}$;
- ширину вихідної щілини $b_{см}$;
- довжину приймального отвору $L_{см}$;
- висоту камери $H_{см}$.

3. Визначити основні геометричні параметри камери подрібнення натурального зразка шокової дробарки із простим рухом щоки, за результатами вимірювань у п. 1 та з урахуванням масштабу моделі, м:

- ширину приймального отвору B_n

$$B_n = \frac{B_{пм}}{1000M};$$

- ширину вихідної щілини b_n

$$b_n = \frac{b_{nm}}{1000M};$$

- довжину приймального отвору L_n

$$L_n = \frac{L_{nm}}{1000M};$$

- висоту камери H_n

$$H_n = \frac{H_{nm}}{1000 \cdot M},$$

де $M = 0,1$ – масштаб моделі (М 1:10).

4. Визначити хід щоки знизу камери подрібнення щокової дробарки із простим рухом щоки S_{nn} , м:

$$S_{nn} = 0,008 + 0,26b_n.$$

5. Визначити частоту обертання ексцентрикового вала щокової дробарки із простим рухом щоки n_n , об/с:

$$n_n = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{g \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2S_{nn}}},$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення сили тяжіння,

$\alpha = 18 \dots 20^\circ$ – кут захоплення.

6. Визначити середньозважений розмір кусків вихідного матеріалу щокової дробарки із простим рухом щоки D_{cn} , м:

$$D_{cn} = (0,3 \dots 0,4)B_n.$$

7. Визначити об'ємну продуктивність щокової дробарки із простим рухом щоки Π_n , м³/год:

$$P_n = \frac{3600 \cdot c_n S_{\text{шн}} L_n b_n n_n (B_n + b_n)}{2 D_{\text{сн}} \text{tg} \alpha},$$

де $c_n = 0,84$ – коефіцієнт кінематики для дробарки із простим рухом щоки.

8. Визначити потужність привода дробарки із простим рухом щоки N_n , кВт:

$$N_n = 1,5 \cdot 1000 \cdot W_n L_n H_n S_{\text{шн}} n_n,$$

де $W_n = 1$ кВт·год/м³ – усереднене розрахункове значення питомої енергії подрібнення для дробарки із простим рухом щоки.

9. Визначити питому енергоємність процесу подрібнення в щоковій дробарці із простим рухом щоки E_n , (кВт·год)/м³:

$$E_n = \frac{N_n}{P_n}.$$

10. Визначити основні геометричні параметри камери подрібнення натурального зразка щокової дробарки зі складним рухом щоки, за результатами вимірювань у п. 2 та з урахуванням масштабу моделі, м:

- ширину приймального отвору B_c

$$B_c = \frac{B_{\text{см}}}{1000M};$$

- ширину вихідної щілини b_c

$$b_c = \frac{b_{\text{см}}}{1000M};$$

- довжину приймального отвору L_c

$$L_c = \frac{L_{cm}}{1000M};$$

- висоту камери H_c

$$H_c = \frac{H_{cm}}{1000 \cdot M},$$

де $M = 0,1$ – масштаб моделі (М 1:10).

11. Визначити хід щоки знизу камери подрібнення щокової дробарки зі складним рухом щоки S_c , м:

$$S_{cn} = 0,007 + 0,1b_c.$$

12. Визначити частоту обертання ексцентрикового вала 4 щокової дробарки зі складним рухом щоки n_c , об/с:

$$n_c = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{g \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2S_{nc}}}.$$

13. Визначити середньозважений розмір кусків вихідного матеріалу щокової дробарки зі складним рухом щоки D_{cc} , м:

$$D_{cc} = (0,3 \dots 0,4)B_c.$$

14. Визначити об'ємну продуктивність щокової дробарки зі складним рухом щоки Π_c , м³/год:

$$\Pi_n = \frac{3600 \cdot c_c S_{nc} L_c b_c n_c (B_c + b_c)}{2D_{cc} \operatorname{tg} \alpha},$$

де $c = 1$ – коефіцієнт кінематики для дробарки зі складним рухом щоки.

15. Визначити потужність приводу дробарки зі складним рухом щоки N_c , кВт:

$$N_c = 720 \cdot mL_c H_c n_c r,$$

де $m = 0,56 \dots 0,6$ – конструктивний коефіцієнт;

$$r = (0,56 \dots 0,6) S_{nc} \text{ – ексцентриситет вала.}$$

16. Визначити питому енергоємність процесу подрібнення в щоківій дробарці зі складним рухом щоки E_c , (кВт·год)/м³:

$$E_c = \frac{N_c}{P_c}.$$

Зміст звіту про виконання лабораторної роботи 1

1. Назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Копія схем щоківих дробарок із простим та складним рухом щоки (рис. 1.3).
4. Копія схеми геометричних параметрів робочої камери подрібнення щоківій дробарки (рис. 1.4).
5. Результати вимірювань та обчислень за п.п. 1-16 із текстовими поясненнями.
6. Висновки.

Лабораторна робота 2

ДРОБАРКИ УДАРНОЇ ДІЇ

Мета роботи: виміряти геометричні параметри роторів моделей роторної та молоткової дробарок та визначити розрахунковим шляхом основні технологічні та енергетичні характеристики дробарок.

Обладнання та прилади: лабораторна установка роторної дробарки, лабораторна установка молоткової дробарки, штангенциркуль, лінійка.

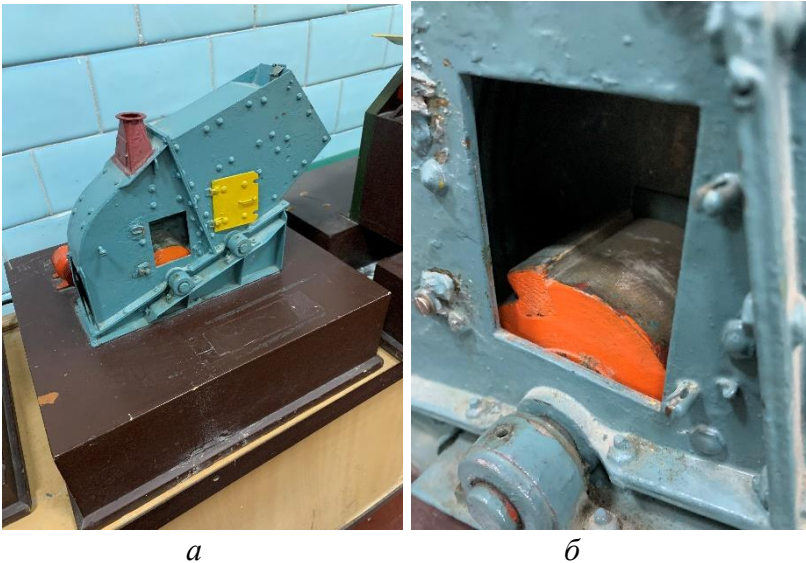
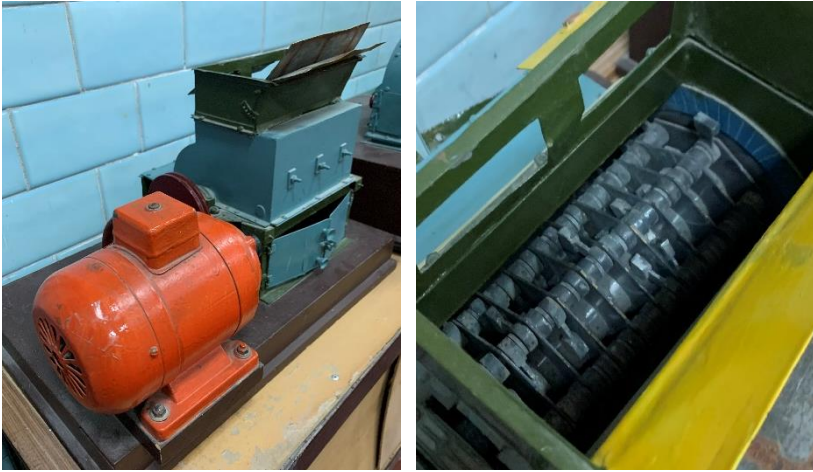


Рис. 2.1. Лабораторна установка роторної дробарки:
a – загальний вигляд, *б* – робочий орган



a

б

Рис. 2.2. Лабораторна установка молоткової дробарки: *a* – загальний вигляд, *б* – робочий орган

Основні теоретичні відомості

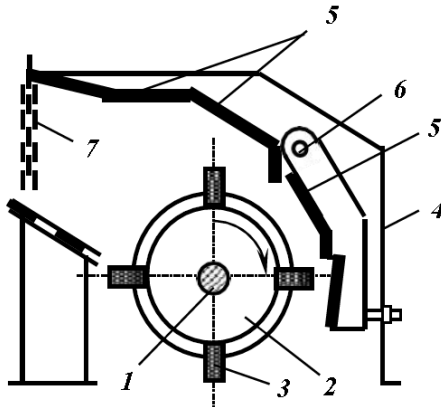


Рис. 2.3. Схема роторної дробарки:
 1 – горизонтальний вал; 2 – ротор; 3 – било;
 4 – корпус дробарки; 5 – відбійні плити;
 6 – осі підвісу відбійних плит; 7 – ланцюгові штори

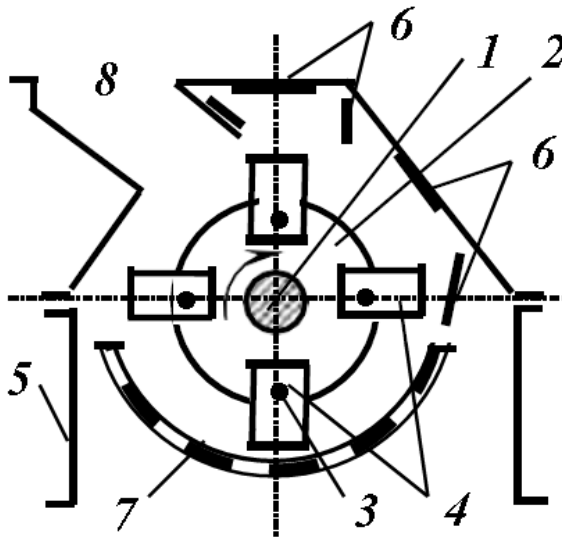


Рис. 2.4. Схема молоткової дробарки:

- 1 – горизонтальний вал; 2 – ротор; 3 – осі молотків;
 4 – молотки; 5 – корпус дробарки; 6 – футерувальні плити;
 7 – колосникова решітка; 8 – завантажувальна лійка

Порядок виконання роботи

1. Виміряти основні геометричні параметри ротора моделі роторної дробарки, мм:

- діаметр ротора D_{pm} ;
- довжину ротора L_{pm} .

2. Виміряти основні геометричні параметри ротора моделі молоткової дробарки, мм:

- діаметр ротора при радіальному положенні молотків D_{ml} ;

- довжину ротора $L_{мм}$.

3. Визначити основні геометричні параметри ротора натурального зразка роторної дробарки, за результатами вимірювань у п. 1 та з урахуванням масштабу моделі, м:

- діаметр ротора D_p ,

$$D_p = \frac{D_{рм}}{1000M};$$

- довжину ротора L_p

$$L_p = \frac{L_{рм}}{1000M};$$

де $M = 0,1$ – масштаб моделі (М 1:10).

4. Визначити максимальний розмір кусків вихідного матеріалу роторної дробарки d_{maxp} , мм:

$$d_{maxp} = 1000 \frac{D_p}{K_{maxp}},$$

де $K_{maxp} = 1,7...3,3$ – коефіцієнт максимального розміру кусків вихідного матеріалу роторної дробарки.

5. Визначити частоту обертання ротора роторної n_p , об/с:

$$n_p = \frac{g_p}{\pi D_p},$$

де $g_p = 20...50$ м/с – колова швидкість бил ротора.

6. Визначити об'ємну продуктивність роторної дробарки Π_p , м³/Год:

- якщо $D_p > L_p$

$$\Pi_p = 6D_p^2 L_p n_p,$$

- якщо $D_p < L_p$

$$\Pi_p = 6D_p L_p^2 n_p.$$

7. Визначити потужність привода роторної дробарки N_p , кВт:

$$N_p = 9D_p^2 L_p n_p.$$

8. Визначити питому енергоємність процесу подрібнення в роторній дробарці E_{np} , (кВт·год)/м³:

$$E_{np} = \frac{N_p}{\Pi_p}.$$

9. Визначити основні геометричні параметри ротора натурального зразка молоткової дробарки, за результатами вимірювань у п. 2 та з урахуванням масштабу моделі, м:

- діаметр ротора при радіальному положенні молотків D_m ,

$$D_m = \frac{D_{mm}}{1000M};$$

- довжину ротора L_m

$$L_m = \frac{L_{mm}}{1000M};$$

де $M = 0,1$ – масштаб моделі (М 1:10).

10. Визначити максимальний розмір кусків вихідного матеріалу молоткової дробарки $d_{max\ m}$, мм:

$$d_{max\ m} = 1000 \frac{D_m}{K_{max\ m}},$$

де $K_{max\ m} = 3,2 \dots 4$ – коефіцієнт максимального розміру кусків вихідного матеріалу молоткової дробарки.

11. Визначити частоту обертання ротора молоткової дробарки n_m , об/с:

$$n_m = \frac{g_m}{\pi D_m},$$

де $g_m = 50 \dots 80$ м/с – колова швидкість молотків ротора.

12. Визначити об'ємну продуктивність молоткової дробарки Π_m , м³/год:

- якщо $D_m > L_m$

$$\Pi_m = 6 D_m^2 L_m n_m,$$

- якщо $D_m < L_m$

$$\Pi_m = 6 D_m L_m^2 n_m.$$

7. Визначити потужність привода молоткової дробарки N_m , кВт:

$$N_m = 9 D_m^2 L_m n_m.$$

8. Визначити питому енергоємність процесу подрібнення в молотковій дробарці E_{nm} , (кВт·год)/м³:

$$E_{nm} = \frac{N_m}{\Pi_m}.$$

Зміст звіту про виконання лабораторної роботи 2

1. Назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Копія схеми роторної дробарки (рис. 2.3).
4. Копія схеми молоткової дробарки (рис. 2.4).
5. Результати вимірювань та обчислень за п.п. 1-14 із текстовими поясненнями.
6. Висновки.

Лабораторна робота 3

ГРОХОТИ

Мета роботи: виміряти геометричні параметри сит моделей вібраційних грохотів із коловими та напрямленими коливаннями та визначити розрахунковим шляхом основні технологічні та енергетичні характеристики грохотів.

Обладнання та прилади: лабораторні установки грохотів; штангенциркуль, лінійка.



Рис. 3.1. Лабораторні установки грохотів

Основні теоретичні відомості

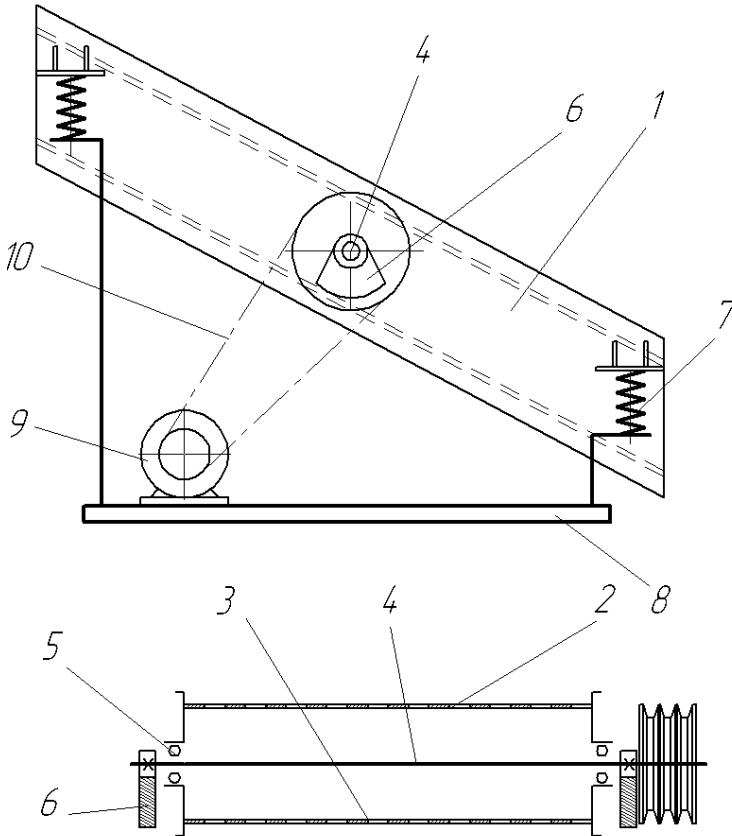


Рис. 3.2. Інерційний грохот з коловими коливаннями:
1 – короб; 2 – верхнє сито; 3 – нижнє сито;
4 – дисбалансний вал; 5 – підшипники; 6 – дисбаланс;
7 – пружний елемент; 8 – рама; 9 – двигун;
10 – клинопасова передача

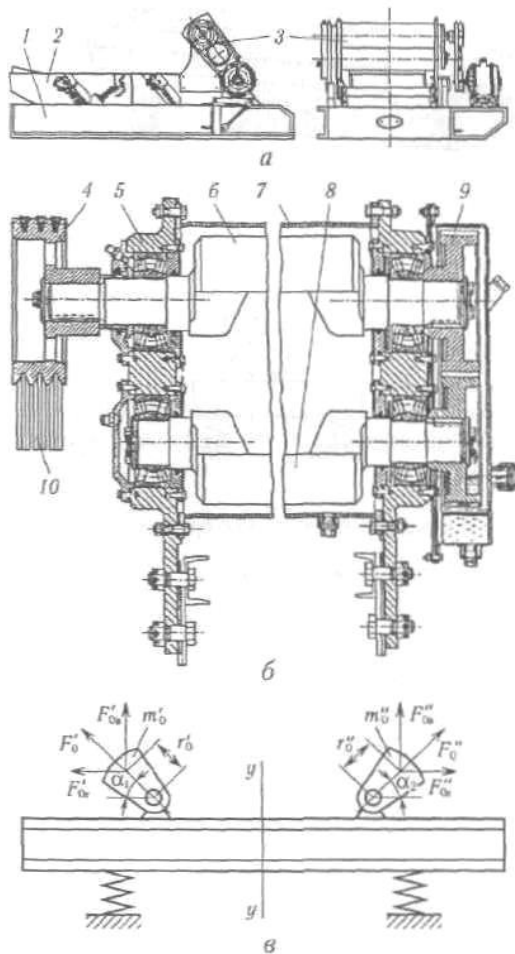


Рис. 3.3. Горизонтальний грохот із напрямленими коливаннями: а – загальний вигляд; б – вібробудувач; в – схема вібробудувач, встановленого на коробі грохота, 1 – корпус; 2 – короб; 3 – вібробудувач напрямленої дії; 4 – шків; 5 – роликопідшипник; 6 та 8 – паралельні дисбалансні вали; 7 – корпус; 9 – зубчаста передача; 10 – клинопасова передача

Порядок виконання роботи

1. Виміряти основні геометричні параметри сита моделі вібраційного грохота із коловими коливаннями, мм:

- довжину сита $L_{км}$;
- ширину сита $B_{км}$.

2. Виміряти основні геометричні параметри сита моделі вібраційного грохота із напрямленими коливаннями, мм:

- довжину сита $L_{нм}$;
- ширину сита $B_{нм}$.

3. Визначити основні геометричні параметри сита натурального зразка вібраційного грохота із коловими коливаннями, за результатами вимірювань у п. 1 та з урахуванням масштабу моделі, м:

- довжину сита L_k

$$L_k = \frac{L_{км}}{1000M};$$

- ширину сита B_k

$$B_k = \frac{B_{км}}{1000M};$$

де $M = 0,1$ – масштаб моделі (М 1:10).

4. Визначити площу просіювальної поверхні вібраційного грохота з коловими коливаннями S_k , м:

$$S_{\kappa} = L_{\kappa} B_{\kappa}.$$

5. Визначити об'ємну продуктивність вібраційного грохота із коловими коливаннями Π_{κ} , м³/Год:

$$\Pi_{\kappa} = q_{\kappa} S_{\kappa} K_{1\kappa} K_{2\kappa} K_{3\kappa} m_{\kappa},$$

де $q_{\kappa} = 12 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$ – питома продуктивність вібраційного грохота із коловими коливаннями для квадратного отвору сита розміром $l_{\kappa} = 5 \text{ мм}$; $K_{1\kappa} = 0,45$ – коефіцієнт, що враховує кут нахилу сита (9°); $K_{2\kappa} = 0,58$ – коефіцієнт, що враховує відсотковий вміст зерен нижнього класу у вихідному матеріалі вібраційного грохота із коловими коливаннями ($C_{нк} = 10\%$); $K_{3\kappa} = 0,63$ – коефіцієнт, що враховує відсотковий вміст у нижньому класі зерен, розмір яких є меншим за половину отвору сита вібраційного грохота із коловими коливаннями ($C_{нк1/2} = 10\%$); $m_{\kappa} = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність живлення і зерновий склад вихідного матеріалу, форму зерен та тип грохота (вібраційний із коловими коливаннями).

6. Визначити ефективність грохочення вібраційного грохота із коловими коливаннями E_{κ} , %:

$$E_{\kappa} = e_{\kappa} k_{1\kappa} k_{2\kappa} k_{3\kappa},$$

де $e_{\kappa} = 87\%$ – еталонна ефективність грохочення вібраційного грохота із коловими коливаннями (для середніх умов); $k_{1\kappa} = 1,07$ – коефіцієнт, що враховує кут нахилу сита вібраційного грохота із коловими коливаннями (9°); $k_{2\kappa} = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує відсотковий вміст зерен нижнього класу у вихідному матеріалі вібраційного грохота із коловими коливаннями ($C_{нк} = 10\%$); $k_{3\kappa} = 0,95$ – коефіцієнт, що враховує відсотковий вміст у нижньому класі зерен, розмір яких менший за половину отвору сита

вібраційного грохота із коловими коливаннями ($C_{нк1/2} = 10\%$).

7. Визначити середню швидкість руху частинок матеріалу по поверхні сита вібраційного грохота із коловими коливаннями g_k , м/с:

$$g_k = 2,71 \sqrt{\frac{l_k}{1000}}.$$

8. Визначити потужність привода вібраційного грохота із коловими коливаннями N_k , кВт:

$$N_k = 2,3 \cdot L_k \frac{P_k \left(C_{вк} + \frac{C_{нк}}{2} \right)}{g_k E_k},$$

де $C_{вк} = 10\%$ – вміст матеріалу верхнього класу у вихідному матеріалі вібраційного грохота із коловими коливаннями, $C_{нк} = 10\%$ – вміст матеріалу нижнього класу у вихідному матеріалі вібраційного грохота із коловими коливаннями.

9. Визначити питому енергоємність процесу грохочення у вібраційному грохоті із коловими коливаннями Q_k , (кВт·год)/м³:

$$Q_k = \frac{N_k}{P_k}.$$

10. Визначити амплітуду коливань вібраційного грохота із коловими коливаннями a_k , м:

$$a_k = \frac{4 + 0,14l_k}{1000}.$$

11. Визначити частоту коливань вібраційного грохота із коловими коливаннями f_k , Гц:

$$f_k = 4,4 \sqrt{\frac{l_k}{1000 \cdot a_k}}.$$

12. Визначити основні геометричні параметри сита натурального зразка вібраційного грохота із напрямленими коливаннями, за результатами вимірювань у п. 2 та з урахуванням масштабу моделі, м:

- довжину сита L_n

$$L_n = \frac{L_{nm}}{1000M};$$

- ширину сита B_n

$$B_n = \frac{B_{nm}}{1000M};$$

де $M = 0,1$ – масштаб моделі (М 1:10).

13. Визначити площу просіювальної поверхні вібраційного грохота із напрямленими коливаннями S_n , м:

$$S_n = L_n B_n.$$

14. Визначити об'ємну продуктивність вібраційного грохота із напрямленими коливаннями Π_n , м³/год:

$$\Pi_n = q_n S_n K_{1n} K_{2n} K_{3n} m_n,$$

де $q_n = 43 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$ – питома продуктивність вібраційного грохота із напрямленими коливаннями для квадратного отвору сита розміром $l_n = 20$ мм; $K_{1n} = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує кут нахилу сита (15°); $K_{2n} = 0,92$ – коефіцієнт, що

враховує відсотковий вміст зерен нижнього класу у вихідному матеріалі вібраційного грохота із напрямленими коливаннями ($C_{nn} = 50\%$); $K_{zn} = 1$ – коефіцієнт, що враховує відсотковий вміст у нижньому класі зерен, розмір яких є меншим за половину отвору сита вібраційного грохота із напрямленими коливаннями ($C_{nn1/2} = 50\%$); $m_n = 0,5$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність живлення і зерновий склад вихідного матеріалу, форму зерен та тип грохота (вібраційний із напрямленими коливаннями).

15. Визначити ефективність грохочення вібраційного грохота із напрямленими коливаннями E_n , %:

$$E_n = e_n k_{1n} k_{2n} k_{3n},$$

де $e_n = 86\%$ – еталонна ефективність грохочення вібраційного грохота із напрямленими коливаннями (для середніх умов); $k_{1n} = 1,03$ – коефіцієнт, що враховує кут нахилу сита вібраційного грохота із напрямленими коливаннями (15°); $k_{2n} = 0,97$ – коефіцієнт, що враховує відсотковий вміст зерен нижнього класу у вихідному матеріалі вібраційного грохота із напрямленими коливаннями ($C_{nn} = 50\%$); $k_{3n} = 1$ – коефіцієнт, що враховує відсотковий вміст у нижньому класі зерен, розмір яких менший за половину отвору сита вібраційного грохота із напрямленими коливаннями ($C_{nn1/2} = 50\%$).

16. Визначити середню швидкість руху частинок матеріалу по поверхні сита вібраційного грохота із напрямленими коливаннями \mathcal{G}_n , м/с:

$$\mathcal{G}_n = 2,71 \sqrt{\frac{l_n}{1000}}.$$

17. Визначити потужність привода вібраційного грохота із напрямленими коливаннями N_n , кВт:

$$N_n = 2,3 \cdot L_n \frac{\Pi_n \left(C_{вн} + \frac{C_{нн}}{2} \right)}{g_n E_n},$$

де $C_{вн} = 50\%$ – вміст матеріалу верхнього класу у вихідному матеріалі вібраційного грохота із напрямленими коливаннями, $C_{нн} = 50\%$ – вміст матеріалу нижнього класу у вихідному матеріалі вібраційного грохота із напрямленими коливаннями.

9. Визначити питому енергоємність процесу грохочення у вібраційному грохоті із напрямленими коливаннями Q_n , (кВт·год)/м³:

$$Q_n = \frac{N_n}{\Pi_n}.$$

10. Визначити амплітуду коливань вібраційного грохота із напрямленими коливаннями a_n , м:

$$a_n = \frac{4 + 0,14 \cdot l_n}{1000}.$$

11. Визначити частоту коливань вібраційного грохота із напрямленими коливаннями f_n , Гц:

$$f_n = \frac{1 + 0,0125 \cdot l_n}{12 a_n}.$$

Зміст звіту про виконання лабораторної роботи 3

1. Назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Копія схем вібраційного грохота із коловими коливаннями (рис. 3.2).
4. Копія схем вібраційного грохота із напрямленими коливаннями (рис. 3.3).
5. Результати вимірювань та обчислень за п.п. 1-10 із текстовими поясненнями.
6. Висновки.

Лабораторна робота 4

ГРАВІТАЦІЙНІ ЗМІШУВАЧІ

Мета роботи: виміряти геометричні параметри робочої камери моделі гравітаційного змішувача та визначити розрахунковим шляхом основні технологічні та енергетичні характеристики змішувача.

Обладнання та прилади: лабораторні установки гравітаційних змішувачів; штангенциркуль, лінійка.



Рис. 4.1. Лабораторні установки гравітаційних змішувачів

Основні теоретичні відомості

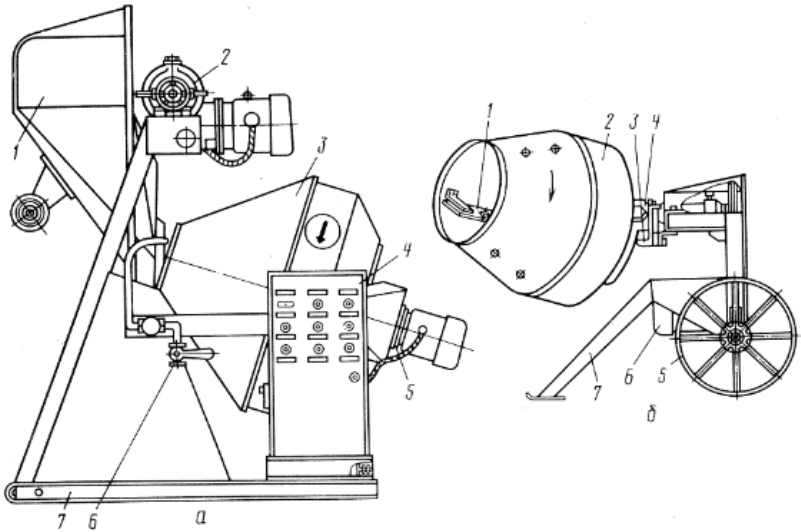


Рис. 4.2. Гравітаційні бетонозмішувачі циклічної дії:

a – тип СБ-16Б:

- 1 – ківш; 2 – механізм підйому ковша; 3 – барабан ;
- 4 – пульт керування; 5 – привод барабана;
- 6 – система водопостачання; 7 – рама;

б – тип СБ-101:

- 1 – лопаті; 2 – барабан; 3 – механізм повороту барабана;
- 4 – редуктор; 5 – ходовий пристрій; 6 – двигун; 7 – рама

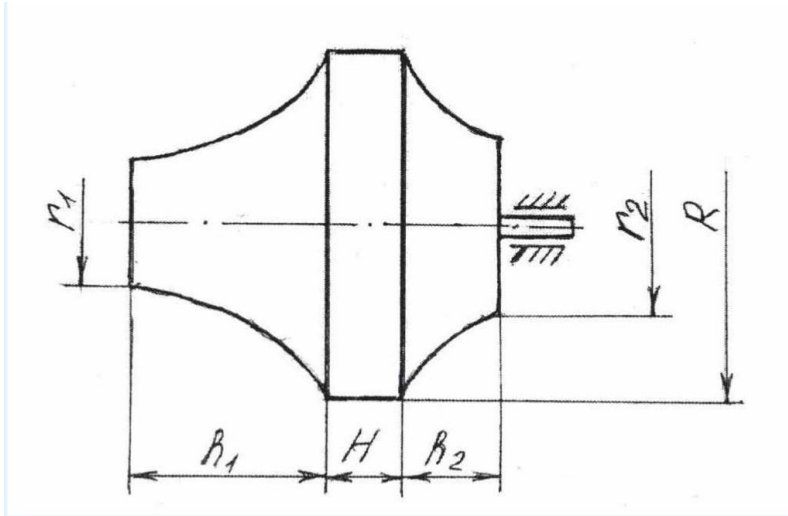


Рис. 4.3. Схема робочої камери барабана гравітаційного змішувача

Порядок виконання роботи

1. Виміряти основні геометричні параметри камери барабана моделі гравітаційного змішувача (рис. 4.3), мм:

- радіус циліндричної частини камери барабана R_m ;
- радіус отвору завантаження камери барабана r_{1m} ;
- радіус торцевої стінки камери барабана r_{2m} ;
- довжину циліндричної частини камери H_m ;
- довжину передньої конічної частини камери h_{1m} ;
- довжину задньої конічної частини камери h_{2m} .

2. Визначити основні геометричні параметри камери барабана натурального зразка гравітаційного змішувача за результатами вимірювань у п. 1 та з урахуванням масштабу моделі, м:

- радіус циліндричної частини камери барабана R

$$R = \frac{R_m}{1000M};$$

- радіус отвору завантаження камери барабана r_1

$$r_1 = \frac{r_{1m}}{1000M};$$

- радіус торцевої стінки камери барабана r_2

$$r_2 = \frac{r_{2m}}{1000M};$$

- довжину циліндричної частини камери H

$$H = \frac{H_m}{1000M};$$

- довжину передньої конічної частини камери h_1

$$h_1 = \frac{h_{1m}}{1000M}$$

- довжину задньої конічної частини камери h_2

$$h_2 = \frac{h_{2m}}{1000M},$$

де $M = 0,2$ – масштаб моделі (М 1:5).

3. Визначити частоту обертання барабана n , об/с:

$$n = \frac{K_e}{\sqrt{R}},$$

де $K_e = 0,25 \dots 0,35 \text{ м}^{0,5}/\text{с}$ – коефіцієнт гравітації.

4. Визначити кутову швидкість барабана ω , с^{-1} :

$$\omega = 2\pi \cdot n.$$

5. Визначити тривалість циклу змішування t_u , с:

$$t_u = t_3 + t_n + t_6,$$

де $t_3 = 10 \dots 20$ с – тривалість завантаження камери барабана компонентами суміші; $t_n = 50 \dots 120$ с – тривалість перемішування компонентів суміші; $t_6 = 10 \dots 20$ с – тривалість вивантаження із камери барабана порції готової суміші.

6. Визначити кількість замісів упродовж однієї години Z , год^{-1} :

$$Z = \frac{t_{\text{год}}}{t_u},$$

де $t_{\text{год}} = 3600$ с – тривалість однієї години.

7. Визначити середній радіус передньої конічної частини камери R_1 , м

$$R_1 = \frac{r_l + R}{2}.$$

8. Визначити середній радіус задньої конічної частини камери R_2 , м

$$R_2 = \frac{r_2 + R}{2}.$$

9. Визначити об'єм камери барабана V_K , м²

$$V_K = \pi(R^2 H + R_1^2 h_1 + R_2^2 h_2).$$

10. Визначити об'єм порції готового замісу V_3 , м²

$$V_3 = K_3 V_K,$$

де $K_3 = 0,65 \dots 0,7$ – коефіцієнт заповнення камери.

11. Визначити об'ємну продуктивність змішувача Π , м³/год

$$\Pi = V_3 Z.$$

12. Визначити вагу порції суміші у камері барабана G_c , Н

$$G_c = V_3 \rho_{\delta} g,$$

де $\rho_{\delta} = 2400$ кг/м³ – густина бетонної суміші, $g = 9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння.

13. Визначити потужність, що втрачається на піднімання суміші у камері барабана N_n , кВт

$$N_n = \frac{2,2 G_c \cdot R \cdot n}{1000}.$$

14. Визначити вагу корпусу барабана G_{δ} , Н

$$G_{\delta} = \pi(2RH + 2R_1 h_1 + 2R_2 h_2 + R_2^2) \delta \rho_c g,$$

де $\delta = 0,01$ м – товщина стінки барабана, $\rho_c = 7800$ кг/м³ – густина сталі.

15. Визначити потужність, що витрачається на подолання сил опору тертя в опорній частині барабана N_m , кВт

$$N_m = \frac{(G_c + G_o)\mu \cdot r_e \cdot \omega}{1000},$$

де $\mu = 0,1$ – коефіцієнт тертя кочення у підшипниках, $r_e = 0,02$ м – радіус вала цапфи підшипника.

16. Визначити потужність двигуна привода обертання барабана N , кВт

$$N = \frac{N_n + N_m}{\eta},$$

де $\eta = 0,95$ – коефіцієнт корисної дії передачі привода.

17. Визначити питому енергоємність процесу змішування в гравітаційному змішувачі E , (кВт·год)/м³:

$$E = \frac{N}{\Pi}.$$

Зміст звіту про виконання лабораторної роботи 4

1. Назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Копія схеми гравітаційного змішувача (рис. 4.2).
4. Копія схеми робочої камери барабана гравітаційного змішувача (рис. 4.3).
5. Результати вимірювань та обчислень за п.п. 1-17 із текстовими поясненнями.
6. Висновки.

Лабораторна робота 5

РОТОРНІ ЗМІШУВАЧІ

Мета роботи: виміряти геометричні параметри моделі роторного змішувача та визначити розрахунковим шляхом основні технологічні та енергетичні характеристики змішувача.

Обладнання та прилади: лабораторна установка роторного змішувача; штангенциркуль, лінійка.



Рис. 5.1. Лабораторна установка роторного змішувача: *а* – загальний вигляд; *б* – робоче обладнання

Основні теоретичні відомості

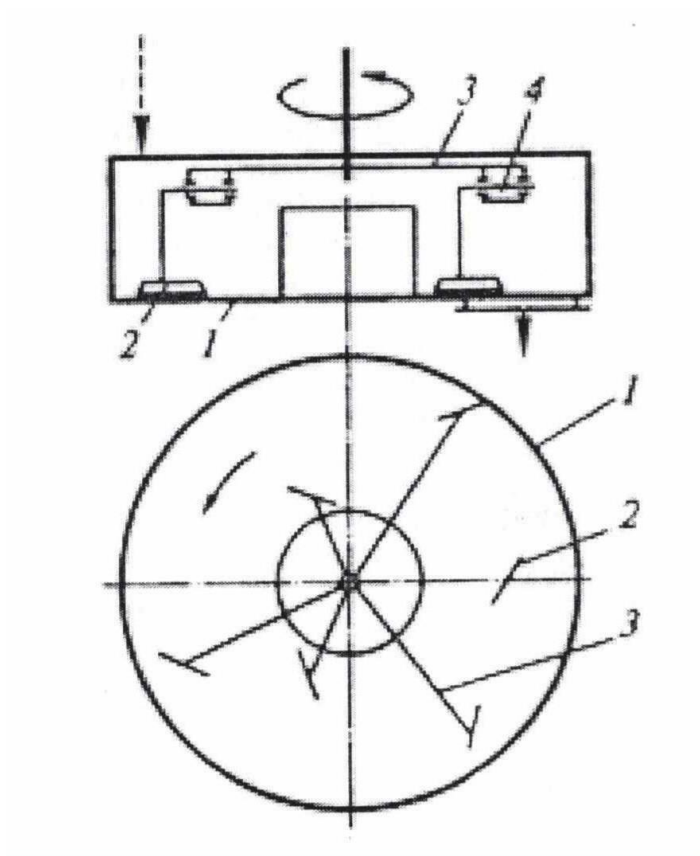


Рис. 5.2. Схема роторного змішувача:
1 – нерухома чаша, 2 – змішувальні лопаті, 3 – ротор,
4 – кріплення змішувальних лопатей до ротора за допомогою пружинних (ресорних) амортизаторів

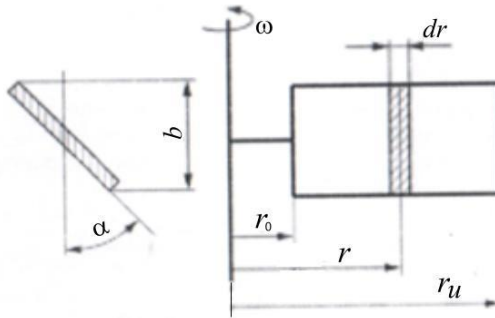


Рис. 5.3. Схема змішувальної лопаті роторного змішувача:
 r – відстань від геометричного центру лопаті до осі обертання ротора; α – кут нахилу лопаті до радіальної площини, що проходить через вісь обертання ротора

Порядок виконання роботи

1. Виміряти основні лінійні геометричні параметри моделі роторного змішувача, мм:

- радіус чаші R_M ;
- висоту чаші H_M ;
- відстань від геометричного центру лопаті типу *I* до осі обертання ротора r_{IM} ;
- відстань від геометричного центру лопаті типу *II* до осі обертання ротора r_{IIM} ;
- довжину лопаті типу *I* l_{IM} ;
- довжину лопаті типу *II* l_{IIM} ;
- висоту лопаті типу *I* h_{IM} ;

- висоту лопаті типу II $h_{IIм}$.

2. Виміряти основні кутові геометричні параметри моделі роторного змішувача, град.:

- α_I – кут нахилу лопаті типу I до радіальної площини, що проходить через вісь обертання ротора;

- α_{II} – кут нахилу лопаті типу II до радіальної площини, що проходить через вісь обертання ротора;

3. Порахувати кількість змішувальних лопатей моделі роторного змішувача:

- кількість лопатей типу I K_I ;

- кількість лопатей типу II K_{II} .

4. Визначити основні лінійні геометричні параметри натурного зразка роторного змішувача, за результатами вимірювань у п. 1 та з урахуванням масштабу моделі, м:

- радіус чаші R

$$R = \frac{R_m}{1000 \cdot M};$$

- висоту чаші H

$$H = \frac{H_m}{1000 \cdot M};$$

- відстань від геометричного центру лопаті типу I до осі обертання ротора r_I

$$r_I = \frac{r_{Im}}{1000 \cdot M};$$

- відстань від геометричною центру лопаті типу II до осі обертання ротора r_{II}

$$r_{II} = \frac{r_{II_M}}{1000 \cdot M};$$

- довжину лопаті типу $I l_I$

$$l_I = \frac{l_{I_M}}{1000 \cdot M};$$

- довжину лопаті типу $II l_{II}$

$$l_{II} = \frac{l_{II_M}}{1000 \cdot M};$$

- висоту лопаті типу $I h_I$

$$h_I = \frac{h_{I_M}}{1000 \cdot M};$$

- висоту лопаті типу $II h_{II}$

$$h_{II} = \frac{h_{II_M}}{1000 \cdot M};$$

де $M = 0,1$ – масштаб моделі ($M 1:10$).

5. Визначити момент опору пересуванню однієї лопаті типу $I M_I$, Нм:

$$M_I = p \cdot l_I \cdot h_I \cdot r_I \cdot \cos \alpha_I,$$

де $p = (3 \dots 6) \cdot 10^4$ Н/м² – питомий опір бетонної суміші пересуванню лопаті.

6. Визначити момент опору пересуванню однієї лопаті типу II M_{II} , Нм:

$$M_{II} = p \cdot l_{II} \cdot h_{II} \cdot r_{II} \cdot \cos \alpha_{II}.$$

7. Визначити сумарний момент опору пересуванню всіх лопатей змішувача M , Нм:

$$M = K_I \cdot M_I + K_{II} \cdot M_{II}.$$

8. Визначити потужність двигуна привода обертання ротора змішувача N , кВт:

$$N = \frac{\pi \cdot n \cdot M}{1000 \cdot 30 \cdot \eta},$$

де $n = 20$ об/хв – частота обертання ротора, $\eta = 0,9 \dots 0,95$ – коефіцієнт корисної дії передачі привода ротора.

9. Визначити тривалість циклу змішування $t_{\text{ц}}$, с:

$$t_{\text{ц}} = t_3 + t_n + t_6,$$

де $t_3 = 10 \dots 15$ с – тривалість завантаження камери чаші змішувача компонентами суміші; $t_n = 50 \dots 240$ с – тривалість перемішування; $t_6 = 10 \dots 30$ с – тривалість вивантаження із камери чаші змішувача порції готової суміші.

10. Визначити кількість замісів упродовж однієї години Z , год⁻¹:

$$Z = \frac{t_{200}}{t_{\text{ц}}},$$

де $t_{200} = 3600$ с – тривалість однієї години.

11. Визначити об'єм камери чаші V_k , м³:

$$V_k = \pi \cdot R^2 H .$$

12. Визначити об'єм порції готового замісу V_3 , м³:

$$V_3 = K_3 \cdot V_k ,$$

де $K_3 = 0,6 \dots 0,7$ – коефіцієнт заповнення камери чаші.

13. Визначити об'ємну продуктивність змішувача Π , м³/год:

$$\Pi = V_3 \cdot Z .$$

14. Визначити питому енергоємність процесу змішування у роторному змішувачі E , (кВт·год)/м³:

$$E = \frac{N}{\Pi} .$$

Зміст звіту про виконання лабораторної роботи 5

1. Назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Копія схеми роторного змішувача (рис. 5.2).
4. Копія схеми лопаті роторного змішувача (рис. 5.3).
5. Результати вимірювань та обчислень за п.п. 1-14 із текстовими поясненнями.
6. Висновки.

Лабораторна робота 6

ВІБРАЦІЙНІ МАЙДАНЧИКИ

Мета роботи: виміряти геометричні параметри моделі вібраційного майданчика та визначити розрахунковим шляхом основні технологічні та енергетичні характеристики вібромайданчика.

Обладнання та прилади: лабораторна установка вібраційного майданчика; штангенциркуль, лінійка.



Рис. 6.1. Лабораторна установка вібраційного майданчика

Основні теоретичні відомості

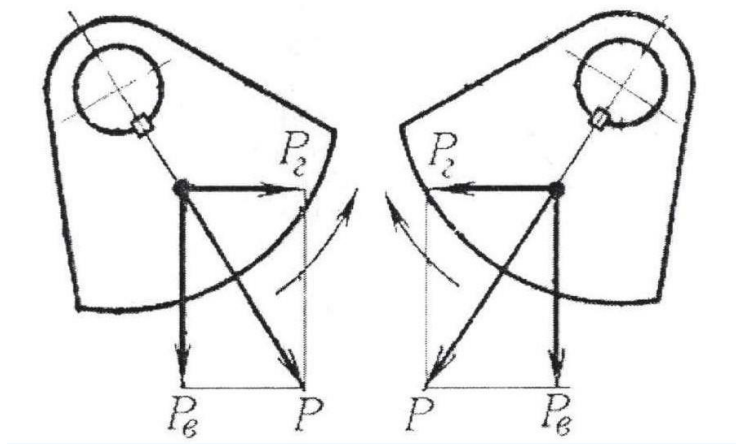


Рис. 6.2. Схема дії відцентрових сил дисбалансів двовальних вібраторів вібромайданчика із вертикально напрямленими коливаннями: P – відцентрова сила дисбалансу, P_e – вертикальна складова відцентрової сили, P_2 – горизонтальна складова відцентрової сили.

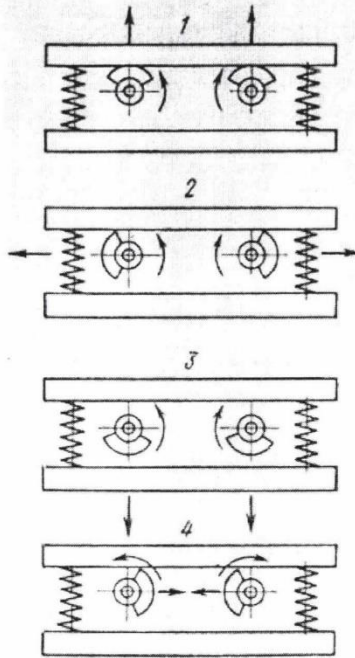


Рис. 6.3. Схеми екстремальних фаз роботи вібромайданчика із вертикально напрямленими коливаннями: фаза 1 – відцентрові сили двох дисбалансів напрямлені угору, вібромайданчик здійснює максимальне переміщення угору; фаза 2 – відцентрові сили дисбалансів напрямлені у протилежні сторони і вони взаємно нейтралізуються, вібромайданчик перебуває у нейтральному положенні; фаза 3 – відцентрові сили двох дисбалансів напрямлені донизу, вібромайданчик здійснює максимальне переміщення вниз; фаза 4 – відцентрові сили дисбалансів напрямлені назустріч і вони взаємно нейтралізуються, вібромайданчик перебуває у нейтральному положенні

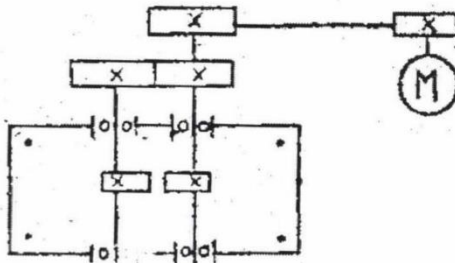
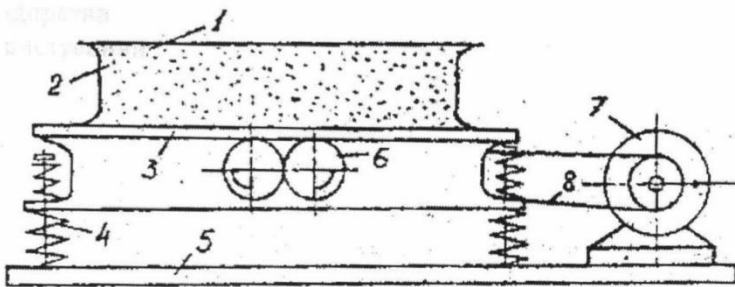


Рис. 6.4. Схема моделі вібромайданчика із вертикально напрямленими коливаннями:

- 1 – форма; 2 – бетонна суміш; 3 – платформа;
- 4 – пружні опори; 5 – основа; 6 – віброблок дисбалансів;
- 7 – приводний електродвигун віброблока дисбалансів;
- 8 – пасова передача привода

Порядок виконання роботи

1. Виміряти основні геометричні параметри моделі вібромайданчика, мм:

- довжину форми L_m ;

- ширину форми B_M ;
- висоту форми H_M ;
- зовнішній радіус дисбалансу R_M ;
- товщину дисбалансу h_M ;
- діаметр шийки вала дисбалансу d_M .

2. Визначити основні геометричні параметри натурального зразка вібромайданчика, за результатами вимірювань у п. 1 та з урахуванням масштабу моделі, м:

- довжину форми L

$$L = \frac{L_M}{1000M};$$

- ширину форми B

$$B = \frac{B_M}{1000M};$$

- висоту форми H

$$H = \frac{H_M}{1000M};$$

- зовнішній радіус дисбалансу R

$$R = \frac{R_M}{1000M};$$

- товщину дисбалансу h

$$h = \frac{h_M}{1000M};$$

- діаметр шийки вала дисбалансу d

$$d = \frac{d_m}{1000M},$$

де $M = 0,1$ – масштаб моделі ($M 1:10$).

3. Визначити масу дисбалансу m , кг:

$$m = \frac{\pi R^2}{2} h \cdot \rho_c,$$

де $\rho_c = 7800 \text{ кг/м}^3$ – густина сталі.

4. Визначити статичний момент дисбалансу M_c , кгм:

$$M_c = \frac{mR}{3}.$$

5. Визначити статичний момент віброблоку дисбалансів M , кгм:

$$M = z \cdot M_c,$$

де $z = 2$ – кількість дисбалансів у блоці.

6. Визначити об'єм форми V , м³:

$$V = LBH.$$

7. Визначити тривалість циклу віброущільнення t_u , хв:

$$t_u = t_z + t_y + t_e,$$

де $t_z = 12...15$ хв – тривалість монтажу форми на платформі та завантаження її камери компонентами суміші; $t_y = 5...10$ хв – тривалість віброущільнення; $t_e = 3...5$ хв – тривалість демонтажу форми із ущільненою сумішшю.

8. Визначити кількість віброущільнень упродовж однієї години Z , год⁻¹:

$$Z = \frac{t_{zod}}{t_y},$$

де $t_{zod} = 60$ хв – тривалість однієї години.

9. Визначити об'ємну продуктивність вібромайданчика Π , м³/год:

$$\Pi = V \cdot Z.$$

10. Визначити масу бетонної суміші у формі $G_{\bar{o}}$, кг

$$G_{\bar{o}} = V \cdot \rho_{\bar{o}},$$

де $\rho_{\bar{o}} = 2400$ кг/м³ – густина бетонної суміші.

11. Визначити зведену масу бетонної суміші у формі $G_{3\bar{o}}$, кг

$$G_{3\bar{o}} = K_{3\bar{o}} \cdot G_{\bar{o}},$$

де $K_{3\bar{o}} = 0,7$ – коефіцієнт зведення.

12. Визначити масу коливних частин вібромайданчика G_k , кг

$$G_k = K_k \cdot G_{\bar{o}},$$

де $K_k = 0,2 \dots 0,4$ – коефіцієнт коливної частки.

13. Визначити амплітуду коливань вібромайданчика A , м

$$A = \frac{M}{G_{\bar{o}} + G_{3\bar{o}} + G_k}.$$

14. Визначити потужність електродвигуна привода

$$N = \frac{M\omega^3}{4 \cdot 10^7 \eta_m \eta_c} (A + 2d\mu),$$

де $\omega = 300$ 1/с – кутова швидкість обертання дисбалансів, $\eta_m = 0,94 \dots 0,98$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії передачі, $\eta_c = 0,9$ – коефіцієнт корисної дії синхронізатора передачі, $\mu = 0,003 \dots 0,008$ – коефіцієнт тертя в підшипниках вала дисбалансу.

15. Визначити питому енергоємність процесу віброуцільнення на вібромайданчику із вертикально напрямленими коливаннями E , (кВт·год)/м³:

$$E = \frac{N}{\Pi}.$$

Зміст звіту про виконання лабораторної роботи 6

1. Назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Копія схеми дії відцентрових сил дисбалансів двовальних вібраторів вібромайданчика із вертикально напрямленими коливаннями (рис. 6.2).
4. Копія схеми екстремальних фаз роботи вібромайданчика із вертикально напрямленими коливаннями (рис. 6.3).
5. Копія схеми моделі вібромайданчика із вертикально напрямленими коливаннями (рис. 6.4).
6. Результати вимірювань та обчислень за п.п. 1-15 із текстовими поясненнями.
7. Висновки.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Назаренко І. І., Туманська О. В. Машини і устаткування підприємств будівельних матеріалів : підручник. К. : Вища шк., 2004. 590 с.

2. Науменко Ю. В., Дейнека К. Ю. Теоретичні основи робочих процесів машин барабанного типу : монографія. Рівне : НУВГП, 2014. 531 с.

3. Науменко Ю. В. Основи теорії робочих процесів барабанних млинів : монографія. Рівне : НУВГП, 2014. 336 с.