

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ
І СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ЩОДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
**"СПЕЦІАЛЬНЕ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ
ЕНЕРГОЄМНИХ ВИРОБНИЦТВ"**
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ
ЗА НАПРЯМОМ
6.050702 – «ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»
(У ТОМУ ЧИСЛІ СКОРОЧЕНИЙ ТЕРМІН НАВЧАННЯ)

КРЕМЕНЧУК 2015

Методичні вказівки щодо практичних занять з навчальної дисципліни «Спеціальне електромеханічне обладнання енергоємних виробництв» для студентів денної та заочної форм навчання за напрямом 6.050702 – «Електромеханіка» (у тому числі скорочений термін навчання)

Укладач старш. викл. А. М. Артеменко

Рецензент к. т. н., доц. Д. Г. Мамчур

Кафедра систем автоматичного управління та електропривода

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол № _____ від _____

Голова методичної ради _____ проф. В. В. Костін

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Перелік практичних занять.....	6
Практична робота №1 Розрахунок продуктивності та потужності каменедробильної машини.....	6
Практична робота №2 Розрахунок продуктивності та потужності сортувальної машини.....	18
Практична робота №3 Розрахунок продуктивності змішувальних машин.....	26
Практична робота №4 Розрахунок продуктивності та потужності машин для транспортування бетонів та розчинів по трубам.....	33
2 Критерії оцінювання знань студентів.....	37
Список літератури.....	38

ВСТУП

Метою дисципліни «Спеціальне електромеханічне обладнання енергоємних виробництв» є поглиблення спеціальної підготовки інженера-електромеханіка широкого профілю, вироблення у студентів цілісного підходу до аналізу режимів функціонування механізмів машин та інших електромеханічних систем, сприяння закріпленню та поглибленню теоретичних знань, набуття практичних навичок з даного питання.

Методичні вказівки до кожного практичного заняття містять:

- тему;
- мету;
- короткі теоретичні відомості;
- приклади розв'язання завдань;
- завдання до теми;
- контрольні питання;
- літературу.

При виборі завдання до теми необхідно враховувати те, що варіант для студентів денної форми навчання вибирається за номером у списку в журналі академічної групи, а для студентів заочної форми навчання – за останньою цифрою номера залікової книжки.

Після вивчення дисципліни студент повинен знати:

- особливості проектування і експлуатації спеціального електромеханічного обладнання енергоємних виробництв;
- принципи формування статичних та динамічних характеристик електроприводів спеціального технологічного призначення;
- принципи побудови силового та інформаційного каналів, технічні характеристики спеціального електромеханічного обладнання;
- принципи моделювання електроприводів спеціального технологічного призначення на персональному комп'ютері з метою визначення статичних і динамічних характеристик спеціального електромеханічного обладнання;

– особливості енергопостачання та захисту спеціального електромеханічного обладнання енергоємних виробництв.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен уміти:

– визначати вимоги до спеціального електромеханічного обладнання з урахуванням особливостей технологічного процесу;

– виконувати розрахунок, обґрунтований вибір, дослідження режимів роботи спеціального електромеханічного обладнання конкретного технологічного механізму;

– використовувати персональний комп'ютер для багатоваріантних розрахунків під час проектування та при визначенні техніко-економічних показників спеціального електромеханічного обладнання;

– визначати енергетичні характеристики та показники спеціального електромеханічного обладнання;

– розраховувати показники надійності, обґрунтовувати та вибирати структуру та апаратуру систем захисту спеціального електромеханічного обладнання.

1 ПЕРЕЛІК ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Практичне заняття № 1

Тема. Розрахунок продуктивності та потужності каменедробильної машини

Мета: опанування методів і набуття навичок розрахунку продуктивності та потужності каменедробильних машин.

Короткі теоретичні відомості

Подрібнення кам'яних матеріалів можна робити за допомогою бігунів сухого й мокрого млина, кульових і стрижневих млинів, кульових вібраційних млинів, а також каменедробарок: щоккових, конусних, молоткових і валкових.

Продуктивність щоккових каменедробарок може бути визначена таким розрахунком:

$$Q = \mu V n 60 \text{ або}$$

$$Q = 60 \mu V n \gamma,$$

де Q – продуктивність щоккових каменедробарок, $\text{м}^3/\text{год}$ або $\text{т}/\text{год}$; μ – коефіцієнт розпушення матеріалу, який дроблять, має різні значення, що залежать від форми подрібнюваного матеріалу, його міцності й ступеня подрібнення $\mu \approx 0,3 \div 0,65$. Деякі значення коефіцієнта розпушення наведені в табл. 1.1; V – об'єм призми матеріалу, що випадає із дробарки, за один відхід рухомої щоки (рис. 1.1), м^3 :

$$V = \frac{(e + s) + e}{2} h d;$$

$$\text{при } h = \frac{s}{\text{tg}\alpha};$$

$$V = \frac{2e + s}{2} \cdot \frac{s}{\text{tg}\alpha} b,$$

де e – мінімальний зазор між плитами, що дроблять, м; s – максимальний відхід рухомої щоки, м; α – кут захвату; звичайно $\alpha \approx 15 \div 25^\circ$; b – довжина розвантажувального отвору дробарки, м.

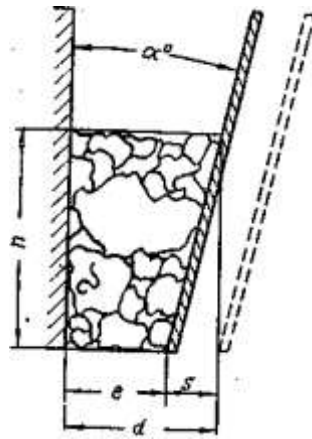


Рисунок 1.1 – Схема до визначення продуктивності щоквої каменедробарки

Кількість обертів ексцентрикового вала за 1 хв.

$$n = 665 \sqrt{\frac{\gamma \alpha}{s}} \text{ об/хв, значення } s \text{ у м;}$$

γ – об'ємна вага матеріалу, який дроблять.

Значення γ можна брати за даними табл. 1.2.

Таблиця 1.1 – Коефіцієнт розпушення щебенів для дробарок зі складним хитанням щоки

Ширина вихідної щілини в мм	Розмір завантажувального отвору дробарок $a \times b$, мм			
	250x400	250x900	400x600	600x900
30	0,53	0,42	...	...
50	0,40	0,28	0,42	...
80	0,34	...	0,36	...
100	...	...	0,38	...
110	...	...	...	0,48
140	...	...	...	0,40

Необхідна для дроблення в щоквих каменедробарках потужність визначається за нижченаведеними формулами.

Для дробарок з довжиною завантажувального отвору до 1000 мм

$$N = \frac{\sigma^2 n b (D^2 - d^2)}{1720000 E} \cdot 735,499,$$

де N – потужність, Вт; σ – границя міцності матеріалу, що дроблять, кг/см²; n – кількість обертів ексцентрикового вала в 1 хв; b – довжина завантажувального отвору в см; D – діаметр каменів, що завантажують у дробарку, у см, зазвичай $D = (0,8 \div 0,9)\alpha$; d – діаметр роздробленого матеріалу, см.

Середній діаметр роздробленого матеріалу

$$d = d_{\text{середн}} = \frac{d_{\text{макс}} + d_{\text{мін}}}{2} = \frac{2e + s}{2};$$

E – модуль пружності матеріалу, що дробить, кг/см².

Значення σ й E наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Таблиця значень σ і E

Гірська порода	γ , кг/см ³	σ , кг/см ²	E , кг/см ²
Вапняк м'який	1400	400 ÷ 600	350000 ÷ 500000
Пісковик жовтий	2000	500 ÷ 800	340000 ÷ 500000
Пісковик сірий	2700	1000 ÷ 1200	340000 ÷ 500000
Сланець глинистий	1200	250 ÷ 400	110000 ÷ 190000
Порфир	2700	1500 ÷ 2800	680000 ÷ 800000
Кам'яне вугілля	870	70 ÷ 240	6700 ÷ 32000
Антрацит	1000	250 ÷ 300	70000 ÷ 100000
Базальт	2800	2000 ÷ 3000	562000 ÷ 973000
Діабаз	2700	1900 ÷ 2500	612000 ÷ 790000
Мармур	2800	550 ÷ 1500	565000 ÷ 700000
Граніт крупнозернистий	2700	1200 ÷ 1400	515000 ÷ 614000
Граніт дрібнозернистий	3300	1800 ÷ 2000	600000 ÷ 700000
Вапняк міцний	2700	1000 ÷ 1200	35000 ÷ 500000

Для дробарок з довжиною завантажувального отвору більше 1000 мм

$$N = \frac{\sigma^2 n (D^3 - d^3)}{1720000 E} \cdot 735,499,$$

де N – потужність, Вт.

При розрахунку продуктивності конусної каменедробарки користуються формулою

$$Q = 60V\mu,$$

де Q – продуктивність, м³/год; V – об'єм матеріалу, що випадає з дробарки за один оберт ексцентрикового стакану, м³.

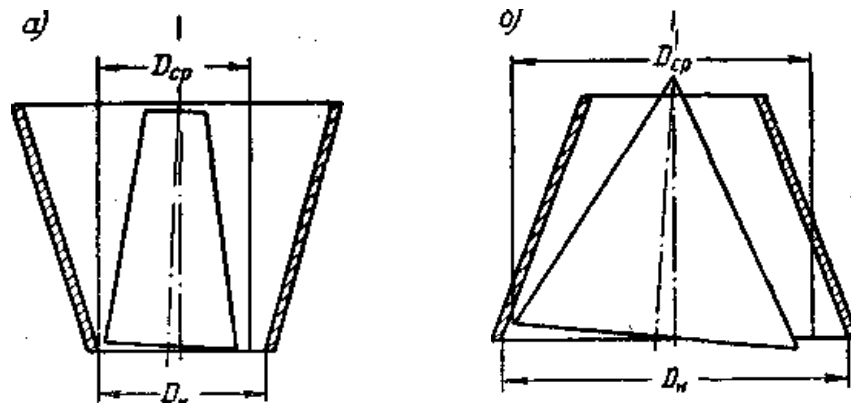


Рисунок 1.2 – Схеми розташування конусів, що дроблять

Для дробарок з розташуванням конусів, що дроблять, за схемою, зображеною на рис. 1.2, а:

$$V = \frac{2(e+d)e\pi D_n}{\operatorname{tg}\beta_1 + \operatorname{tg}\beta_2},$$

де V – об'єм матеріалу, м³; β_1 та β_2 – кути нахилу поверхонь, що дроблять, зовнішнього й внутрішнього конусів до вертикалі; n – кількість обертів ексцентрикового стакану за 1 хв.

$$n = 665 \sqrt{\frac{\operatorname{tg}\beta_1 + \operatorname{tg}\beta_2}{2e}};$$

μ – коефіцієнт розпушення матеріалу, що дроблять;

$$\mu \approx 0,3 \div 0,7.$$

Для дробарок з розташуванням конусів, які дроблять, за схемою, зображеною на рис. 1.2,б:

$$V = d\pi D_{cp}, \text{ зазвичай, } D_{cp} \approx D_n$$

де V – об'єм матеріалу, m^3 ; d – діаметр роздробленого матеріалу, м;

$$n \approx 30 \sqrt{\frac{ctg\varphi}{l}},$$

де φ – кут нахилу дробильної поверхні внутрішнього конуса до основи; l – довжина зони паралельності, м;

$$l = 17689 \cdot \frac{\sin\varphi - f \cos\varphi}{n^2},$$

де f – коефіцієнт тертя подрібнювального матеріалу по дробильній поверхні конуса. Звичайно $l = (0,07 \div 0,08)D$.

Потужність, затрачувана на подрібнення матеріалу в конусній каменедробарці, визначається формулою

$$N = \frac{\sigma^2 n D_H (D^2 - d^2)}{550000 E} \cdot 735,499,$$

де N – потужність, Вт.

Усі лінійні розміри в см, а розмірність σ та E у kg/cm^2 .

Продуктивність молоткових каменедробарок при 15÷20-кратному ступені подрібнення може бути визначена формулою

$$Q = (30 \div 45)DL,$$

де Q – продуктивність, $m^3/год$; D – зовнішній діаметр ротора, м; L – довжина ротора, м.

Необхідна для подрібнення каменю потужність визначається формулою

$$N = \frac{GR_0^2 n^3 mk}{8150000} \cdot 735,499,$$

де N – потужність, Вт; G – вага 1 молотка, кг; R_0 – відстань центра ваги молотка від осі обертання ротора, м; n – кількість обертів ротора за 1 хв; m – кількість молотків у дробарці; k – коефіцієнт, що враховує вплив колової швидкості ротора:

$$v = 17 \text{ м/с}, \quad k = 0,22;$$

$$v = 23 \text{ м/с}, \quad k = 0,1;$$

$$v = 28 \text{ м/с}, \quad k = 0,03;$$

$$v = 40 \text{ м/с}, \quad k = 0,015.$$

Продуктивність валкових каменедробарок визначається за формулою

$$Q = 3600 \cdot (e + s) L v \mu,$$

де Q – продуктивність, м³/год; e – відстань між валками, м; s – відхід рухомого валка в м, зазвичай $s = 2 \div 4$ мм; L – довжина валка, м; v – колова швидкість на ободі валка, що дробить, м/с;

$$v = \frac{\pi D n}{60},$$

де D – діаметр валка в м; n – кількість обертів валка за 1 хв; μ – коефіцієнт розпушення матеріалу

$$\mu \approx 0,2 \div 0,5.$$

Необхідна для валкової каменедробарки потужність може бути визначена формулою

$$N = \frac{LRn}{105000} \left[\frac{\sigma^2 (r^2 - e_1^2)}{Er} + \frac{R^2}{740} \right] \cdot 735,499,$$

де N – потужність, Вт; L – довжина валка, см; R – радіус валка, см; n – кількість обертів валка за 1 хв; σ – межа міцності матеріалу, що дробить, кг/см²; r – радіус каменю до дроблення, см; e_1 – половина зазору між валками, м; E – модуль пружності подрібнюваного матеріалу, кг/см².

Кількість обертів валків можна визначити за формулою:

$$n = 308 \sqrt{\frac{f}{\gamma \cdot r \cdot R}},$$

де n – кількість обертів валків, об/хв; f – коефіцієнт тертя подрібнюваного матеріалу об поверхню валків, зазвичай $f = 0,3 \div 0,4$; γ – об'ємна вага матеріалу, кг/см³; r – радіус каменів, що завантажують, м; R – радіус валків, що дроблять, м.

Максимальна величина подрібнюваного матеріалу залежить від діаметра валків, стану їхньої поверхні й зазору між валками:

– при гладких валках

$$d \approx \left(\frac{1}{18} \div \frac{1}{25} \right) D;$$

– при рифлених валках

$$d \approx \left(\frac{1}{10} \div \frac{1}{12} \right) D;$$

– при зубчастих валках

$$d \approx \left(\frac{1}{2} \div \frac{1}{5} \right) D.$$

Інші значення відповідають мінімальним зазорам між валками.

Приклади розв'язання завдань

Приклад 1.1. Визначити продуктивність щоквої каменедробарки, необхідну для дроблення потужність та уточнити відсотковий склад дробленого продукту для фракцій $0 \div 5$ мм; $5 \div 25$ мм; $25 \div 50$ мм і більше 50 мм.

Вихідні дані: $a \times b = 250 \times 400$ мм; $D = 200$ мм; $e = 40$ мм; $s = 20$ мм; $\alpha = 19^\circ$; матеріал, який дроблять - пісковик, $\gamma = 2400$ кг/см²; $\sigma = 1000$ кг/см²; $E = 500000$ кг/см².

Розв'язок. Об'єм призми матеріалу, що випадає з дробарки за один відхід рухомої щоки:

$$v = \frac{e + S + e}{2} \cdot \frac{S}{\operatorname{tg} \alpha} \cdot b = \frac{0,04 + 0,02 + 0,04}{2} \cdot \frac{0,02}{\operatorname{tg} 19^\circ} \cdot 0,4 = 0,0011 \text{ м}^3.$$

Кількість обертів ексцентрикового вала за 1 хв.

$$n = 665 \sqrt{\frac{\operatorname{tg} 19^\circ}{2}} = 280 \text{ об/хв},$$

Коефіцієнт розпушення беремо за табл. 1.2 $\mu = 0,4$.

Продуктивність каменедробарки

$$Q = 60 \mu V n = 60 \cdot 0,4 \cdot 0,011 \cdot 280 = 7,4 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Середній діаметр роздробленого матеріалу

$$d = d_{\text{середн.}} = \frac{2e + s}{2} = \frac{2 \cdot 0,04 + 0,02}{2} = 0,05 \text{ м} = 5 \text{ см.}$$

Необхідна для дроблення каменю потужність

$$N = \frac{\sigma^2 nb(D^2 - d^2)}{1 \cdot 720000 E} \cdot 735,499 =$$

$$= \frac{1000^2 \cdot 280 \cdot 40(20^2 - 5^2)}{1 \cdot 720000 \cdot 500000} \cdot 735,499 = 3603,945 \text{ Вт.}$$

У результаті дроблення при ширині розвантажувального отвору $d = e + s = 40 + 20 = 60 \text{ мм}$ одержимо щебінь (рис. 1.3) величиною: від 0 до 5 мм – 5 % (точка I); від 5 до 30 мм – $38 - 5 = 33 \%$ (точка II); від 30 до 60 мм – $85 - 38 = 47 \%$ (точка III); більше 60 мм – $100 - 85 = 15 \%$.

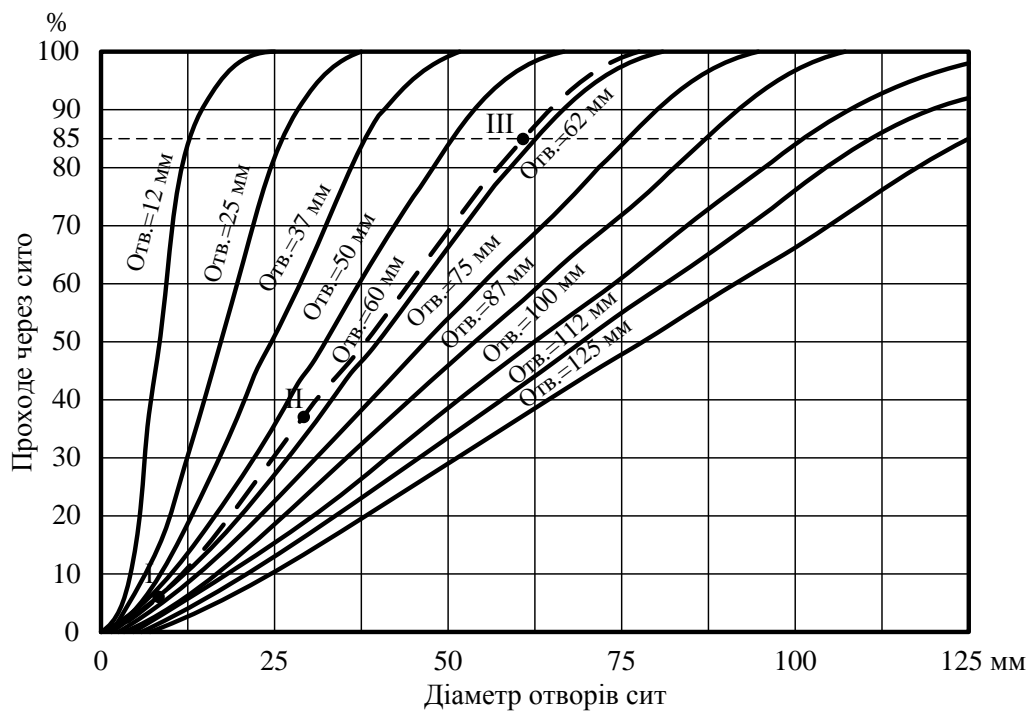


Рисунок 1.3 – Графік визначення гранулометричного складу дробленого матеріалу

Приклад 1.2. Визначити продуктивність валкової каменедробарки і необхідну для її роботи потужність.

Вихідні дані.

Діаметр валків $D = 610 \text{ мм}$.

Довжина валків $L = 400$ мм.

Відстань між валками $e = 10$ мм.

Матеріал, що дроблять, – граніт, $\gamma = 2700$ кг/м³; $\sigma = 130$ кг/см²; $E = 600000$ кг/см².

Розв'язок. Діаметр каменів, що завантажують

$$d = \left(\frac{1}{18} \div \frac{1}{25} \right) D = \left(\frac{1}{18} \div \frac{1}{25} \right) \cdot 610 \approx 30 \text{ мм.}$$

Кількість обертів валків

$$n = 308 \sqrt{\frac{f}{\gamma \cdot r \cdot R}} = 308 \sqrt{\frac{0,4}{2700 \cdot 0,015 \cdot 0,3}} = 55 \text{ об/хв,}$$

Беремо $f = 0,4$;

$$r = \frac{d}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ мм} = 0,015 \text{ м,}$$

$$R = \frac{D}{2} = \frac{610}{2} = 305 \text{ мм} = 0,3 \text{ м.}$$

Візьмемо коефіцієнт розпушення $\mu = 0,3$; відхід рухомого валка $s = 3$ мм.

Обертova швидкість на ободі валка

$$v = \frac{\pi D n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,61 \cdot 55}{60} = 1,8 \text{ м/с.}$$

Продуктивність молоткової каменедробарки

$$Q = 3600 \cdot (e + s) L v \mu = 360(0,01 + 0,03) \cdot 0,4 \cdot 1,8 \cdot 0,3 = 10 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Необхідна для подрібнення каменю потужність

$$\begin{aligned} N &= \frac{LRn}{105000} \left[\frac{\sigma^2 (r^2 - e_1^2)}{Er} + \frac{R^2}{740} \right] \cdot 735,499 = \\ &= \frac{40 \cdot 30,5 \cdot 55}{105000} \left[\frac{1300^2 (1,5^2 - 0,5^2)}{600000 \cdot 1,5} + \frac{30,5^2}{740} \right] \cdot 735,499 = 2500,697 \text{ Вт.} \end{aligned}$$

Приклад 1.3. Визначити продуктивність і необхідну потужність молоткової каменедробарки.

Діаметр ротора $D = 600$ мм.

Довжина ротора $L = 450$ мм.

Вага одного молотка $G = 5,3$ кг.

Відстань від центра ваги молотка до осі обертання ротора $R_0 = 200$ мм;

Кількість обертів ротора за 1 хвилину $n = 1\ 250$ об/хв.

Кількість молотків у дробарці $m = 16$.

Розв'язок. Продуктивність каменедробарки

$$Q = (30 \div 45) DL = 40 \cdot 0,6 \cdot 0,45 = 10,8 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Потужність на приводному валу

$$N = \frac{GR_0^2 n^3 m k}{8150000} \cdot 735,499.$$

Вага 1 молотка $G = 5,3$ кг.

Радіус ротора $R_0 = 0,2$ м.

Кількість обертів ротора $n = 1250$ об/хв.

Кількість молотків $m = 16$.

Обертова швидкість валика

$$v = \frac{\pi D n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,6 \cdot 1250}{60} = 39 \text{ м/с}$$

При $v = 39$ м/с, $k = 0,016$;

$$N = \frac{5,3 \cdot 0,2^2 \cdot 1250^3 \cdot 16 \cdot 0,016}{8150000} \cdot 735,499 = 9561,487 \text{ Вт.}$$

Завдання до теми

Завдання 1.1. Визначити продуктивність шокової каменедробарки, необхідну для дроблення потужність та уточнити відсотковий склад дробленого продукту для фракцій $0 \div 5$ мм; $5 \div 25$ мм; $25 \div 50$ мм і більше 50 мм.

Вихідні дані наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Вихідні дані до завдання 1.1

№ варіанта	ахb, мм	D, мм	е, мм	s, мм	α, градуси	Матеріал, що дроблять	γ, кг/м ³	σ, кг/см ²	E, кг/см ²
0	250x400	200	40	20	19	Вапняк	2000	700	350000
1	250x900	220	30	12	18	Вапняк	2000	700	350000

Продовження таблиці 1.1

2	400x600	320	60	12,5	17	Пісковик	2400	1000	500000
3	600x900	500	120	25	21	Пісковик	2400	1000	500000
4	900x1200	750	180	20	22	Граніт	2700	1400	600000
5	250x400	200	40	20	19	Вапняк	2000	700	350000
6	250x900	220	30	12	18	Вапняк	2000	700	350000
7	400x600	320	60	12,5	17	Пісковик	2400	1000	500000
8	600x900	500	120	25	21	Пісковик	2400	1000	500000
9	900x1200	750	180	20	22	Граніт	2700	1400	600000

Завдання 1.2. Визначити продуктивність валкової каменедробарки і необхідну для її роботи потужність.

Вихідні дані наведені у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Вихідні дані до завдання 1.2

№ варіанта	D, мм	L, мм	e, мм	Поверхня валків	Матеріал, що дроблять	γ , кг/м ³	σ , кг/см ²	E, кг/см ²
0	400	250	10	Гладка	Вапняк	1400	400	350000
1	610	400	20	Ребриста	Пісковик	2700	1000	500000
2	800	500	15	Ребриста	Граніт	2700	1300	600000
3	450	500	5	Ребриста	Пісковик	2000	500	340000
4	500	100	30	Гладка	Мармур	2800	1200	550000
5	400	250	10	Гладка	Вапняк	1400	400	350000
6	610	400	20	Ребриста	Пісковик	2700	1000	500000
7	800	500	15	Ребриста	Граніт	2700	1300	600000
8	450	500	5	Ребриста	Пісковик	2000	500	340000
9	500	100	30	Гладка	Мармур	2800	1200	550000

Завдання 1.3. Визначити продуктивність і необхідну потужність молоткової каменедробарки.

Вихідні дані наведені у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Вихідні дані до завдання 1.3

№ варіанта	D, мм	L, мм	G, кг	R ₀ , мм	n, об/хв	m
0	600	450	5,3	205	1250	16
1	800	400	3,4	310	950	72
2	700	350	17	280	1100	6
3	1300	1600	22	550	730	39
4	800	400	3,4	310	1300	72
5	600	450	5,3	205	1250	16
6	800	400	3,4	310	950	72
7	700	350	17	280	1100	6
8	1300	1600	22	550	730	39
9	800	400	3,4	310	1300	72

Контрольні питання

1. Яким чином здійснюється подрібнення кам'яних матеріалів?
2. Які види каменедробарок існують?
3. Вкажіть схеми розташування дробильних конусів.
4. Яким чином розраховується продуктивність щоккових каменедробарок?
5. Яким чином розраховується потужність щоккових каменедробарок, необхідну для дроблення?

Література: [1, с. 26–45; 2, с. 581–583; 3, с. 254–261].

Практичне заняття № 2

Тема. Розрахунок продуктивності та потужності сортувальної машини

Мета: опанування методів та надбуття навичок розрахунку продуктивності та потужності сортувальних машин.

Короткі теоретичні відомості

Грохоти слугують для розділення кам'яних матеріалів за величиною. Грохоти діляться за формою на плоскі та циліндричні.

Плоскі грохоти бувають: 1) колосникові (нерухомі та рухомі); 2) інерційні; 3) ексцентрикові.

Просіювальні поверхні грохотів можуть бути утворені колосниками, решетами і ситами.

Решета і сита у грохотах можуть бути розміщені за однією із трьох схем (рис. 2.1). Найбільш розповсюджена третя схема, при якій недоліки компенсуються рядом переваг.

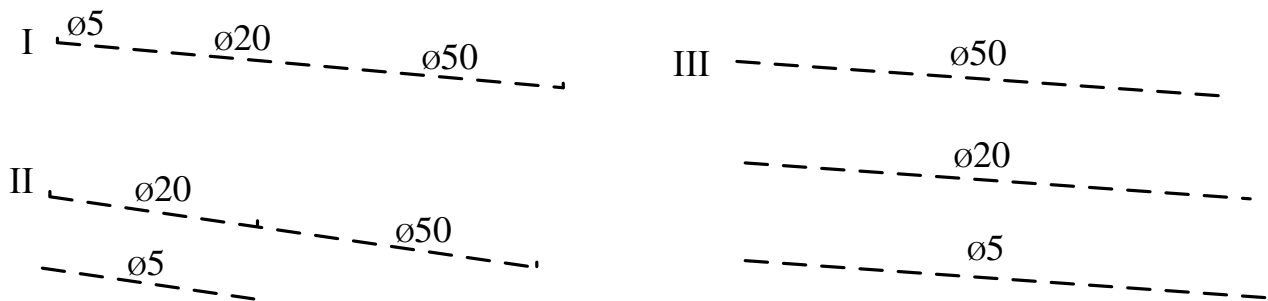


Рисунок 2.1 – Схеми розташування сит та решет у грохотах

Продуктивність рухомих плоских грохотів може бути визначена за формулою

$$Q = ABFqk_1k_2,$$

де Q – продуктивність рухомих плоских грохотів, $\text{м}^3/\text{год}$; A – числовий коефіцієнт: $A = 0,8$ для сухого грохочення гравійно-піщаної суміші; $A = 0,65$ для сухого грохочення дробленого матеріалу; B – числовий коефіцієнт: $B = 1$ при горизонтальному грохоті; $B = 0,625$ при нахиленому грохоті; F – площа сита, м^2 ; q – продуктивність 1 м^2 сита, $\text{м}^3/\text{год}$ (див. табл. 2.1); k_1 – коефіцієнт, що

враховує відсотковий вміст дрібної фракції у вихідному матеріалі (див. табл. 2.2); k_2 – коефіцієнт, що враховує відсотковий вміст у дрібній фракції зерен половинного розміру (див. табл. 2.3).

Таблиця 2.1 – Значення q залежно від величини решет і сит

Розмір отворів, мм	5	7	10	16	22	26	35	42	48	52	65	80	85
Величина q , м ³ /год	18	22	28	38	45	49	58	64	69	71	80	89	92

Таблиця 2.2 – Значення k_1

Відсотковий вміст дрібної фракції у вихідному матеріалі, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Величина k_1	0,58	0,66	0,76	0,84	0,92	1,00	1,08	1,17	1,25

Таблиця 2.3 – Значення k_2

Вміст у дрібній фракції зерен, величини меншої половини розміру отвору	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Величина k_2	0,63	0,72	0,82	0,91	1,00	1,09	1,18	1,28	1,35

Продуктивність циліндричних грохотів визначається за формулою

$$Q = 3600 F v_0 \mu \gamma,$$

де Q – продуктивність циліндричних грохотів, т/год; F – площа поперечного перерізу шару матеріалу в грохоті, м²;

$$F \approx \frac{2}{3} ah;$$

де a – хорда дуги сегмента, м; h – товщина шару матеріалу, м.

З трикутника АОВ (рис. 2.2)

$$a = 2\sqrt{2Rh};$$

$$F = \frac{2}{3} 2\sqrt{2Rh} \approx 1,9\sqrt{Rh^3},$$

де F – площа поперечного перерізу шару матеріалу в грохоті, м²; R – радіус грохота, м.

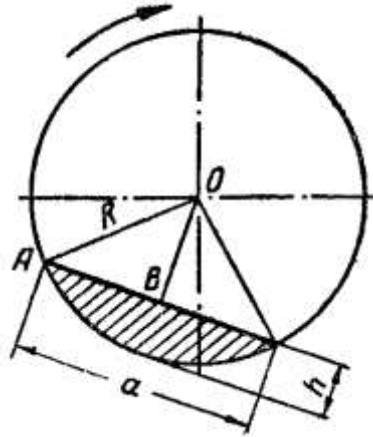


Рисунок 2.2 – Схема до визначення продуктивності циліндричного грохота

Значення h беруть не більше за подвійний розмір матеріалу, що надходить на грохотання;

v – швидкість руху матеріалу вздовж осі грохота, м/с;

$$v_0 = v \operatorname{tg} 2\alpha = \frac{\pi D n}{60} \operatorname{tg} 2\alpha = 0,105 R n \operatorname{tg} 2\alpha;$$

n – число обертів барабана за 1 хв;

$$n = \frac{8}{\sqrt{R}} \div \frac{14}{\sqrt{R}},$$

де R – радіус барабана, м; α – кут нахилу осі барабана до горизонту, град., зазвичай $\alpha \approx 7^\circ \div 10^\circ$; μ – коефіцієнт розпушення; γ – об'ємна вага матеріалу, що сортують, т/м³.

Необхідна потужність для барабанного грохоту визначається за формулами:

1. При барабані, що встановлений на підтримуючих роликах:

$$N_{ДВ} = \frac{Rn G_{\delta} + 13G_{M}}{21500} \cdot 735,499,$$

де $N_{ДВ}$ – потужність, Вт; R – радіус барабана, м; n – число обертів барабана за 1 хв; G_{δ} – вага рухомих частин грохота, кг; G_{M} – вага матеріалу всередині барабана, кг.

2. При барабані, закріпленому на центральному валу:

$$N_{ДВ} = \frac{rn G_{\delta} + 95G_{M}}{5000} \cdot 735,499,$$

де $N_{ДВ}$ – потужність, Вт; r – радіус цапф вала, м.

Інші значення див. вище.

Приклади розв'язання завдань

Приклад 2.1. Визначити потрібну площу сит грохота, маючи такі дані.

Схема розміщення сит у грохоті № 1.

Сортований матеріал – гравій величиною: від 0 до 5 мм – 10 %; від 5 до 20 мм – 25 %; від 20 до 50 мм – 50 %; більше від 50 мм – 15 %.

Продуктивність грохота – 6 м³/год.

Розв'язок. Площа першого сита

$$F_1 = \frac{Q_1}{ABqk_1k_2},$$

де F_1 – площа першого сита, м²; $Q_1 = 6$ м³/год; $A = 0,8$; $B = 0,625$; $q_{5\text{мм}} = 18$ м³/год; $k_1 = 0,58$ (через чарунки першого сита може провіятись 10 % від усього матеріалу); $k_2 = 1$ (будемо вважати, що половина всіх зерен величиною від 0 до 5 мм має величину до 2,5 мм);

$$F_1 = \frac{6}{0,8 \cdot 0,625 \cdot 18 \cdot 0,58 \cdot 1} = 1,15 \text{ м}^2.$$

Площа другого сита:

$$F_2 = \frac{Q_2}{ABqk_1k_2},$$

де F_2 – площа другого сита, м²; $Q_2 = 0,9 \cdot 6 = 5,4$ м³/год; $A = 0,8$; $B = 0,625$; $q_{20\text{мм}} = 42$ м³/год; $k_1 = 0,75$ (через друге сито може просіюватись 25 % від усього матеріалу чи 28,8 % від матеріалу, що потрапля на друге сито); $k_2 = 0,91$ (зерен величиною від 5 до 20 мм – 25 %, а величиною від 5 до 10 мм – 10 %; зерен половинної величини – 40 %);

$$F_2 = \frac{5,4}{0,8 \cdot 0,625 \cdot 42 \cdot 0,75 \cdot 0,91} = 0,38 \text{ м}^2.$$

Площа третього сита:

$$F_3 = \frac{Q_3}{ABqk_1k_2},$$

де F_3 – площа третього сита, м²; $Q_3 = 0,65 \cdot 6 = 3,9$ м³/год; $A = 0,8$; $B = 0,625$; $q_{50\text{мм}} = 70$ м³/год; $k_1 = 1,14$ (через чарунки третього сита може просіятись 50 % від всього матеріалу чи 77 % від матеріалу, що потрапив на третє сито); $k_2 = 0,91$ (зерна величиною від 20 до 37 мм – 40 % від усієї маси зерен, від 20 – 50 мм);

$$F_3 = \frac{3,9}{0,9 \cdot 0,625 \cdot 70 \cdot 1,14 \cdot 0,91} = 1,08 \text{ м}^2.$$

Приклад 2.2. Визначити продуктивність циліндричного грохота і потрібну потужність для його привода.

Вихідні дані:

Діаметр барабана $D = 870$ мм.

Довжина барабана $L = 3225$ мм.

Матеріал, що сортується – гравій величиною: від 0 до 5 мм – 5 %; від 5 до 20 мм – 25 %; від 20 до 50 мм – 55 %; більше 50 мм – 15 %; $\gamma = 1700$ кг/м³. Кут нахилу осі грохота $\alpha = 7^\circ$.

Радіус цапф центрального вала в мм, $r = 50$ мм.

Вага рухомих частин грохота $G_{\sigma} = 920$ кг.

Розв'язок.

$$Q = 3600 F v_0 \mu \gamma;$$

$$F = 1,9 \sqrt{Rh^3} = 1,9 \sqrt{0,435 \cdot 0,1^3} = 0,04 \text{ м}^2;$$

$$R = \frac{D}{2} = \frac{870}{2} = 435 \text{ мм} = 0,435 \text{ м};$$

$$h = 2d = 2 \cdot 50 = 100 \text{ мм} = 0,1 \text{ м};$$

$$v_0 = 0,105 R n \operatorname{tg} 2\alpha^\circ \text{ м/с};$$

$$R = 0,435 \text{ м};$$

$$n = \frac{8}{\sqrt{R}} \div \frac{14}{\sqrt{R}} = \frac{8}{\sqrt{0,435}} \div \frac{14}{\sqrt{0,435}} = 12 \div 21 \text{ об/хв.}$$

Беремо $n = 18$ об/хв;

$$\alpha = 7^\circ;$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha^\circ = \operatorname{tg} 14^\circ = 0,25;$$

$$v_0 = 0,105 \cdot 0,435 \cdot 18 \cdot 0,25 = 0,2 \text{ м/с};$$

$$\mu = 0,7;$$

$$\gamma = 1,7 \text{ т/м}^3;$$

$$Q = 3600 \cdot 0,04 \cdot 0,2 \cdot 1,7 \cdot 0,7 = 34 \text{ т/год.}$$

Потрібна потужність

$$N_{ДВ} = \frac{r n G_{\sigma} + 95 G_m}{5000} \cdot 735,499;$$

$$r = 50 \text{ мм} = 0,05 \text{ м};$$

$$n = 18 \text{ об/хв.}$$

$$G_{\sigma} = 920 \text{ кг};$$

$$G_m = F_m L_{\sigma} \gamma \mu = 0,04 \cdot 3,225 \cdot 1700 \cdot 0,7 = 153 \text{ кг};$$

$$N_{ДВ} = \frac{0,0518 \cdot 920 + 95 \cdot 153}{5000} \cdot 735,499 = 2059 \text{ Вт.}$$

Завдання до теми

Завдання 2.1. Визначити потрібну площу сит грохота. Вихідні дані наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Вихідні дані до завдання 2.1

№ варіанта	Схема розміщення сит у грохоті	Q, м ³ /год	Матеріал, що сортують		Примітки
			d, мм	%	
1	2	3	4	5	6
0	I	6	0–2,5	5	Матеріал, що сортують, гравій
1	II	12	2,5–5	5	
2	III	16	5–10	10	
			10–20	15	
			20–37	20	
			37–50	30	
			Більше 50	15	
3	II	30	0–2,5	6	Матеріал, що сортують, щебінь
4	III	40	2,5–5	8	
			5–10	5	
			10–20	10	
			20–37	16	
			37–50	20	
			Більше 50	35	
5	I	6	0–2,5	5	Матеріал, що сортують, гравій
6	II	12	2,5–5	5	
7	III	16	5–10	10	
			10–20	15	
			20–37	20	
			37–50	30	
			Більше 50	15	
8	II	30	0–2,5	6	Матеріал, що сортують, щебінь
9	III	40	2,5–5	8	
			5–10	5	
			10–20	10	
			20–37	16	
			37–50	20	
			Більше 50	35	

Завдання 2.2. Визначити продуктивність циліндричного грохота і потрібну потужність для його привода.

Вихідні дані наведені у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Вихідні дані до завдання 2.2

№ варіанта	D, мм	L, мм	Матеріал, що сортують		α , град.	G_b , кг	r, мм	Примітки
			d, мм	%				
0	870	3225	Гравій розміром		7	920	50	З центральним валом
1	600	4200	0 – 5	5	8	1040	60	
2	700	2580	5 – 20	25	10	520	40	
3	900	5200	20 – 50	55	10	1200	–	
4	1000	6400	Більше 50	15	10	1860	–	З підтримувальними роликами
5	870	3225	Гравій розміром		7	920	50	З центральним валом
6	600	4200	0 – 5	5	8	1040	60	
7	700	2580	5 – 20	25	10	520	40	
8	900	5200	20 – 50	55	10	1200	–	
9	1000	6400	Більше 50	15	10	1860	–	З підтримувальними роликами

Контрольні питання

1. Для чого слугують грохоти?
2. Які існують види грохотів?
3. Вкажіть схеми розташування сит та решет у грохотах.
4. Яким чином розраховується продуктивність рухомих плоских грохотів?
5. Які особливості розрахунку продуктивності циліндричних грохотів?

Література: [1, с. 75–85; 3, с. 262–266].

Практичне заняття №3

Тема. Розрахунок продуктивності змішувальних машин

Мета: опанування методів та набуття навичок розрахунку продуктивності змішувальних машин.

Короткі теоретичні відомості

Приготування бетонів і розчинів проходить у змішувальних машинах, які залежно від характеру змішування матеріалу поділяються на змішувальні машини примусового змішування і на змішувальні машини перемішування завдяки вільному падінню.

Примусове змішування дає більш якісні суміші. Так, застосування при виготовленні залізобетонних виробів жорстких бетонів, що приготуються в машинах з примусовим змішуванням, дає від 15 до 30 % економії цементу, скорочує в 1,5 – 2 рази швидкість твердіння і збільшує міцність виробу.

Основними частинами змішувальних машин є: рама (встановлена стаціонарно або рухома), змішувальний барабан, лопатевий вал, електродвигун, система передач від електродвигуна до змішувального барабана або вала, завантажувальний і розвантажувальний механізм. Часто рухомі змішувальні машини оснащують вододозувальними бачками.

Завантаження змішувальних машин може проходити з бункерів, а також за допомогою ківшевих підіймачів, розвантажуються змішувальні машини або перевертанням змішувального барабана, або нахилом його, або відкриттям люка в змішувальному барабані, або введенням розвантажувального лотка в барабан, або зміною напрямку обертання змішувального барабана.

Продуктивність змішувальних машин періодичної дії визначається за формулою

$$Q = \frac{V_{np}nk}{1000},$$

де Q – продуктивність змішувальних машин періодичної дії, м³/год; V_{np} – виробнича місткість змішувального барабана (сума об'ємів сухих матеріалів, потрібних для виготовлення одного замісу), л; n – кількість замісів за 1 годину;

k – коефіцієнт виходу суміші; зазвичай $k = 0.67 \div 0.7$ для бетонів, $k = 0.85 \div 0.95$ для розчинів,

$$n = \frac{3600}{t_{\text{ц}}};$$

$t_{\text{ц}}$ – продовження циклу, с;

$$t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3;$$

t_1 – час завантаження барабана, с; $t_1 = 10 \div 15$ с – завантаження з дозаторів, бункерів; $t_1 = 15 \div 30$ с – завантаження ковшем підіймача. t_2 – час змішування суміші, с; $t_2 = 60 \div 150$ с; t_3 – час розвантаження барабана, с; $t_3 = 15 \div 30$ с – розвантаження перевертального або нахильного барабана, с. $t_3 = 30 \div 60$ с – розвантаження неперевертального барабана.

Потрібна для привода змішувальних машин потужність визначається як сума потужностей, що витрачені на підйом завантажувального ковша з матеріалом, на подолання опору в опорних елементах, на подолання опору змішуванню суміші.

Потужність, яка витрачається на підймання завантажувального ковша:

$$N_1 = \frac{2Sv}{75} \cdot 735,499.$$

де N_1 – потужність, Вт; S – зусилля в підйимальному канаті, кг; v – швидкість руху підйимального канату, м/с.

Потужність, яка витрачається на подолання тертя кочення між роликками та опорними бандажами (рис. 3.1)

$$N_2 = \frac{Mn}{716.2 \cdot 9.8} \cdot 735.499,$$

де N_2 – потужність, Вт; M – момент сил опору обертання опорних бандажів, Н·м;

$$M = \frac{G_{\bar{o}} + G_M}{\cos\gamma} \cdot \frac{k}{r} (R + r) \cdot 9.8,$$

де G_{δ} – вага змішувального барабана, кг; G_M – вага матеріалу всередині змішувального барабана; γ – кут заклинювання барабана (див. рис. 3.1); k – коефіцієнт тертя кочення; $k \approx 0.02 \div 0.07$; r – радіус підтримувальних роликів, м; R – радіус бандажу, м; n – кількість обертів барабана за 1 хв.

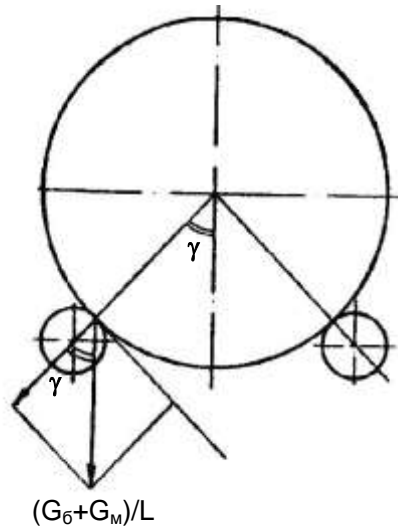


Рисунок 3.1 – Схема до розрахунку бетонозмішувача

Потужність, яка витрачається на подолання опору в підшипниках підтримувальних роликів:

$$N_3 = \frac{M' n'}{716.2 \cdot 9.8} \cdot 735.499,$$

де N_3 – потужність, Вт; M' – момент сил опору обертання підтримувальних котків, Н·м;

$$M' = \frac{G_{\delta} + G_M}{\cos \gamma^{\circ}} f \cdot \frac{d}{2} \cdot 9.8,$$

f – коефіцієнт тертя в осях підтримувальних роликів; d – діаметр вісі опірних котків, м.

Потужність, яка витрачається на подолання опору в підшипниках осі змішувального барабана:

$$N_2' = \frac{M'' n}{716.2 \cdot 9.8} \cdot 735.499,$$

де N'_2 – потужність, Вт; M'' – момент сил опору обертання барабана при горизонтальному положенні осі, Н·м;

$$M'' = (G_{\delta} + G_M) f \cdot \frac{d}{2} \cdot 9.8,$$

f – коефіцієнт тертя в осі барабана; d – діаметр осі барабана, м.

Потужність, яка витрачається на подолання опору при переміщенні суміші лопатевим валом:

$$N = \frac{zk\omega}{4 \cdot 75} (r_H^4 - r_B^4) \cdot 735.499,$$

де N – потужність, Вт; z – кількість змішувальних лопатей; k – коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$k = \frac{\varphi\gamma}{2g};$$

φ – коефіцієнт, який ураховує залежність між довжиною лопаті та її шириною (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнта φ

$l:b$	1	2	4	10	18	>18
Величина φ	1,1	1,15	1,2	1,3	1,4	2

γ – об'ємна вага змішувального розчину, кг/м³; g – прискорення сили тяжіння, м/с; l – довжина лопаті, м; ω – кутова швидкість обертання лопаті, с⁻¹.

$$\omega = \frac{\pi n}{30};$$

r_H – зовнішній радіус лопаті, м; r_B – внутрішній радіус лопаті;

Для визначення потрібної потужності двигуна змішувальної машини підсумовуються відповідні значення потужностей, вводяться поправкові коефіцієнти на неврахування опору і враховуються втрати на подолання опору в елементах передач.

Приклади розв'язання завдань

Приклад 3.1. Визначити часову і змінну продуктивність розчинозмішувача з барабаном виробничою ємністю $V_{np} = 150$ л.

Розв'язок. Для розрахунку беремо тривалість елементів циклу:

$t_1 = 20$ с – завантаження ківшевим підіймачем;

$t_2 = 120$ с – примусове перемішування лопатями;

$t_3 = 30$ с – розвантаження відкриванням люка.

Тривалість циклу

$$t_y = t_1 + t_2 + t_3 = 20 + 120 + 30 = 170 \text{ с.}$$

Кількість циклів за 1 годину роботи

$$n = \frac{3600}{t_y} = \frac{3600}{170} = 21,2$$

Коефіцієнт виходу розчину $k = 0,95$.

Продуктивність розчинозмішувача за 1 годину

$$Q = \frac{V_{np}nk}{1000} = \frac{150 \cdot 21,2 \cdot 0,95}{1000} = 3 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Продуктивність розчинозмішувача за восьмигодинну зміну

$$Q_{CM} = Q \cdot k_B = 3 \cdot 8 \cdot 0,8 = 19 \text{ м}^3/\text{зм.}$$

Коефіцієнт використання машини за часом

$$k_B = 0,8 \div 0,9.$$

Приклад 3.2. Визначити часову і змінну продуктивність бетонозмішувача з барабаном виробничою ємністю $V_{np} = 250$ л.

Завантаження барабана проходить за допомогою ківшевого підіймача, розвантаження – перевертанням барабана.

Розв'язок. Беремо тривалість елементів циклу.

Час завантаження $t_1 = 20$ с.

Час змішування $t_2 = 120$ с.

Час розвантаження $t_3 = 30$ с.

Тривалість циклу

$$t_u = t_1 + t_2 + t_3 = 20 + 120 + 30 = 170 \text{ с.}$$

Кількість циклів до 1 години роботи

$$n = \frac{3600}{t_u} = \frac{3600}{170} = 21.2.$$

Коефіцієнт виходу бетону $k = 0.7$.

Часова продуктивність бетонозмішувача

$$Q = \frac{V_{np}nk}{1000} = \frac{250 \cdot 21,2 \cdot 0,7}{1000} = 3.7 \text{ м}^3/\text{ГОД.}$$

Продуктивність бетонозмішувача за восьмигодинну зміну

$$Q_{cm} = Q \cdot 8k_B = 3.7 \cdot 8 \cdot 0.8 = 33.8 \text{ м}^3/\text{зм.}$$

Коефіцієнт використання машина за часом

$$k_B = 0.8 \div 0.9.$$

Завдання до теми

Завдання 3.1. Визначити часову і змінну продуктивність розчинозмішувача з барабаном виробничою місткістю $V_{np} = 150 \text{ л}$. Вихідні дані наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Вихідні дані до завдання 3.1

№ варіанта	V_{np} , л	Спосіб завантаження барабана	Спосіб розвантаження барабана
0	80	3 бункера	Перевертанням
1	150	Ківшевим підіймачем	Перевертанням
2	150	Ківшевим підіймачем	Через люк
3	325	Ківшевим підіймачем	Через люк
4	750	3 бункера	Через люк
5	80	3 бункера	Перевертанням
6	150	Ківшевим підіймачем	Перевертанням
7	150	Ківшевим підіймачем	Через люк
8	325	Ківшевим підіймачем	Через люк
9	750	3 бункера	Через люк

Завдання 3.2. Визначити часову і змінну продуктивність бетонозмішувача з барабаном виробничою місткістю $V_{np} = 250$ л. Завантаження барабана проходить за допомогою ківшевого підіймача, розвантаження – перевертанням барабана. Вихідні дані наведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Вихідні дані до завдання 3.2

№ варіанта	V_{np} , л	Спосіб завантаження барабана	Спосіб розвантаження барабана
0	100	З бункера	Перевертанням
1	250	Ківшевим підіймачем	Перевертанням
2	425	Ківшевим підіймачем	Ввідним лотком
3	1200	З бункера	Нахилом
4	2400	З бункера	Нахилом
5	100	З бункера	Перевертанням
6	250	Ківшевим підіймачем	Перевертанням
7	425	Ківшевим підіймачем	Ввідним лотком
8	1200	З бункера	Нахилом
9	2400	З бункера	Нахилом

Контрольні питання

1. На які види діляться змішувальні машини?
2. Які основні частини змішувальних машин?
3. Яким чином виконується завантаження до змішувальних машин?
4. Яким чином виконується розвантаження змішувальних машин?
5. Які особливості розрахунку продуктивності змішувальних машин періодичної дії?

Література: [3, с. 267–271].

Практичне заняття № 4

Тема. Розрахунок продуктивності та потужності машин для транспортування бетонів та розчинів по трубах

Мета: опанування методів і набуття навичок розрахунку продуктивності та потужності машин для транспортування бетонів та розчинів по трубах.

Короткі теоретичні відомості

Для транспортування бетонів по трубах використовують бетононасоси продуктивністю в 10, 20 і 40 м³/год. За допомогою бетононасосів можливе переміщення бетонів на відстань 250–300 м або на висоту до 40 м.

Для транспортування розчинів по трубах використовують розчинонасоси продуктивністю від 1 до 6 м³/год. Залежно від характеру перекриття клапанів розчинонасоси бувають з вільним і з примусовим перекриттям клапанів.

Розрахунок бетононасосів та розчинонасосів включає в себе: розрахунок початкового тиску; розрахунок максимуму довжини трубопроводу; розрахунок трубопроводу; визначення продуктивності; визначення необхідної потужності.

Зусилля, яке діє на бетон у трубопроводі, визначається за формулою:

$$P = \frac{\pi d^2}{4} L \gamma \frac{\gamma_4 - 1000}{\gamma_4} f,$$

де P – зусилля, яке діє на бетон у трубопроводі, кг; d – діаметр трубопроводу, м; L – довжина трубопроводу, м; γ_3 – об'ємна вага заповнювача, кг/м³; γ_4 – об'ємна вага цементу, кг/м³; f – коефіцієнт тертя бетону об залізо; $f = 0.2 \div 0.4$. Великі значення беруться при новому трубопроводі, менші – при трубопроводі з обшліфованими стінками.

Тиск у нижній частині вертикального трубопроводу дорівнює вазі стовпа бетону і становить:

$$P = \frac{\pi d^2}{4} \gamma_b h,$$

де P – вага стовпа бетону, кг; d – діаметр трубопроводу, м; γ_b – об'ємна вага бетону, кг/м³; h – висота стовпа бетону, м.

Розраховуючи тиск при вертикальному і горизонтальному трубопроводах рівними, тоді

$$\frac{\pi d^2}{4} \gamma_{\delta} h = \frac{\pi d^2}{4} L \gamma_3 \frac{\gamma_u - 1000}{\gamma_u};$$

$$h = L \frac{\gamma_3}{\gamma_{\delta}} \cdot \frac{\gamma_u - 1000}{\gamma_u} f.$$

Товщину стінок трубопроводу перевіряють розрахунком на розтягнення

$$\sigma_p = \frac{pd}{\delta} \leq [\sigma_p],$$

де p – максимальний розрахунковий тиск, кг/см^2 , беруть $p=30 \text{ кг/см}^2$; d – внутрішній діаметр трубопроводу, см ; δ – товщина стінок трубопроводу, см ; $[\sigma_p]$ – допустима напруженість на розтягнення для стінок, кг/см^2 , зазвичай $[\sigma_p] = 1500 \div 1800 \text{ кг/см}^2$.

Товщину стінки беруть $5 \div 6 \text{ мм}$ не стільки з розрахунків на твердість, скільки з розрахунків на зношення.

Продуктивність бетононасоса визначається за формулою

$$Q = 60 \frac{\pi d_u^2}{4} s h k,$$

де Q – продуктивність бетононасоса, $\text{м}^3/\text{год}$; d_u – діаметр робочого циліндра, м ; s – хід поршня, м ; n – кількість рухів поршня за 1 хв ; k – коефіцієнт об'ємного наповнення; зазвичай $k \approx 0.6 \div 0.9$.

Потрібна для переміщення бетону по трубопроводу потужність визначається розрахунком

$$N = \frac{\pi d_u^2 p s n}{1800000} \cdot 735.499,$$

де N – потужність, Вт ; d_u – діаметр робочого циліндра, см ; p – максимальний розрахунковий тиск у трубопроводі, кг/см^2 ; s – хід поршня, см ; n – кількість рухів поршня за 1 хв .

Приклади розв'язання завдань

Приклад 4.1. Визначити продуктивність і потрібну потужність бетононасоса, що характеризується такими даними.

Діаметр бетонопроводу $d = 180$ мм.

Діаметр робочого циліндра $d_u = 200$ мм.

Хід поршня $s = 305$ мм.

Кількість рухів поршня за 1 хв $n = 50$.

Довжина подачі бетону по горизонталі $L = 300$ м.

Розв'язок. Беремо об'ємну вагу заповнювача $\gamma_3 = 2200$ кг/м³ і об'ємну вагу цементу $\gamma_u = 1200$ кг/м³; тоді зусилля, що діє на бетон у трубопроводі:

$$P = \frac{\pi d^2}{4} L \gamma_3 \frac{\gamma_u - 1000}{\gamma_u} f;$$

$$P = \frac{\pi \cdot 0.18^2}{4} 300 \cdot 2200 \frac{1200 - 1000}{1200} \cdot 0.2 = 558.8 \text{ кг.}$$

Площа поперечного перерізу бетоноводу

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 0.18}{4} = 0.025 \text{ м}^2.$$

Тиск в бетоноводі

$$p = \frac{P}{F} = \frac{558.8}{0.025} = 22000 \text{ кг/м}^2.$$

Продуктивність бетононасоса при коефіцієнті об'ємного наповнення $k = 0.7$

$$Q = 60 \frac{\pi d_u^2}{4} s h k = 60 \frac{3.14 \cdot 0.2^2}{4} 0.305 \cdot 50 \cdot 0.7 = 19 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Потрібна для транспортування бетону потужність.

$$N = \frac{\pi d_u^2 p s n}{1800000} \cdot 735.499 = \frac{3.14 \cdot 20^2 \cdot 22 \cdot 30.5 \cdot 50}{1800000} \cdot 735.499 = 16990 \text{ Вт.}$$

Завдання до теми

Завдання 4.1. Визначити продуктивність і потрібну потужність бетононасоса. Вихідні дані наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані до завдання 4.1

№ варіанта	d , мм	$d_{ц}$, мм	s , мм	n	L , м	h , м
0	180	200	300	53	300	–
1	150	160	305	50	240	–
2	180	200	300	50	–	40
3	140	180	300	52	100	10
4	180	200	300	53	300	–
5	150	160	305	50	240	–
6	180	200	300	50	–	40
7	140	180	300	52	100	10
8	180	200	300	53	300	–
9	150	160	305	50	240	–

Контрольні питання

1. На яку відстань можливе переміщення бетону по трубах?
2. Які існують види розчинонасосів?
3. Що включає в себе розрахунок бетононасосів та розчинонасосів?
4. Яким чином розраховується зусилля, яке діє на бетон у трубопроводі?
5. Як розраховується потрібна для переміщення бетону по трубопроводу

потужність?

Література: [3, с. 271–273].

2 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

При оцінюванні роботи студентів на практичних заняттях беруть до уваги якість оформлення звіту з практичних робіт, якість відповідей на питання звіту, правильність і повноту відповідей на питання, поставлені викладачем у процесі захисту практичних робіт.

Бали за виконання практичних робіт у цілому можуть бути одержані лише за умови, що виконано всі передбачені завданням практичні роботи та складено звіти.

Кількість балів визначається глибиною наведених пояснень, чіткістю формулювань, якістю викладання матеріалу та його оформлення. При цьому враховуються правильність оформлення звіту, володіння державною мовою, відповідність розрахункового матеріалу та іншого оформлення діючим стандартам. Розподіл балів по практичних роботах з навчальної дисципліни «Спеціальне електромеханічне обладнання енергоємних виробництв» наведено нижче.

Критерії оцінювання роботи студентів на практичних заняттях:

- відвідування практичного заняття – 1 бал за заняття;
- підготовка до практичних занять – 0,4 бала за семестр;
- підготовка звітів до практичних робіт – 0,4 бала за семестр;
- захист практичних робіт – 3 бали за роботу;
- активність студента на практичних заняттях – 0,2 бала за семестр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Бессараб В. И. Проектирование и эксплуатация оборудования фабрик окомкования / В. И. Бессараб. – М. : Metallurgy, 1986. – 152 с.
2. Елисеев В. А. Справочник по автоматизированному электроприводу / В. А. Елисеев, А. В. Шинянский. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.
3. Заленский В. С. Подъемно-транспортные и строительные машины / В. С. Заленский, Ф. Ф. Мовчан – М. : Госстройиздат, 1957. – 286 с.
4. Фотиев М. М. Электропривод и электрооборудование металлургических цехов / М. М. Фотиев. – М. : Metallurgy, 1990. – 352 с.

Методичні вказівки щодо практичних занять з навчальної дисципліни «Спеціальне електромеханічне обладнання енергоємних виробництв» для студентів денної та заочної форм навчання за напрямом 6.050702 – «Електромеханіка» (у тому числі скорочений термін навчання)

Укладач старш. викл. А. М. Артеменко

Відповідальний за випуск зав. кафедри САУЕ проф. Д. Й. Родькін

Підп. до др. _____. Формат 60×84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.

Ум. друк. арк. _____. Наклад _____ прим. Зам. № _____. Безкоштовно.

Видавничий відділ
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600