

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра будівельних, дорожніх, меліоративних,
сільськогосподарських машин і обладнання

02-01-438

РОЗРАХУНКОВИЙ ПРАКТИКУМ

з навчальної дисципліни

«Механічне обладнання

підприємств будівельних матеріалів»

Розділ

«Механічне обладнання

підприємств в'язучих матеріалів»

для здобувачів вищої освіти
першого (бакалаврського) рівня
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-методичною
комісією зі спеціальності 133
«Галузеве машинобудування»
Протокол № 09 від 19.02.2019 р.

Рівне – 2019

Розрахунковий практикум з навчальної дисципліни «Механічне обладнання підприємств будівельних матеріалів» Розділ «Механічне обладнання підприємств в'язучих матеріалів» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання (02-01-438) / Науменко Ю.В. Рівне: НУВГП, 2019. 64 с.

Упорядник: Ю.В. Науменко, доктор технічних наук, доцент.

Відповідальний за випуск: С.В. Кравець, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання.

ЗМІСТ

Практична робота 1

Розрахунок обладнання для тонкого подрібнення..... 3

Практична робота 2

Розрахунок обладнання для переробки шламів та порошоків..... 13

Практична робота 3

Розрахунок пічних агрегатів..... 26

Практична робота 4

Розрахунок випальних печей..... 38

Практична робота 5

Розрахунок вапногасників..... 52

Практична робота 6

Розрахунок гіпсоварочних котлів..... 57

Список літератури..... 64

Практична робота 1 РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТОНКОГО ПОДРІБНЕННЯ

Мета роботи: Вивчити робочий процес та розрахувати основні технологічні і конструктивні параметри, продуктивність, потужність приводних двигунів обертання барабана і тарілки та питому енергоємність процесу подрібнення в **трубному** та **вертикально-валковому** млині.

Основні теоретичні відомості

Трубні млини призначені для тонкого подрібнення твердих абразивних матеріалів шляхом **стирання, ударної дії та роздавлювання** (рис. 1.1 та 1.2). Застосовуються для подрібнення сировини та випалених напівфабрикатів при виробництві мінеральних в'язучих. Відношення довжини до діаметра робочої камери трубних млинів становить 2...5,5. Робочим органом є молотильні тіла: сталеві кулі та циліндри (цильпес). Осьове пересування частинок подрібнюваного матеріалу в робочій камері через порожнини молотильного завантаження відбувається як зріджена течія під дією різниці рівнів у перерізах завантаження та розвантаження (рис. 1.3). Зниження рівня у перерізі розвантаження здійснюється вичерпуванням матеріалу за допомогою піднімальних лопатей та напрямного конуса (рис. 1.4).

Вертикально-валкові млини призначені для тонкого подрібнення, шляхом **роздавлювання і стирання, та підсушування** м'яких неабразивних матеріалів (рис. 1.5 та 1.6). Застосовуються для подрібнення сировини та твердого палива при виробництві мінеральних в'язучих. Робочим органом є холості притискні валки та привідна тарілка (рис. 1.7). Подрібнений матеріал видаляються із камери потоком повітря або гарячих газів (рис. 1.8). Млин працює за замкнутих циклом у сепараторному режимі.

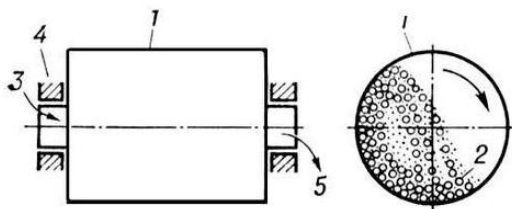


Рис. 1.1. Схема трубного млина:

1 – барабан, 2 – мольні тіла, 3 – завантаження вихідного матеріалу, 4 – підшипникова опора, 5 – розвантаження подрібненого матеріалу.

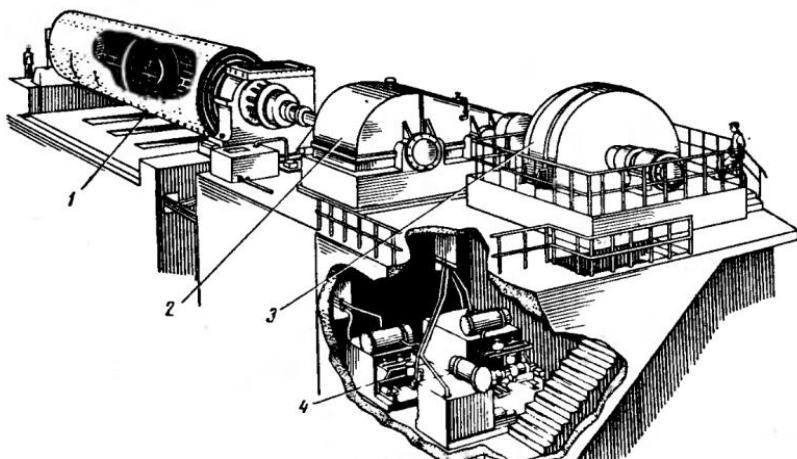


Рис. 1.2. Наочне зображення трубного млина:

1 – барабан, 2 – редуктор, 3 – електродвигун приводу обертання барабана, 4 – система централізованого мащення.

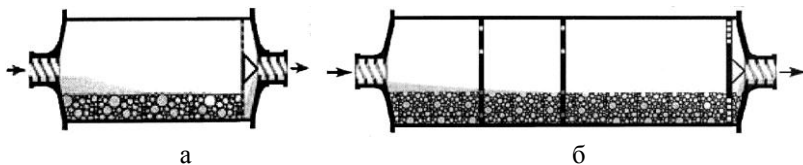


Рис. 1.3. Схема осьового пересування подрібнюваного матеріалу:
а – в однокамерному барабані, б – у багатоканальному барабані.

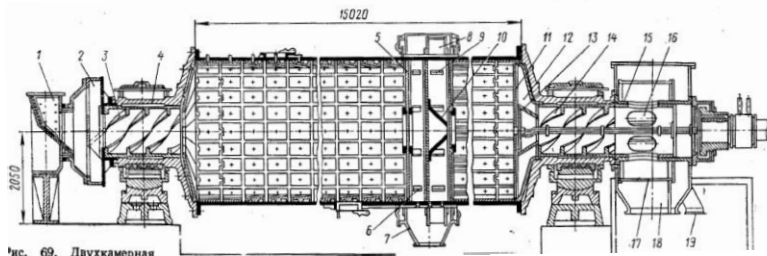


рис. 69. Двухкамерная

Рис. 1.4. Загальний вигляд двокамерного трубного млина:

1 – завантажувальна воронка, 2 – живильник, 3 та 14 – трубошнеки, 4 – цапфа, 5 – міжкамерна решіткова перегородка, 6 – отвір у стінці для розвантаження першої секції камери млина, 7 – збірник, 8 – приймальний конус завантаження другої секції камери млина, 9 – елеваторні лопаті, 10 – напрямний конус завантаження другої секції, 11 – торцева решітка, 12 – розвантажувальна лопать, 13 – напрямний конус розвантаження камери млина, 15 – розвантажувальний патрубок, 16 – вікно, 17 – сито, 18 – патрубок готового продукту подрібнення, 19 – патрубок роздрібнених частин молольних тіл.

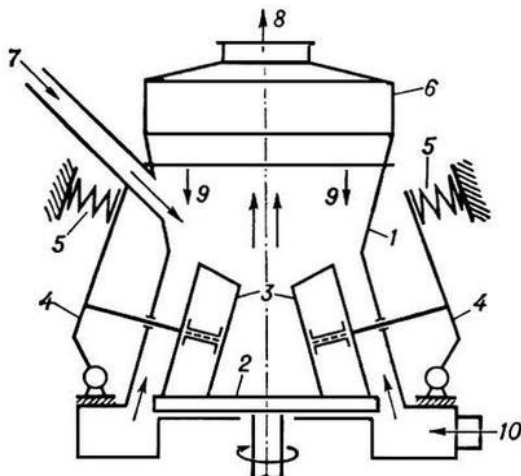


Рис. 1.5. Схема вертикально-валкового млина: 1 – корпус, 2 – тарілка, 3 – валок, 4 – притискний важіль, 5 – притискний елемент (пружний, гідравлічний або пневматичний), 6 – повітряний класифікатор, 7 – подавання вихідного подрібнюваного матеріалу, 8 – подрібнений продукт (дрібна фракція), 9 – крупний продукт класифікатора (крупна фракція), 10 – подавання повітря (гарячих газів).

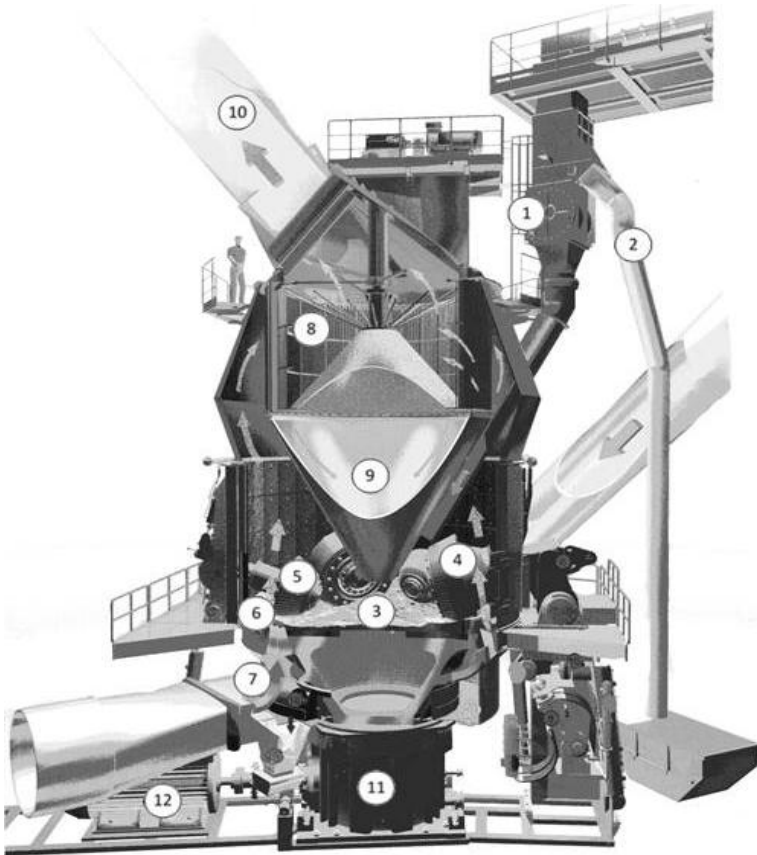


Рис. 1.6. Наочне зображення вертикально-валкового млина:
 1 – живильник вихідного матеріалу; 2 – труба відведення металевих включень, що видалені магнітним сепаратором; 3 – тарілка;
 4 – основний валок, що подрібнює; 5 – допоміжний малий валок, що готує матеріал до подрібнення попереднім ущільненням;
 6 – жалюзійне кільце подавання повітря (гарячих газів);
 7 – канал подавання повітря (гарячих газів); 8 – сепаратор;
 9 – збірний конус для повернення крупної фракції матеріалу на доподрібнення; 10 – канал відведення готового продукту подрібнення;
 11 – планетарний редуктор приводу тарілки;
 12 – електродвигун приводу тарілки.

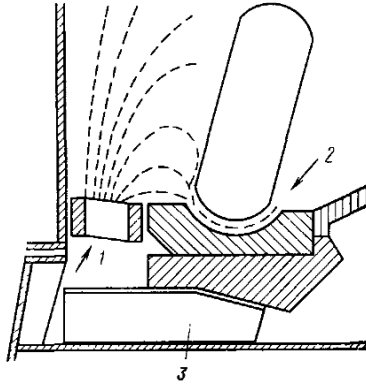


Рис. 1.7. Схема робочої зони вертикально-валкового млина:
 1 – подавання повітря (гарячих газів),
 2 – живлення вихідним подрібнюваним матеріалом,
 3 – смінь для утилізації видалених металевих предметів.

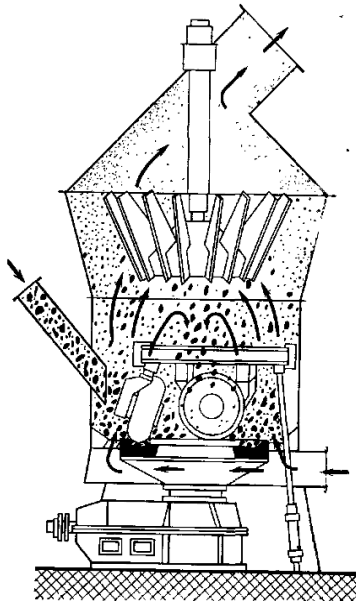


Рис. 1.8. Схема руху частинок подрібнюваного матеріалу в камері вертикально-валкового млина.

Порядок виконання роботи

1. Вибрати за варіантом з табл. 1.1 вихідні дані роботи: діаметр D та довжину L барабана **трубного млина**.

Таблиця 1.1

Варіанти вихідних даних до виконання практичної роботи 1

Варіант	D (м)	L (м)
1	2	10
2	2,1	10,5
3	2,2	11
4	2,3	11,5
5	2,4	12
6	2,5	12,5
7	2,6	13
8	2,7	13,5
9	2,8	14
10	2,9	14,5
11	3	15
12	3,1	15,5
13	3,3	16
14	3,4	17
15	3,5	18
16	3,6	19
17	3,7	20
18	3,8	21
19	3,9	22
20	4	23
21	4,2	24
22	4,4	25
23	4,6	26
24	4,8	27
25	5	28
26	5,2	29
27	5,4	30
28	5,6	31
29	5,8	32
30	6	33

2. Визначити товщину футерівочних плит трубного млина Δ , м:

$$\Delta = (0,029 \dots 0,031) \cdot D.$$

3. Визначити внутрішній діаметр камери барабана трубного млина D_o , м:

$$D_o = D - 2 \cdot \Delta.$$

4. Визначити корисний об'єм камери барабана трубного млина V , м³:

$$V = \frac{\pi \cdot D_o^2}{4} \cdot L.$$

5. Визначити масу молольних тіл трубного млина m , т:

$$m = V \cdot \kappa \cdot K_p \cdot \rho,$$

де $\kappa=0,25 \dots 0,33$ – ступінь заповнення камери барабана молольними тілами, $K_p=0,575$ – коефіцієнт розпушування молольних тіл, $\rho=7,85$ т/м³ – густина матеріалу сталей молольних тіл.

6. Визначити продуктивність млина трубного млина Π , т/год.:

$$\Pi = 6,45 \cdot V \cdot \sqrt{D_o} \cdot \left(\frac{m}{V}\right)^{0,8} \cdot K_a \cdot K_m \cdot q,$$

де $K_a=1 \dots 1,25$ – коефіцієнт аспірації, $K_m=0,59 \dots 1,42$ – коефіцієнт тонини помелу, $q=0,05$ – т/(кВт·год.) – середнє значення питомої продуктивності млина при помелі вапняку.

7. Визначити робочу частоту обертання барабана трубного млина n , об./хв.:

$$n = 0,75 \cdot \frac{30}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g}{D_o}},$$

де $g=9,81$ м/с² – прискорення сили тяжіння.

8. Визначити потужність приводного двигуна обертання барабана трубного млина $N_{\partial в}$, кВт:

$$N_{\partial в} = 6,55 \cdot V \cdot \sqrt{D_o} \cdot \left(\frac{m}{V}\right)^{0,7}.$$

9. Визначити питому енергоємність процесу подрібнення у трубному млині E , (кВт·год.)/т:

$$E = \frac{N_{\text{дв}}}{\Pi}$$

10. Вибрати за варіантом з табл. 1.2 вихідні дані роботи: радіус тарілки R , ширину валка l та число валків z **вертикально-валкового млина**.

Таблиця 1.2

Варіанти вихідних даних до виконання практичної роботи 1

Варіант	R (м)	l (м)	z
1	2	3	4
1	0,3	0,12	2
2	0,37	0,15	2
3	0,44	0,18	2
4	0,51	0,21	2
5	0,58	0,24	2
6	0,65	0,27	2
7	0,72	0,3	2
8	0,79	0,33	2
9	0,86	0,36	2
10	0,93	0,39	2
11	1	0,42	3
12	1,07	0,45	3
13	1,14	0,48	3
14	1,21	0,51	3
15	1,28	0,54	3
16	1,35	0,57	3
17	1,42	0,6	3
18	1,49	0,63	3
19	1,56	0,66	3
20	1,62	0,69	3
21	1,74	0,72	4
22	1,86	0,75	4
23	1,94	0,78	4
24	2,02	0,81	4

Продовження таблиці 1.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
25	2,1	0,84	4
26	2,18	0,87	4
27	2,26	0,9	4
28	2,34	0,93	4
29	2,42	0,96	4
30	2,5	1	4

11. Визначити кутову швидкість обертання тарілки вертикально-валкового млина ω , 1/с:

$$\omega \leq 3 \cdot \sqrt{\frac{f \cdot g}{R}},$$

де $f=0,3$ – коефіцієнт тертя, $g=9,81$ м/с² – прискорення сили тяжіння.

12. Визначити силу притискання валка вертикально-валкового млина P , Н:

$$P = q \cdot l,$$

де $q=(0,6 \dots 1,2) \cdot 10^6$ Н/м – лінійний тиск валка.

13. Визначити колову швидкість тарілки на середньому радіусі кочення валка вертикально-валкового млина V_o , м/с:

$$V_o = \omega \cdot \left(R - \frac{l}{2} \right).$$

14. Визначити швидкість ковзання валка вертикально-валкового млина V_l , м/с:

$$V_l = \frac{\omega \cdot l}{2}.$$

15. Визначити потужність на перекочування валків вертикально-валкового млина N_k , кВт:

$$N_k = P \cdot k \cdot V_o \cdot z \cdot 10^{-3},$$

де $k=0,06 \dots 0,1$ – коефіцієнт опору валка коченню.

16. Визначити потужність на подолання тертя при проковзуванні валків вертикально-валкового млина N_m , кВт:

$$N_m = P \cdot f \cdot V_l \cdot z \cdot 10^{-3}.$$

17. Визначити потужність приводного двигуна обертання тарілки вертикально-валкового млина $N_{\text{дв}}$, кВт:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_k + N_m}{\eta},$$

де $\eta=0,85$ – коефіцієнт корисної дії приводу.

18. Визначити продуктивність вертикально-валкового млина Π , т/год.:

$$\Pi = 3,6 \cdot \frac{l \cdot h \cdot V_o \cdot \rho \cdot z}{k_u},$$

де $h=0,02\dots0,025$ – висота шару подрібнюваного матеріалу під валком, $\rho=800$ кг/м³ – насипна густина подрібнюваного матеріалу, $k_u=5\dots7$ – кратність циркуляції.

19. Визначити питому енергоємність процесу подрібнення у вертикально-валковому млині E , (кВт·год.)/т:

$$E = \frac{N_{\text{дв}}}{\Pi}.$$

Зміст звіту про виконання практичної роботи 1

1. Номер та назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Основні текстові теоретичні відомості (с. 3).
4. Розрахунок основних технологічних і конструктивних параметрів, потужності приводного двигуна обертання барабана та питомої енергоємності процесу подрібнення у **трубному млині** за п.п. 1-9 із текстовими поясненнями.
5. Розрахунок основних технологічних параметрів, потужності приводного двигуна обертання тарілки та питомої енергоємності процесу подрібнення у **вертикально-валковому млині** за п.п. 10-19 із текстовими поясненнями.

Практична робота 2

РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ШЛАМІВ ТА ПОРОШКІВ

Мета роботи: Вивчити робочий процес та розрахувати потужність приводного двигуна обертання борон **глинобовтанки**, потужності приводних двигунів рейкових візків обертання мостів **горизонтального шламового басейну** та основні технологічні і конструктивні параметри, потужність приводного двигуна обертання корпусу та питому енергоємність процесу переміщення оброблюваного матеріалу в камері **сушильного барабана**.

Основні теоретичні відомості

Глинобовтанки призначені для тонкого подрібнення м'яких матеріалів у водному середовищі шляхом **розмулювання** (рис. 2.1). Великі куски вихідного матеріалу розбиваються зубцями борон. Тонке подрібнення здійснюється шляхом вихроутворення у рідкому середовищі при утворенні хвиль бронами та їх руйнування на граній бічній поверхні камери. Продукт подрібнення виходить із робочої камери через бічний отвір, що має решітку із засувкою (рис. 2.2). Застосовуються для приготування грубого сировинного шламу вологістю 40...70 % при мокрому способі виробництва цементу. Продуктивність становить 15...100 т/год.

Горизонтальні шламові басейни призначені для зберігання та усереднення, для запобігання розшаруванню, готового шламу перед випалюванням. Гомогенізація шламу здійснюється шляхом **аерації** через форсунки у нижній частині мостів (рис. 2.3) та **механічного змішування** при русі щитових конструкцій мостів зі скребачками і обертанні лопатевих змішувачів (рис. 2.4). Застосовуються для приготування сировинного шламу при мокрому способі виробництва цементу. Головною характеристикою басейнів є місткість, що становить 6000...20000 м³.

Сушильні барабани призначені для видалення вологи із зернистих матеріалів, що мають вологість 2...22 %, шляхом **випаровуванням** (рис. 2.5). Застосовуються для підсушування сировинних матеріалів та випалювання гіпсу. Температура теплоносія в робочій камері становить: на вході 400...1000 °С, на виході 90...150 °С. Сушильні барабани працюють за **потоковою** (рис. 2.5 та 2.6) та **протитоковою** (рис. 2.7) схемами.

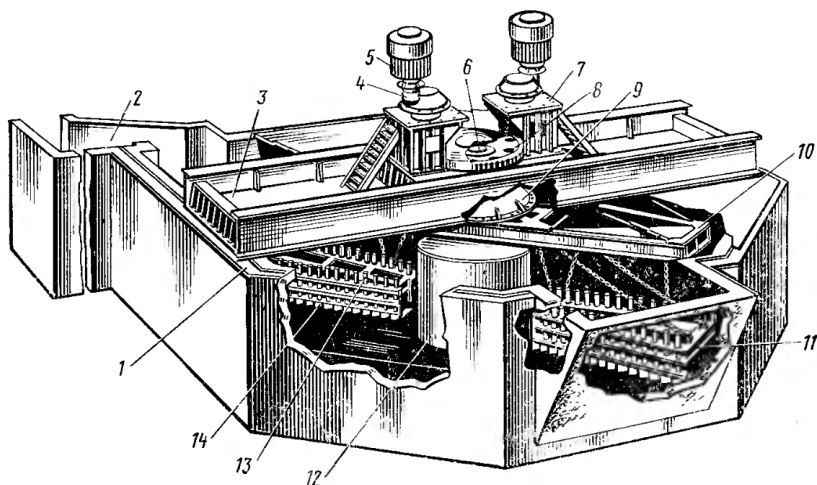


Рис. 2.1. Наочне зображення глинобовтанки:

- 1 – басейн, 2 – вихідний отвір, 3 – міст, 4 – редуктор,
- 5 – електродвигун приводу обертання борон, 6 – вертикальна вісь,
- 7 – приводна опора, 8 – ведена шестерня,
- 9 – опорний круг, 10 – поворотна рама, 11 – борони,
- 12 – бетонний фундамент, 13 – зуб, 14 – клин.

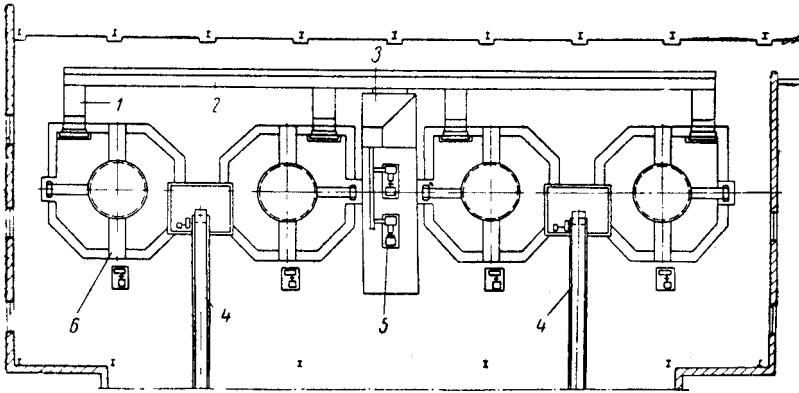


Рис. 2.2. Схема розташування глинобівтанок у цеху:
 1 – відвідний канал, 2 – колекторний канал,
 3 – прямок, 4 – живильник, 5 – насос.

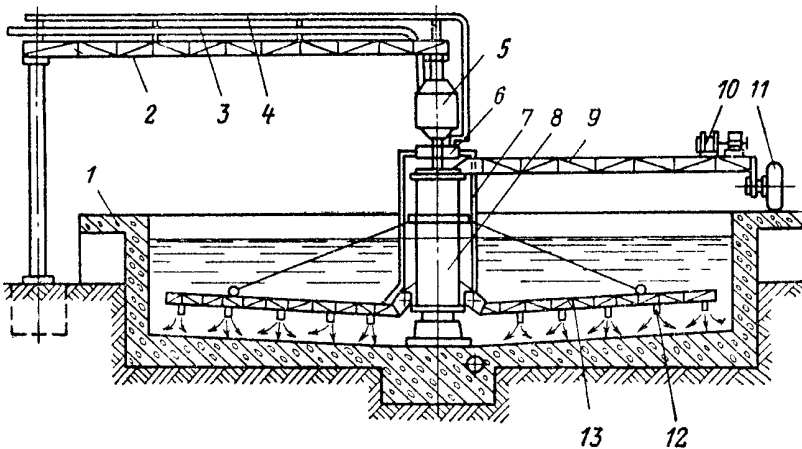


Рис. 2.3. Схема шламового змішувача зі зануреним мостом:
 1 – басейн, 2 – міст, 3 – шламопровід, 4 – повітропровід,
 5 – шламівий резервуар, 6 – повітряний колектор, 7 – повітропровід,
 8 – центральний поворотний корпус, 9 – ведучий міст,
 10 – електродвигун приводу обертання ходового колеса,
 11 – ходове колесо, 12 – повітряне сопло, 13 – ферма-міст.

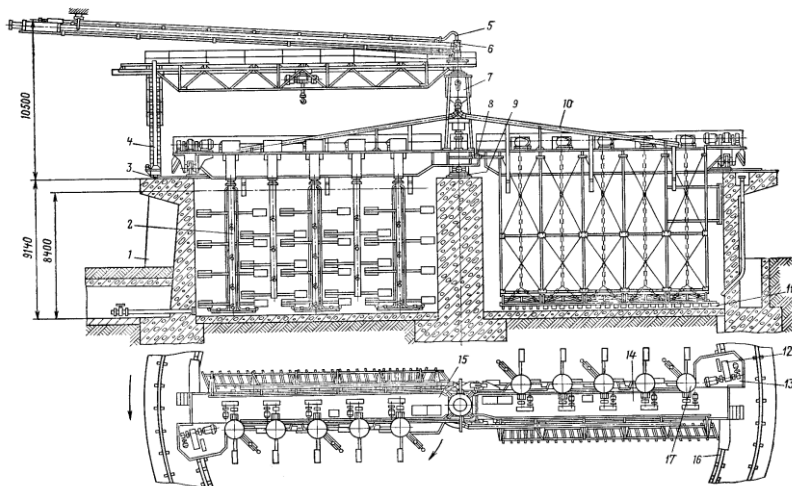


Рис. 2.4. Загальний вигляд горизонтального шламове́го басейна типу кранової мішалки: 1 – басейн, 2 – лопатевий змішувач, 3 – кільцева рейка, 4 – кран-балка, 5 – повітропровід, 6 – колектор, 7 – шламований бак, 8 та 10 – шламопроводи; 9 – центральна опора, 11 – скребачки, 12 – привод руху візка, 13 – ходовий візок, 14 – додатковий міст, 15 – основний міст, 16 – кільцева рейка, 17 – електродвигун приводу обертання лопатевого змішувача.

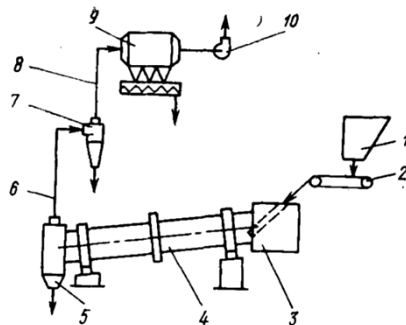


Рис. 2.5. Схема робочого процесу сушильного барабана, що працює за потоковою схемою: 1 – бункер, 2 – живильник, 3 – теплогенератор, 4 – барабан, 5 – розвантажувальна камера, 6 та 8 – газоходи; 7 – циклон, 9 – фільтр, 10 – вентилятор для створення тяги в робочій камері, подолання опору систем знепилення та утилізації відпрацьованих газів.

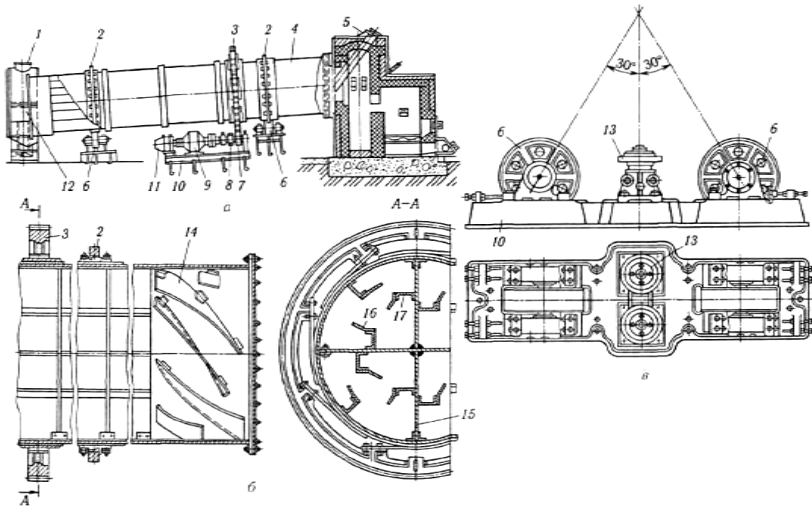


Рис.2.6. Сушильний барабан, що працює за потоковою схемою: загальний вигляд (а), корпус барабана (б), роликів опора (в),

- 1 – патрубок видалення відпрацьованих газів, 2 – бандаж, 3 – зубчастий вінець, 4 – корпус, 5 – завантажувальна лійка, 6 – опорні ролики, 7 – підвінцева шестерня, 8 – зубчаста муфта, 9 – редуктор, 10 – зварна плита, 11 – електродвигун приводу обертання корпусу, 12 – розвантажувальна камера, 13 – контрольні упорні ролики, 14 – спіральні лопаті, 15 – хрестовина, 16 – сталеві смуги, 17 – пересипна лопать.

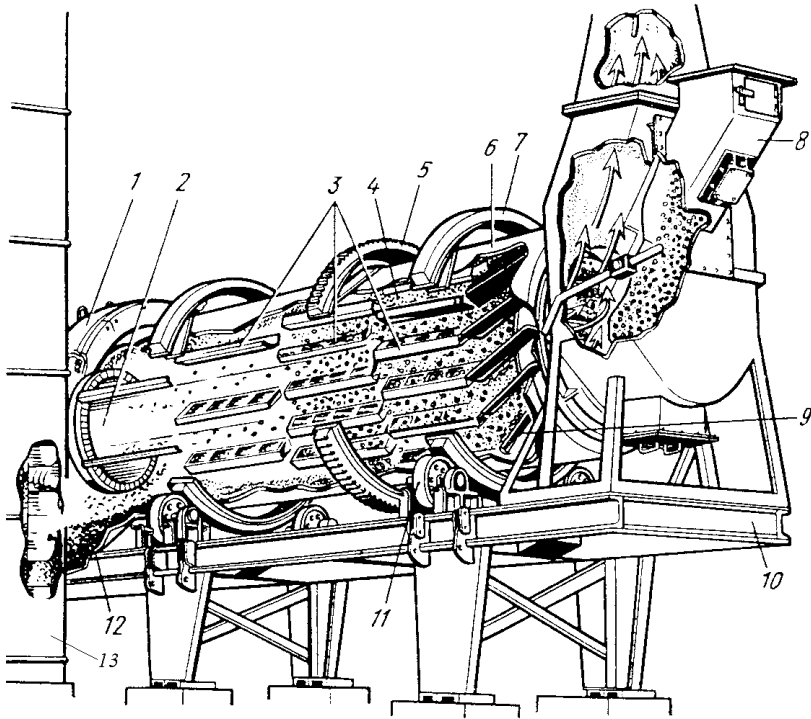


Рис. 2.7. Наочне зображення сушильного барабана, що працює за протитоковою схемою: 1 – розвантажувальний пристрій, 2 – пальникова система, 3 – пересипні лопаті, 4 – корпус барабан, 5 – зубчасте колесо, 6 – обичайка, 7 – бандаж, 8 – вантажний лоток, 9 – завантажувальний пристрій, 10 – несуча рама, 11 – опорні ролики, 12 – розвантажувальний лоток, 13 – елеватор.

Порядок виконання роботи

1. Вибрати за варіантом з табл. 2.1 вихідні дані роботи: висоту борон h , відстань від центральної осі до зовнішньої кромки борон R , відстань від центральної осі до внутрішньої кромки борон r та кутову швидкість обертання борон глинобовтанки ω .

Таблиця 2.1

Варіанти вихідних даних до виконання практичної роботи 2

Варіант	h (м)	R (м)	r (м)	ω (1/с)
1	0,7	5,5	1,7	1,0
2	0,69	5,35	1,65	1,025
3	0,68	5,2	1,6	1,05
4	0,67	5,05	1,55	1,1
5	0,66	4,9	1,5	1,15
6	0,65	4,75	1,45	1,2
7	0,64	4,6	1,4	1,25
8	0,63	4,5	1,35	1,3
9	0,62	4,4	1,3	1,35
10	0,61	4,3	1,25	1,4
11	0,6	4,2	1,2	1,45
12	0,59	4,1	1,15	1,5
13	0,585	4	1,125	1,55
14	0,58	3,9	1,1	1,6
15	0,575	3,8	1,075	1,65
16	0,57	3,7	1,05	1,7
17	0,565	3,6	1,025	1,75
18	0,56	3,5	1	1,8
19	0,555	3,4	0,975	1,85
20	0,55	3,3	0,95	1,9
21	0,545	3,2	0,925	1,95
22	0,54	3,1	0,9	2
23	0,535	3	0,875	2,05
24	0,53	2,9	0,85	2,1
25	0,525	2,8	0,825	2,15
26	0,52	2,7	0,8	2,2
27	0,515	2,6	0,775	2,25
28	0,51	2,5	0,75	2,3
29	0,505	2,4	0,725	2,35
30	0,5	2,3	0,7	2,4

2. Визначити потужність, що витрачається на подолання опору шламу обертанню борон глинобовтанки N_{δ} , кВт:

$$N_{\delta} = \frac{c \cdot \rho \cdot h \cdot (R^4 - r^4) \cdot K_c \cdot \omega^3 \cdot z}{8000},$$

де $c=1,25...1,3$ – гідравлічний коефіцієнт опору руху; $\rho=1500...1700$ кг/м³ – густина шламу; $K_c=0,25...0,3$ – коефіцієнт суцільності конструкції борон; $z=2$ – кількість борон.

3. Визначити загальну потужність, що витрачається на подолання опору шламу обертанню борон з урахуванням інших занурених кріпильних елементів глинобовтанки N_3 , кВт:

$$N_3 = K_3 \cdot N_{\delta},$$

де $K_3=1,3$ – коефіцієнт запасу.

4. Визначити потужність приводного двигуна обертання борон глинобовтанки $N_{\delta\delta}$, кВт:

$$N_{\delta\delta} = \frac{N_3}{\eta},$$

де $\eta=0,8$ – коефіцієнт корисної дії приводу.

5. Вибрати за варіантом з табл. 2.2 вихідні дані роботи: висоту зануреної частини моста h , зовнішній радіус зануреної частини моста R , внутрішній радіус зануреної частини моста r , кутову швидкість обертання моста ω , масу рухомої частини моста m та радіус рейки візка **горизонтального шламового басейна** R_p .

Таблиця 2.2

Варіанти вихідних даних до виконання практичної роботи 2

Варіант	h (м)	R (м)	r (м)	ω (1/с)	m (кг)	R_p (м)
1	2	3	4	5	6	7
1	5	12	1,5	0,0314	17000	12,8
2	5,1	12,15	1,505	0,0311	17250	12,95
3	5,2	12,3	1,51	0,0308	17500	13,1
4	5,3	12,45	1,515	0,0305	17750	13,25
5	5,4	12,6	1,52	0,0302	18000	13,4
6	5,5	12,75	1,525	0,0299	18250	13,55

Продовження таблиці 2.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
7	5,6	12,9	1,53	0,0297	18500	13,7
8	5,7	13,05	1,535	0,0295	18750	13,85
9	5,8	13,2	1,54	0,0293	19000	14
10	5,9	13,35	1,545	0,0291	19250	14,15
11	6	13,5	1,55	0,029	19500	14,3
12	6,1	13,65	1,555	0,0288	19750	14,45
13	6,2	13,8	1,56	0,0286	20000	14,6
14	6,3	13,95	1,565	0,0284	20250	14,75
15	6,4	14,1	1,57	0,0282	20500	14,8
16	6,5	14,25	1,575	0,028	20800	15
17	6,6	14,4	1,58	0,0278	21100	15,2
18	6,7	14,6	1,585	0,0275	21400	15,4
19	6,8	14,8	1,59	0,0273	21700	15,6
20	6,9	15	1,6	0,0271	22000	15,8
21	7	15,2	1,61	0,0269	22300	16
22	7,1	15,4	1,62	0,0267	22600	16,2
23	7,2	15,6	1,63	0,0265	22900	16,4
24	7,3	15,8	1,64	0,0263	23200	16,6
25	7,4	16	1,65	0,0261	23500	16,8
26	7,5	16,2	1,66	0,0259	23800	17
27	7,6	16,4	1,67	0,0257	24100	17,2
28	7,7	16,6	1,68	0,0255	24400	17,4
29	7,85	16,8	1,69	0,0253	24700	17,6
30	8	17	1,7	0,0251	25000	17,8

6. Визначити потужність на подолання гідравлічного опору обертанню мостів горизонтального шламового басейна $N_{ом}$, кВт:

$$N_{ом} = \frac{c \cdot \rho \cdot h \cdot (R^4 - r^4) \cdot K_c \cdot \omega^3 \cdot z}{8000},$$

де $c=1,25\dots1,3$ – гідравлічний коефіцієнт опору руху, $\rho=1600$ кг/м³ – густина шламу, $K_c=0,25\dots0,3$ – коефіцієнт суцільності конструкції мостів, $z=2$ – кількість мостів.

7. Визначити повну потужність на подолання гідравлічного опору обертанню мостів горизонтального шламового басейна N_{zo} , кВт:

$$N_{zo} = K_o \cdot N_{om},$$

де $K_o=1,3$ – коефіцієнт, що враховує опір додаткових занурених елементів мостів.

8. Визначити потужність на подолання опору кочення рейкових візків обертання мостів горизонтального шламового басейна N_{pe} , кВт:

$$N_{pe} = \frac{m \cdot g \cdot \omega \cdot R_p \cdot K_e \cdot z}{1000},$$

де $K_e=0,08$ – коефіцієнт опору руху візків по рейці (із урахуванням тертя реборд при проковзуванні коліс при русі по кільцевій рейці), $z=2$ – число візків, $g=9,81$ м/с² – прискорення сили тяжіння.

9. Визначити потужність приводних двигунів рейкових візків обертання мостів горизонтального шламового басейна $N_{\partial s}$, кВт:

$$N_{\partial s} = \frac{N_{zo} + N_{pe}}{\eta},$$

де $\eta=0,8$ – коефіцієнт корисної дії приводу.

10. Вибрати за варіантом з табл. 2.3 вихідні дані роботи: продуктивність Q сушильного барабана.

Таблиця 2.3

Варіанти вихідних даних до виконання практичної роботи 2

Варіант	Q (т/год.)
1	2
1	10
2	15
3	20
4	25
5	30
6	35
7	40

Продовження таблиці 2.3

<i>I</i>	<i>2</i>
8	45
9	50
10	55
11	60
12	65
13	70
14	75
15	80
16	90
17	100
18	110
19	120
20	130
21	140
22	160
23	170
24	180
25	200
26	220
27	240
28	260
29	280
30	300

11. Визначити секундну продуктивність сушильного барабана по виходу матеріалу із вологістю 5 % P , кг/с:

$$P = Q \cdot \frac{1000}{3600}.$$

12. Визначити секундну продуктивність сушильного барабана по виходу вологи P_ω , кг/с:

$$P_\omega = P \cdot \left(\frac{\omega_c}{100 - \omega_c} - \frac{\omega_M}{100 - \omega_M} \right),$$

де $\omega_c=15$ % – вологість вихідного матеріалу (сировини – «с»),

$\omega_m=5\%$ – вологість висушеного матеріалу («м»).

13. Визначити робочий об'єм сушильного барабана V , м³:

$$V = 3600 \cdot \frac{\Pi \omega}{A},$$

де $A=45\dots65$ кг/(м³·год.) – парознімання сушильного барабана.

14. Вибрати за величиною робочого об'єму сушильного барабану, із запасом (найближче більше значення), з табл. 2.4 значення його основних конструктивних та технологічних параметрів: діаметр D (м), довжину L (м) та частоту обертання n (об./хв.).

15. Визначити тривалість проходження матеріалу через камеру сушильного барабана τ , хв.:

$$\tau = \frac{120 \cdot \kappa \cdot \rho \cdot (\omega_c - \omega_m)}{A \cdot [200 - (\omega_c - \omega_m)]},$$

де $\kappa=0,2$ – ступінь заповнення камери барабана матеріалом, $\rho=1400$ кг/м³ – середня насипна густина матеріалу.

16. Визначити кут нахилу сушильного барабана α , град.:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{m \cdot K \cdot L}{n \cdot \tau \cdot D}\right),$$

де $m=0,5\dots1$ та $K=0,2\dots1,2$ – коефіцієнти, що враховують умови теплообміну в камері барабана.

17. Визначити потужності приводного двигуна обертання корпусу сушильного барабана $N_{\partial\delta}$, кВт:

$$N_{\partial\delta} = 0,0013 \cdot D^3 \cdot L \cdot \rho \cdot n \cdot \delta,$$

де $\delta=0,01\dots0,07$ – коефіцієнт, що враховує умови теплообміну в камері барабана.

18. Визначити питому енергоємність процесу зневоднення в сушильному барабані E , (кВт·год.)/т:

$$E = \frac{N_{\partial\delta}}{Q}.$$

Таблиця 2.4

Типорозміри та частоти обертання сушильних барабанів

Робочий об'єм барабана V (м ³)	Розміри барабана (м)		Частота обертання барабана n (об./хв.)
	діаметр D	довжина L	
20	1,6	10	3,2...6,4
38	2	12	3,2...6,4
53	2,2	14	3,2...6,4
88	2,5	18	2...6
123	2,8	20	2...6
141	3	20	2...6
177	3,2	22	2...6
259	3,5	27	2...6
352	4	28	2...6
556	4,5	35	2...6
686	5	35	2...6

Зміст звіту про виконання практичної роботи 2

1. Номер та назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Основні текстові теоретичні відомості (с. 13-14).
4. Розрахунок потужності приводного двигуна обертання борон **глинобортанки** за п.п. 1-4 із текстовими поясненнями.
4. Розрахунок потужності приводних двигунів рейкових візків обертання мостів **горизонтального шламового басейну** за п.п. 5-9 із текстовими поясненнями.
4. Розрахунок основних технологічних і конструктивних параметрів, потужності приводу двигуна обертання корпусу та питомо енергоємність процесу переміщення оброблюваного матеріалу в камері **сушильного барабана** за п.п. 10-18 із текстовими поясненнями.

Практична робота 3 РОЗРАХУНОК ПІЧНИХ АГРЕГАТІВ

Мета роботи: Вивчити робочий процес та розрахувати основні технологічні і конструктивні параметри, продуктивність і питому теплову енергоємність процесу випалювання в **пічних агрегатах** та потужність приводного двигуна перештовхування візків колосникового конвеєра та питому енергоємність процесу переміщення випаленого матеріалу в камері **колосникового охолодника**.

Основні теоретичні відомості

Пічні агрегати мокрого (рис. 3.1) та сухого (рис. 3.2 та 3.3) способу виробництва призначені для **випалювання** сировини, охолодження випаленого матеріалу, утилізації відпрацьованих газів і повітря та рекуперації теплової енергії. Застосовуються для фізико-хімічних перетворень сировини при виробництві цементу та вапна. Пічні агрегати містять: випальну піч (переважно обертову), димосмок (витяжний вентилятор), охолодник випалених матеріалів, пиловловлюючі пристрої та пристрої для повернення уловленого пилу в піч. Пічні агрегати сухого способу виробництва дозволяють **повторне використання теплової енергії**, що відходить від печі та охолодника випаленого матеріалу, за допомогою **запічних теплообмінних пристроїв**: циклонних теплообмінників та реакторів-декарбонізаторів (рис. 3.3).

Колосникові охолодники призначені для **охолодження матеріалів**, після випалювання в обертових печах, та **рекуперації теплової енергії** (рис. 3.4). Застосовуються при виробництві цементу. Основним робочим органом охолодник є колосниковий конвеєр перештовхуючого типу (рис. 3.5) із хитним приводом (рис. 3.6). Процес охолодження здійснюється при нагнітанні під конвеєр атмосферного повітря, що продуває шар матеріалу висотою 0,15...0,35 м, який за допомогою рухомих та нерухомих колосників повільно переміщується перештовхуванням із перемішуванням. Дозволяють повторне

використання теплової енергії, що вивільнюється при охолодженні, шляхом подавання нагрітого повітря до пальника печі для участі у спалюванні палива. Повертається до 14 % тепла при мокрому способі виробництва та до 38 % при сухому. Тривалість охолодження біля 20 хв.

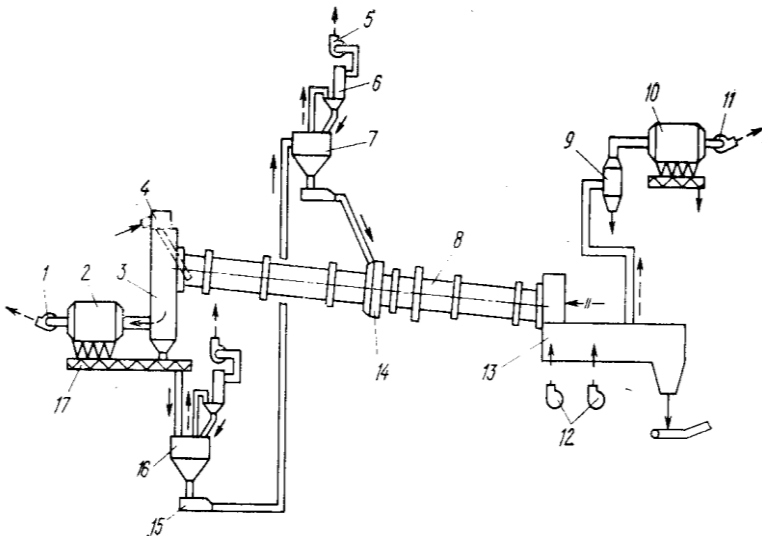


Рис.3.1. Схема пічного агрегату мокрому способу виробництва цементу: 1 – запічний димосмок, 2 – електрофільтр печі, 3 – пилова камера, 4 – шламовий бачок, 5 – вентилятор, 6 – рукавний фільтр, 7 – пиловий бункер, 8 – обертова піч, 9 – скруббер, 10 – електрофільтр охолодника, 11 – димосмок охолодника, 12 – вентилятори, 13 – колосниковий охолодник клінкеру, 14 – пристрій для повернення уловленої пилу в піч, 15 – пневматичний насос, 16 – пиловий бункер, 17 – шнековий конвеєр.

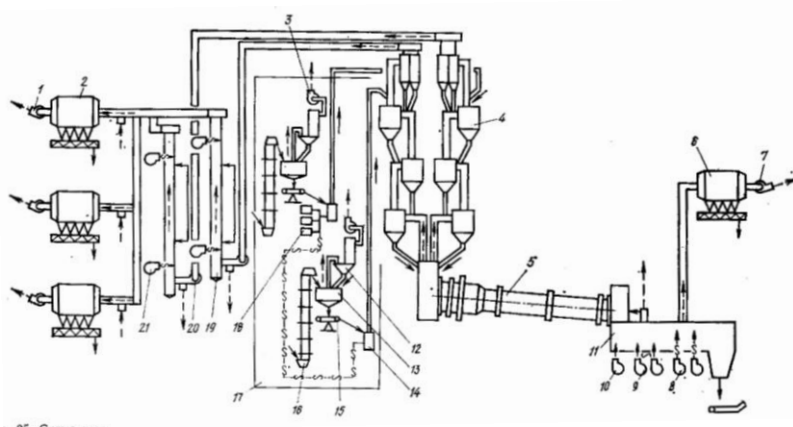


Рис. 3.2. Схема пічного агрегату сухого способу виробництва цементу із циклонним теплообмінником:

1 – кінцевий димосмок; 2 – електрофільтр печі; 3 – вентилятор;
 4 – двогілковий чотириступеневий циклонний теплообмінник;
 5 – обертова піч; 6 – електрофільтр охолодника;
 7 – димосмок охолодника; 8 – вентилятор загального дуття;
 9 – вентилятор першої камери; 10 – вентилятор гострого дуття;
 11 – колосниковий охолодник клінкеру; 12 – рукавний фільтр;
 13 – витратний бункер сталого рівня; 14 – пневопідійомник;
 15 – дозатор; 16 – елеватор; 17 – вузол живлення пічного агрегату;
 18 – повітрودувка; 19 – установка для охолодження та зволоження пічних газів, що відходять; 20 – димосмок печі; 21 – вентилятор.

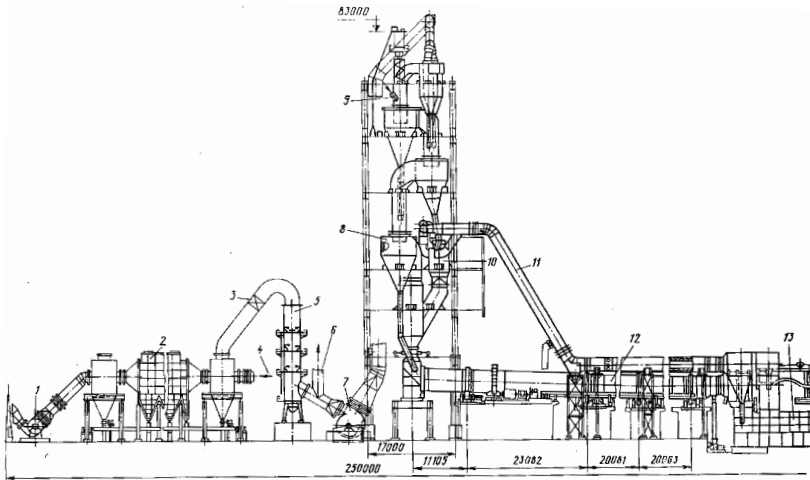


Рис. 3.3. Схема пічного агрегату сухого способу виробництва цементу із циклонним теплообмінником та реактором-декарбонізатором:
 1 – кінцевий димосмок; 2 – електрофільтр; 3 – шибер; 4 – підведення відпрацьованих газів із агрегату для помелу та сушіння сировини;
 5 – установка для охолодження та зволоження пічних газів, що відходять; 6 – відведення пічних газів, що відходять, до агрегату для помелу та сушіння сировини; 7 – запічний димосмок;
 8 – двогілковий чотириступінчастий циклонний теплообмінник;
 9 – патрубок для підведення сировинного борошна до циклонного теплообмінника; 10 – реактор-декарбонізатор;
 11 – повітровід від охолодника клінкеру до декарбонізатора;
 12 – обертова піч; 13 – колосниковий охолодник клінкеру.

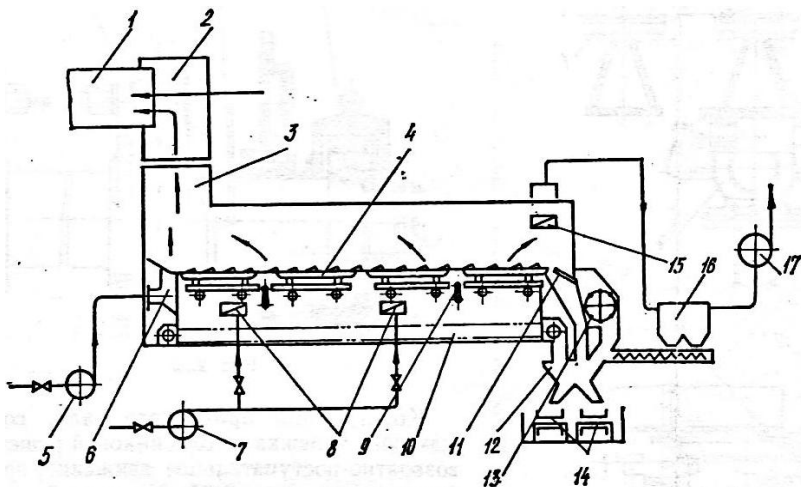


Рис. 3.4. Схема колосникового охолодника випалених матеріалів:
 1 – обертова піч, 2 – гаряча головка печі, 3 – шахта охолодника,
 4 – колосниковий конвеєр, 5 – вентилятор високого тиску,
 6 – пристрій гострого дуття, 7 – вентилятор середнього дуття,
 8 – вікна у підколосниковому просторі, 9 – штовхаючий ролик шарнірно-важільного механізму приводу хитання колосникових візків,
 10 – підлоговий скребковий конвеєр прибирання просипу,
 11 – похила решітка для охолодженого клінкеру,
 12 – розвантажувальний пристрій, 13 – молоткова дробарка крупки,
 14 – пластинчастий конвеєр, 15 – вікно скидання надлишкового повітря,
 16 – пиловловлювач, 17 – димосмок надлишкового повітря.

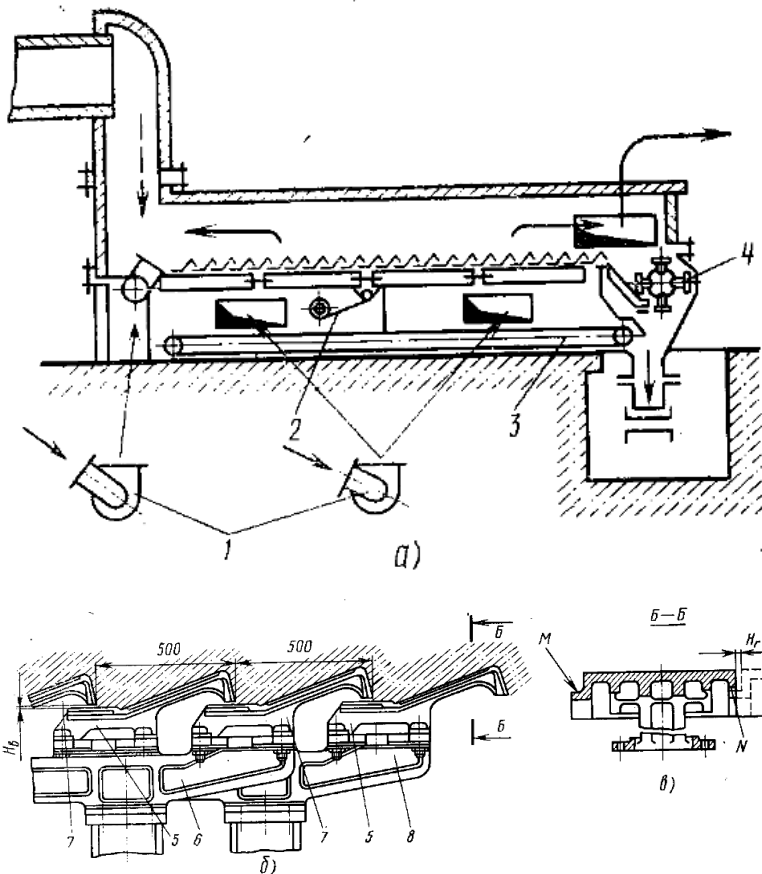


Рис. 3.5. Схема колосникового конвеєра – принципова схема конвеєра (а), загальний вигляд конвеєра (б), колосник із бічним перекриттям (в):
 1 – вентилятор, 2 – привод колосникового конвеєра,
 3 – скребковий конвеєр прибирання просипу, 4 – молоткова дробарка,
 5 – нерухомий колосник, 6 – рухома підколосникова балка,
 7 – рухомий колосник, 8 – нерухома підколосникова балка;
 H_v (4...6 мм), H_z (5...12 мм) – вертикальний та горизонтальний зазори між колосниками для компенсації температурних розширень;
 М, N – уступи, що перекриваються.

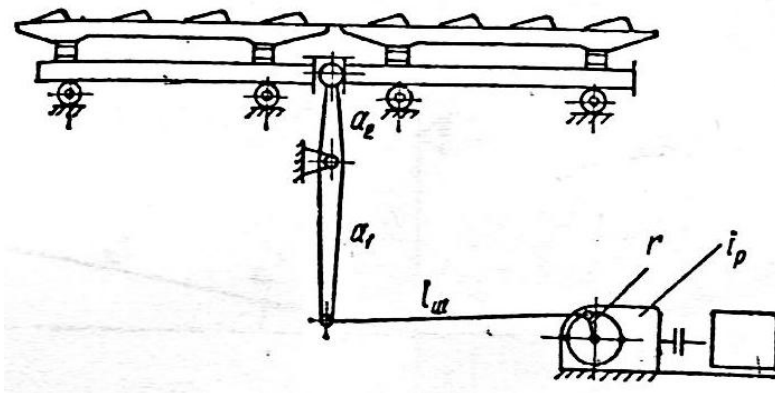


Рис. 3.6. Кінематична схема кривошипно-коромислового механізму приводу хитання візків колосникового конвеєра.

Порядок виконання роботи

1. Вибрати за варіантом з табл. 3.1 вихідні дані роботи: внутрішній діаметр корпусу обертової печі агрегату D_n .

Таблиця 3.1

Варіанти вихідних даних до виконання практичної роботи 3

Варіант	D_n (м)
<i>1</i>	<i>2</i>
1	3
2	3,1
3	3,2
4	3,3
5	3,4
6	3,5
7	3,6
8	3,7
9	3,8

Продовження таблиці 3.1

<i>1</i>	<i>2</i>
10	3,9
11	4
12	4,1
13	4,2
14	4,3
15	4,4
16	4,5
17	4,6
18	4,7
19	4,8
20	5
21	5,2
22	5,4
23	5,6
24	5,8
25	6
26	6,2
27	6,4
28	6,6
29	6,8
30	7

2. Визначити довжину обертової печі пічного агрегату мокрого способу виробництва L_m , сухого способу із циклонним теплообмінником L_c та сухого способу із циклонним теплообмінником і декарбонізатором L_∂ , м:

$$L_m = 41 \cdot (D_n - 0,5) \cdot K_n,$$

$$L_c = 17 \cdot (D_n - 0,5) \cdot K_n,$$

$$L_\partial = 20 \cdot (D_n - 0,5) \cdot K_n,$$

де $K_n=0,97 \dots 1,03$ – поправочний коефіцієнт.

3. Визначити теплову потужність пічного агрегату мокрого способу виробництва N_{mm} , сухого способу із циклонним теплообмінником N_{mc} та сухого способу із циклонним теплообмінником та декарбонізатором $N_{m\partial}$, кВт:

$$N_{mm} = 29 \cdot D_n^2 \cdot L_M \cdot K_n,$$

$$N_{mc} = 45 \cdot D_n^2 \cdot L_c \cdot K_n,$$

$$N_{m\partial} = 38 \cdot D_n^2 \cdot L_\partial \cdot K_n.$$

4. Визначити питому витрату тепла на випалювання 1 кг клінкеру пічним агрегатом мокрого способу виробництва, кДж/кг:

$$q_M = 17 \cdot 10^3 \cdot K_w,$$

де $K_w=0,38$ – коефіцієнт вологості шламу.

5. Визначити продуктивність пічного агрегату мокрого способу виробництва Π_M , сухого способу із циклонним теплообмінником Π_c та сухого способу із циклонним теплообмінником і декарбонізатором Π_∂ , т/год.:

$$\Pi_M = \frac{3,6 \cdot N_{mm} \cdot K_n}{q_M},$$

$$\Pi_c = \frac{3,6 \cdot N_{mc} \cdot K_n}{q_c},$$

$$\Pi_\partial = \frac{3,6 \cdot N_{m\partial} \cdot K_n}{q_\partial},$$

де $q_c=3300\dots3900$ кДж/кг – питома витрата тепла на випалювання 1 кг клінкеру пічним агрегатом сухого способу із циклонним теплообмінником, $q_\partial=1600\dots1900$ кДж/кг – питома витрата тепла на випалювання 1 кг клінкеру пічним агрегатом сухого способу із декарбонізатором.

6. Визначити питому теплову енергоємність процесу випалювання в пічному агрегаті мокрого способу виробництва E_M , сухого способу із циклонним теплообмінником E_c та сухого способу із циклонним теплообмінником і декарбонізатором E_∂ , (кВт·год.)/т:

$$E_M = \frac{N_{mM}}{\Pi_M},$$

$$E_C = \frac{N_{mC}}{\Pi_C},$$

$$E_D = \frac{N_{mD}}{\Pi_D}.$$

7. Визначити питому довжину обертової печі пічного агрегату мокрого способу виробництва l_{mM} , сухого способу із циклонним теплообмінником l_{mC} та сухого способу із циклонним теплообмінником і декарбонізатором l_{mD} , (м·год.)/т:

$$l_{mM} = \frac{L_M}{\Pi_M},$$

$$l_{mC} = \frac{L_C}{\Pi_C},$$

$$l_{mD} = \frac{L_D}{\Pi_D}.$$

8. Оцінити ефективність способів виробництва клінкеру у пічних агрегатах різних типів, порівнявши отримані значення параметрів щодо мінімізації питомих характеристик E_M , E_C , E_D , l_{mM} , l_{mC} та l_{mD} , та встановити послідовність агрегатів за спаданням пріоритетності.

9. Вибрати за варіантом з табл. 3.2 вихідні дані роботи: продуктивність Π колосникового охолодника.

Таблиця 3.2

Варіанти вихідних даних до виконання практичної роботи 3

Варіант	Π (т/год.)
1	2
1	25
2	27,5
3	30
4	32,5

Продовження таблиці 3.2

<i>1</i>	<i>2</i>
5	35
6	37,5
7	40
8	42,5
9	45
10	47,5
11	50
12	52,5
13	55
14	57,5
15	60
16	62,5
17	65
18	67,5
19	70
20	75
21	80
22	85
23	90
24	95
25	100
26	105
27	110
28	115
29	120
30	125

10. Визначити ширину колосникової решітки конвеєра B , м:

$$B = 0,735 \cdot \Pi^{0,35}.$$

11. Визначити довжину решітки колосникового охолодника L , м:

$$L = 2,635 \cdot \Pi^{0,5}.$$

12. Визначити площу решітки колосникового охолодника F , м²:

$$F = 1,935 \cdot \Pi^{0,85}.$$

13. Визначити витрату повітря на охолодження клінкеру V , м³/кг:

$$V = \frac{\ln(t_{max} - t_n) - \ln(t_{min} - t_n)}{a},$$

де $t_{max}=1200\dots1300$ °С – початкова температура клінкеру на вході в охолодник, $t_{min}=50\dots80$ °С – температура клінкеру на виході з охолодника, $t_n=20$ °С – початкова температура охолоджуючого повітря, $a=0,8\dots1,2$ (°С·кг)/м³ – параметр, що характеризує інтенсивність охолодження.

14. Визначити число ходів рухливих колосників n , хід/хв.:

$$n = 0,66 \cdot \frac{\Pi}{B}.$$

15. Визначити потужність приводу колосникової решітки N_k , кВт:

$$N_k = 0,1 \cdot \Pi \cdot L \cdot h \cdot f,$$

де $h=0,15$ м – висота колосників, $f=0,55\dots0,85$ – коефіцієнт тертя клінкеру по сталі.

16. Визначити повну потужність електродвигуна приводу перештовхування візків колосникового конвеєра із урахуванням опору частинок клінкеру, що заклинило у зазорах між колосниками $N_{\partial\partial}$, кВт:

$$N_{\partial\partial} = (2,5\dots3,5) \cdot N_k.$$

17. Визначити питому енергоємність процесу переміщення випаленого матеріалу у камері колосникового охолодника E , (кВт·год.)/т:

$$E = \frac{N_{\partial\partial}}{\Pi}.$$

Зміст звіту про виконання практичної роботи 3

1. Номер та назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Основні текстові теоретичні відомості.
4. Розрахунок основних технологічних і конструктивних параметрів, продуктивності та питомої теплової енергоємності процесу випалювання в **пічних агрегатах** за п.п. 1-7 із текстовими поясненнями.
5. Порівняння отриманих значень основних технологічних і конструктивних параметрів **пічних агрегатів** та оцінка ефективності способів виробництва клінкеру за п. 8.
6. Розрахунок основних технологічних і конструктивних параметрів, потужності приводного двигуна перештовхування візків колосникового конвеєра та питомої енергоємності процесу переміщення випаленого матеріалу в камері **колосникового охолодника** за п.п. 9-17 із текстовими поясненнями.

Практична робота 4 РОЗРАХУНОК ВИПАЛЬНИХ ПЕЧЕЙ

Мета роботи: Вивчити робочий процес випалювання і розрахувати основні конструктивні параметри, потужність приводного двигуна обертання корпусу і питому енергоємність процесу переміщення оброблюваного матеріалу в камері **обертової печі** та вивчити робочий процес теплової обробки і розрахувати основні технологічні та конструктивні параметри **шахтної печі** для випалювання клінкеру.

Основні теоретичні відомості

Обертові печі призначені для випалювання за **протитоковою схемою** сировини шляхом теплообміну із осьовим потоком гарячих газів (рис. 4.1 та 4.2). Застосовуються при виробництві цементу та вапна. Печі містять: корпус із футерівкою та внутрішньокамерними теплообмінними пристроями, торцеві ущільнення, опорні станції (3...8), приводну станцію (рис. 4.3), пристрої завантаження та розвантаження камери та пальникову систему. **Довгі** обертові печі, > 100 м, застосовуються при **мокрому** способу виробництва (рис. 4.4), **короткі**, < 100 м, при **сухому** (рис. 4.5). Ступінь заповнення камери випалюваним матеріалом 0,08...0,1. Тривалість випалювання при мокрому способі 3...4 год., при сухому 1,5...2 год.

Шахтні печі призначені для випалювання сировини шляхом теплообміну за протитоком схемою кускової шихти, що повільно просідає у вертикальній шахтній камері, із потоком гарячих газів, що піднімається. Застосовуються при виробництві мінеральних в'язучих. Висота робочої камери печі до 25 м. У **пересипних шахтних печах** тверде паливо подається разом із шихтою (рис. 4.6 та 4.7). **Газові печі** мають паливні форсунки (рис. 4.8). У пересипних шахтних печах для випалювання клінкеру здійснюється подавання кисню у камеру. Граничні розміри кусків шихти 20...150 мм. Тривалість випалювання 5...26 годин.

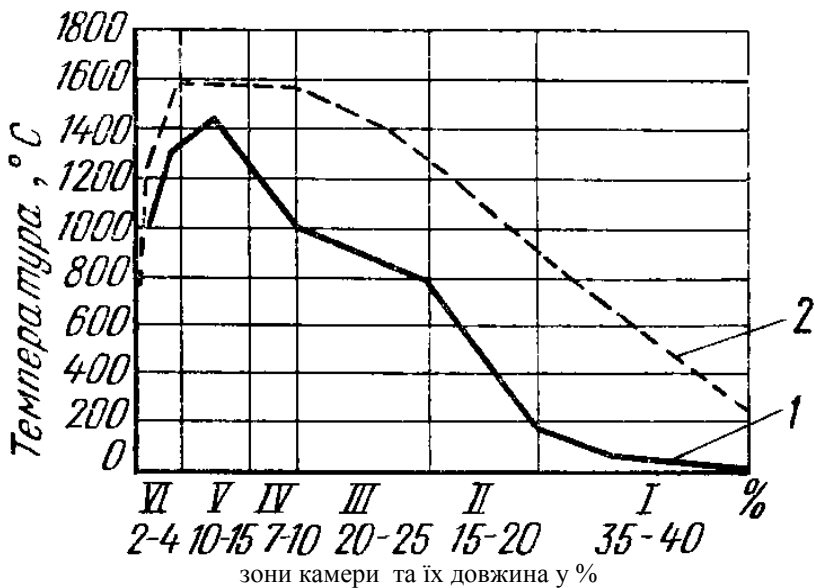


Рис. 4.1. Схема розподілу температури матеріалу, що випаюється, (1) та газового потоку (2) по довжині камери обертової печі мокрого способу виробництва цементу: I – зона випаровування (до 100 °C),

II – зона дегідратації (200...800 °C),

III – зона декарбонізації (900...1000 °C),

IV – зона екзотермічних реакцій (1000...1300 °C),

V – зона спікання (1300...1450...1300 °C),

VI – зона охолодження (1300...1000 °C).

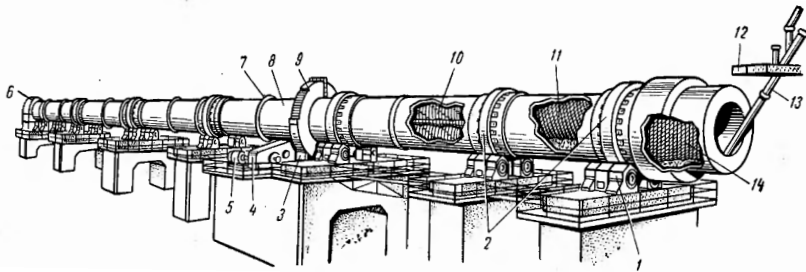


Рис. 4.2. Наочне зображення обертової печі:

- 1 – роликоопора; 2 – бандаж; 3 – підвінцева шестерня;
- 4 – редуктор приводу корпусу печі;
- 5 – електродвигун приводу обертання корпусу; 6 – головка печі;
- 7 – кільце жорсткості корпусу; 8 – корпус печі;
- 9 – зубчастий вінець приводу корпусу;
- 10, 11 та 14 – внутрішньопічні теплообмінні пристрої;
- 12 – пилоосаджувальна камера; 13 – лійка сировини.

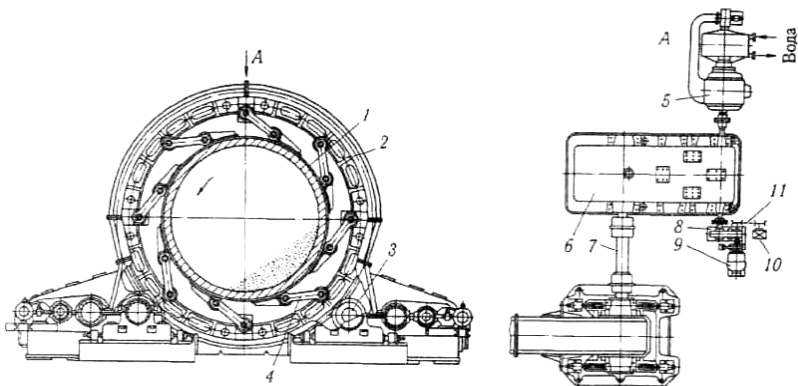


Рис. 4.3. Двобічний привод обертання корпусу печі:

- 1 – корпус печі, 2 – зубчастий вінець, 3 – підвінцева шестерня,
- 4 – шарнірна плосколанцюгова підвіска кріплення зубчастого вінця до корпусу печі, 5 – електродвигун головного приводу,
- 6 – редуктор головного приводу, 7 – проміжний вал,
- 8 – редуктор допоміжного приводу, 9 – електродвигун допоміжного приводу, 10 – електродвигун додаткового допоміжного приводу (мікроприводу) для отримання повільного обертання корпусу (третій режим),
- 11 – клинопасова передача додаткового допоміжного приводу.

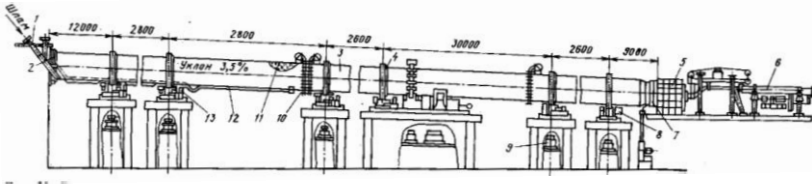


Рис. 4.4. Загальний вигляд довгої обертової печі мокрого способу виробництва: 1 – лійка для подавання шламу, 2 – ущільнення завантажувального кінця печі, 3 – корпус печі, 4 – бандаж, 5 – розвантажувальна головка, 6 – паливна форсунка, 7 – ущільнення розвантажувального кінця печі, 8 – ролюкоопора, 9 – станція рідкого мащення, 10 – установка термопар зі струмомнімальниками, 11 – ланцюгова завіса, 12 – пристрій для повернення пилу в піч, 13 – гідроупор.

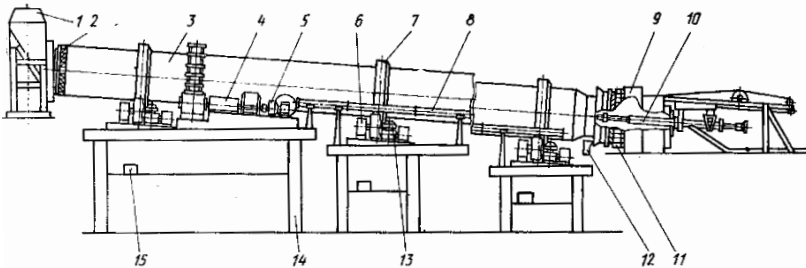


Рис. 4.5. Загальний вигляд короткої обертової печі сухого способу виробництва: 1 – завантажувальна головка печі, 2 та 11 – ущільнення головок печі, 3 – корпус печі, 4 – основні привод корпусу, 5 – допоміжний привод корпусу, 6 – ролюкоопора, 7 – бандаж, 8 – пристрій повітряного охолодження корпусу печі, 9 – розвантажувальна головка печі, 10 – паливна форсунка, 12 – пристрій повітряного охолодження розвантажувальної головки печі, 13 – гідравлічний упор, 14 – залізобетонна опора, 15 – індивідуальна станція для подавання мастильних матеріалів до ролюкоопори.

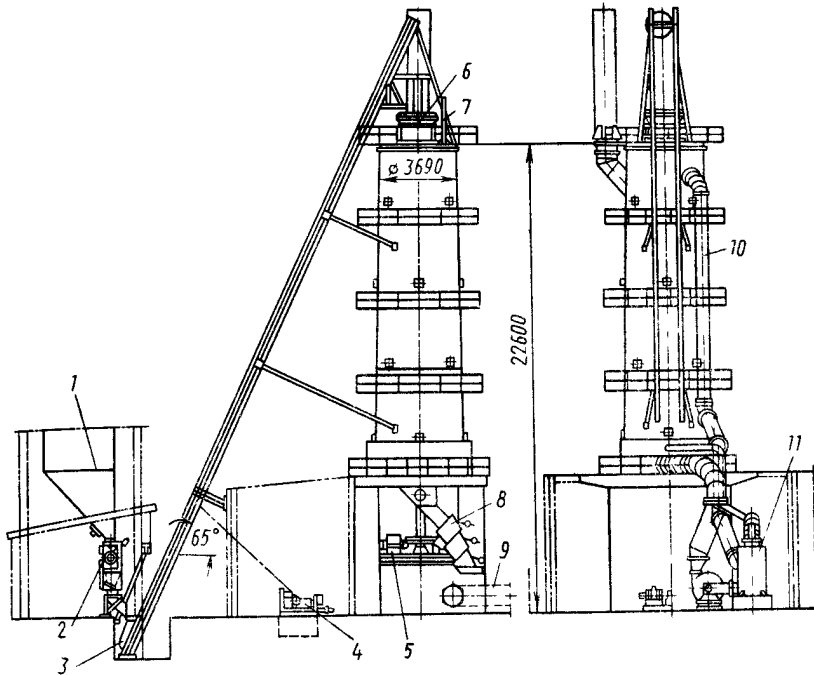


Рис. 4.6. Загальний вигляд пічного агрегату зі пересипною шахтною піччю: 1 – живильний бункер, 2 – автоматичний дозатор, 3 – ківш скипового підйомника, 4 – лебідка, 5 – привод вивантажуючого пристрою, 6 – завантажуючий пристрій, 7 – автоматичний показчик рівня завантаження шихтою, 8 – шлюзовий затвор, 9 – пластинчастий транспортер, 10 – газопровід, 11 – змішувальна газова камера.

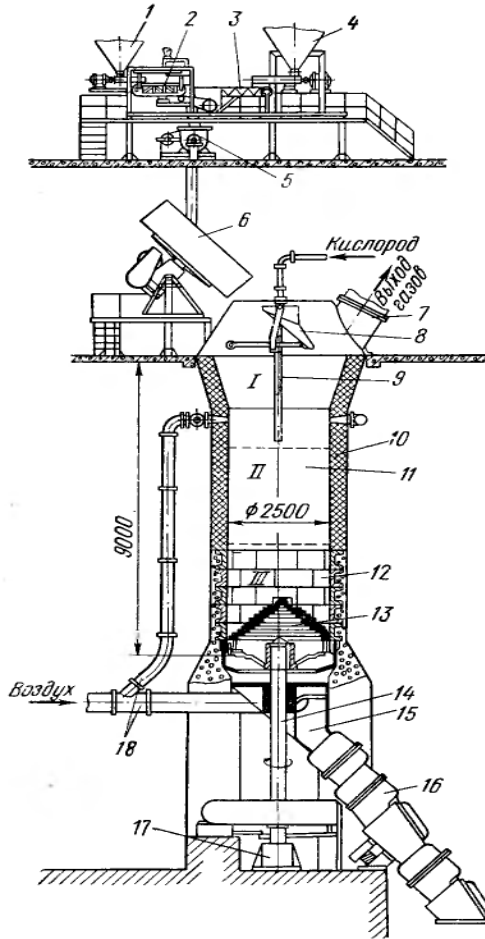


Рис. 4.7. Схема і пересипної шахтної печі для випалювання клінкеру:
 I – зона підігрівання та кальцинування, II – зона спікання, III – зона охолодження; 1 – бункер для вугілля, 2 та 3 – живильники, 4 – бункер сировинного борошна, 5 – змішувальний гвинтовий конвеєр, 6 – гранулятор, 7 – газохід, 8 – завантажувальний жолоб, 9 – труба подавання кисню, 10 – вогнетривка цегла, 11 – шахта печі, 12 – чавунні кільця, 13 – розвантажувальна решітка, 14 – приводний вал, 15 – розвантажувальна тічка, 16 – затвор, 17 – привод розвантажувальної решітки, 18 – повітроводи.

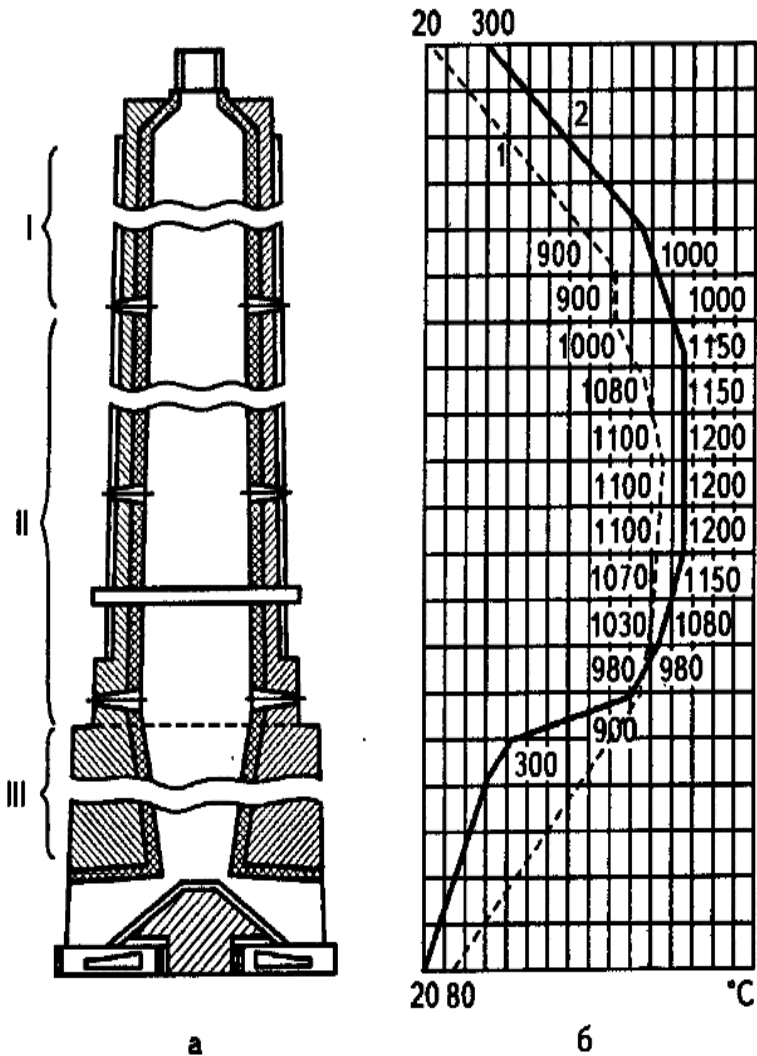


Рис. 4.8. Схема робочої камери газової шахтної печі:

а – розподілення зон випалювання в шахтній печі,

б – температурний режим при випалювання вапна:

1 – температура матеріалу, 2 – температура гарячих газів,

I – зона підігрівання, II – зона випалювання, III – зона охолодження.

Порядок виконання роботи

1. Вибрати за варіантом з табл. 4.1 вихідні дані роботи: внутрішній діаметр D_n та довжину L корпусу **обертової печі**.

Таблиця 4.1

Варіанти вихідних даних до виконання практичної роботи 4

Варіант	D_n (м)	L (м)
1	3	100
2	3,1	103
3	3,2	106
4	3,3	110
5	3,4	113
6	3,5	116
7	3,6	120
8	3,7	123
9	3,8	126
10	3,9	130
11	4	135
12	4,1	140
13	4,2	145
14	4,3	150
15	4,4	155
16	4,5	160
17	4,6	165
18	4,7	170
19	4,8	175
20	5	180
21	5,2	185
22	5,4	190
23	5,6	195
24	5,8	200
25	6	205
26	6,2	210
27	6,4	215
28	6,6	220
29	6,8	225
30	7	230

2. Визначити силу тяжіння обертової печі із урахуванням маси матеріалу, що випалюється, G , кН:

$$G = 7,42 \cdot \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} \cdot L.$$

3. Визначити діаметр бандажа корпусу обертової печі $D_{\bar{o}}$, м:

$$D_{\bar{o}} = 1,2 \cdot D_n.$$

4. Визначити діаметр опорних роликів обертової печі D_p , м:

$$D_p = 0,3 \cdot D_{\bar{o}}.$$

5. Визначити радіус цапфи опорних роликів обертової печі $R_{\bar{y}}$, м:

$$R_{\bar{y}} = 0,05 \cdot D_{\bar{o}}.$$

6. Визначити потужність, що витрачається на подолання сил тертя в радіальних підшипниках опорних роликів обертової печі, N_p , кВт:

$$N_p = 0,24 \cdot f \cdot R_{\bar{y}} \cdot n \cdot G \cdot \frac{D_{\bar{o}}}{D_p},$$

де $f=0,008$ – коефіцієнт тертя в підшипниках, $n=1,25$ об./хв. – найбільша частота обертання корпусу.

7. Визначити потужність, що витрачається на подолання сил тертя кочення бандажів по опорним роликам печі, $N_{\bar{o}}$, кВт:

$$N_{\bar{o}} = 0,5 \cdot N_p.$$

8. Визначити товщину футерівка камери обертової печі Δ , м:

$$\Delta = 0,05 \cdot D_n.$$

9. Визначити радіус камери обертової печі по внутрішній поверхні футерівки $R_{\bar{cв}}$, м:

$$R_{\bar{cв}} = \frac{D_n}{2} - \Delta.$$

10. Визначити швидкість осьового пересування випалюваного матеріалу в камері обертової печі V , мм/с:

$$V = \frac{1000 \cdot 2 \cdot \pi \cdot R_{св} \cdot tg \alpha \cdot n}{60},$$

де $\alpha=2\dots4^\circ$ – кут нахилу осі корпусу печі до горизонталі.

11. Визначити потужність, що витрачається на осьове переміщення матеріалу в камері обертової печі, N_m , кВт:

$$N_m = 0,056 \cdot R_{св}^3 \cdot L \cdot \rho \cdot g \cdot \sin^3 \varepsilon,$$

де $\rho=2 \text{ т/м}^3$ – насипна густина матеріалу, що випалюється; $g=9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення сили тяжіння; $\varepsilon=48^\circ$ – половина центрального кута сегмента поперечного перерізу матеріалу в камері печі.

12. Визначити потужність, необхідну для обертання корпусу печі N , кВт:

$$N = N_p + N_b + N_m.$$

13. Визначити потужність електродвигуна приводу обертання корпусу печі $N_{дв}$, кВт:

$$N_{дв} = \frac{N}{\eta},$$

де $\eta=0,85$ – коефіцієнти корисної дії приводу.

14. Визначити питому енергоємність процесу переміщення матеріалу, що випалюється, у камері обертової печі E , (кВт·год.)/т:

$$E = \frac{N_{дв}}{P_m},$$

де P_m – продуктивність пічного агрегату мокрого способу виробництва за п. 5 практичної роботи 3.

15. Вибрати за варіантом з табл. 4.2 вихідні дані роботи: продуктивність P шахтної печі.

Таблиця 4.2

Варіанти вихідних даних до виконання практичної роботи 4

Варіант	P (т/год.)
1	2
1	8
2	8,7
3	9,4

Продовження таблиці 4.2

<i>I</i>	<i>2</i>
4	10,1
5	10,8
6	11,5
7	12,2
8	12,9
9	13,6
10	14,3
11	15
12	15,7
13	16,4
14	17,2
15	18
16	18,8
17	19,6
18	20,4
19	21,2
20	22
21	22,8
22	23,6
23	24,4
24	25,2
25	26
26	26,8
27	27,6
28	28,4
29	29,2
30	30

16. Визначити висоту шахтної печі H , м:

$$H = \sqrt[3]{\left(\frac{10^3 \cdot \Pi \cdot K_H^2}{40 \cdot \varphi \cdot \sqrt{P}}\right)^2},$$

де $K_H=2,5-4$ – відношення висоти печі до діаметра, $\varphi=0,85$ – ступінь заповнення камери печі шихтою, $p=15000$ Па – тиск дуття.

17. Визначити діаметр шахтної печі D , м:

$$D = \frac{H}{K_H}.$$

18. Визначити загальну тривалість перебування матеріалу, що випалюється, в шахтній печі, необхідну для процесу випалювання та охолодження, год.:

$$\tau = \frac{0,785 \cdot D^2 \cdot H \cdot \rho}{\Pi},$$

де $\rho=1,2$ т/м³ – середні насипна густина шихти.

19. Визначити середню швидкість просування матеріалу по перерізу шахтної печі V , м/год.:

$$V = \frac{H}{\tau}.$$

20. Визначити витрату повітря на 1 кг клінкера за балансом тепла шахтної печі w_n , м³/кг:

$$w_n = \frac{c_M \cdot (t'_M - t''_M)}{c_n \cdot (t''_n - t'_n)},$$

де $c_M=1,1$ кДж/(кг·град.) – середня теплоємність матеріалу; $c_n=1,416$ кДж/(кг·град.) – середня теплоємність повітря; $t'_M=1400$ °С – початкова температура клінкера в зоні охолодження печі; $t''_M=120$ °С – кінцева температура клінкера в зоні охолодження; $t'_n=50$ °С – температура повітря, що надходить до печі; $t''_n=1000$ °С – температура, до якої нагрівається повітря в печі.

21. Визначити питому продуктивність, що віднесено до площі поперечного перерізу шахтної печі Π_f , т/(м²·год.):

$$\Pi_f = \frac{\rho}{\tau} \cdot H.$$

22. Визначити питому продуктивність, що віднесено до об'єму шахтної печі Π_w , т/(м³·год.):

$$\Pi_w = \frac{\rho}{\tau}.$$

23. Визначити тривалість охолодження клінкеру в шахтній печі τ_o , год.:

$$\tau_o = K_t \cdot \frac{t''_M - t'_M}{t'_n - t'_M},$$

де $K_t=1,62$ год. – коефіцієнт теплопередачі зони охолодження печі.

24. Визначити необхідну висоту зони охолодження шахтної печі H_o , м:

$$H_o = \frac{\Pi_f \cdot \tau_o}{\rho}.$$

Зміст звіту про виконання практичної роботи 4

1. Номер та назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Основні текстові теоретичні відомості.
4. Розрахунок основних конструктивних параметрів, потужності приводного двигуна обертання корпусу та питомої енергоємності процесу переміщення випалюваного матеріалу в камері **обертової печі** за п.п. 1-14 із текстовими поясненнями.
4. Розрахунок основних технологічних і конструктивних параметрів **шахтної печі** для випалювання клінкеру за п.п. 15-24 із текстовими поясненнями.

Практична робота 5

РОЗРАХУНОК ВАПНОГАСНИКІВ

Мета роботи: Вивчити робочий процес та розрахувати основні технологічні і конструктивні параметри, потужність приводного двигуна обертання корпусу та питому енергоємність процесу переміщення оброблюваного матеріалу в камері гасильного барабана періодичної дії для приготування гідратного вапна.

Основні теоретичні відомості

Гасильні барабани періодичної дії призначені для гасіння грудкового вапна при виробництві гідратного вапна (сухого порошку) шляхом дозованого подавання в ущільнену робочу камеру вологи у кількості, достатній для повного прогашення порції вапна та випаровуванням залишків вологи під дією тепла, що утворилось при гідратації (рис. 5.1). Бочкоподібна форма обертової камери барабана забезпечує осьову складову циркуляції заповнення. Камери має захисну стійку до агресивного хімічного середовища футерівку. Подавання пари під тиском $0,3 \dots 0,4 \text{ МН/м}^2$ і води у камеру та одночасне випускання відпрацьованої пари здійснюється пароводопідвідним пристроєм. Завантаження та розвантаження камери виконується, відповідно, при верхньому та нижньому розташуванні люка.

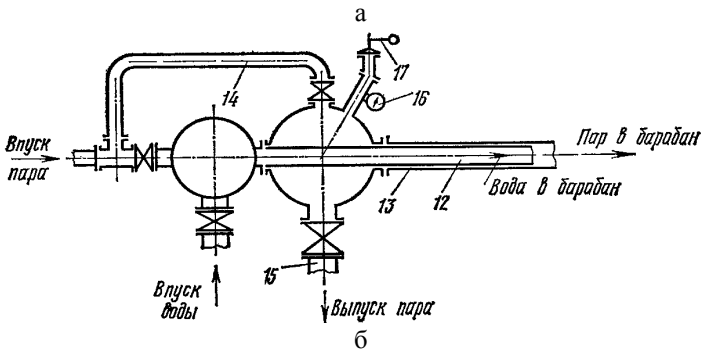
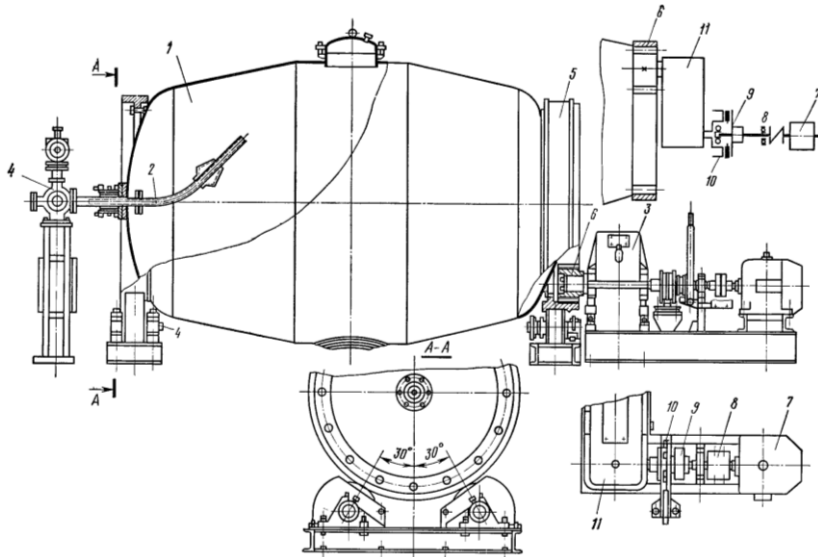


Рис. 5.1. Гасильний барабан: а – загальний вигляд агрегату та кінематична схема приводу обертання корпусу, б – схема пароводопідвідного пристрою:
 1 – барабан, 2 – пароводопідвідний пристрій,
 3 – привод обертання корпусу, 4 – опорні ролики, 5 – бандаж,
 6 – шестерня, 7 – приводний електродвигун, 8 – пальцева муфта,
 9 – фрикційна муфта, 10 – гальмо, 11 – редуктор,
 12 – внутрішня труба пароводопідвідного пристрою,
 13 – зовнішня труба, 14 – патрубок, 15 – паровипускна труба,
 16 – манометр, 17 – запобіжний клапан, 18 – люк, 19 – противага.

Порядок виконання роботи

1. Вибрати за варіантом з табл. 10 вихідні дані роботи: середній діаметр барабана D та довжину L барабана.

Таблиця 5.1

Варіанти вихідних даних до виконання практичної роботи 5

Варіант	D (м)	L (м)
1	1,5	2,6
2	1,55	2,68
3	1,6	2,77
4	1,65	2,86
5	1,7	2,95
6	1,75	3,04
7	1,8	3,13
8	1,85	3,22
9	1,9	3,31
10	1,95	3,4
11	2	3,49
12	2,05	3,58
13	2,1	3,67
14	2,15	3,76
15	2,2	3,85
16	2,25	3,94
17	2,3	4,03
18	2,35	4,12
19	2,4	4,21
20	2,45	4,3
21	2,5	4,39
22	2,55	4,48
23	2,6	4,57
24	2,65	4,66
25	2,7	4,75
26	2,76	4,84
27	2,82	4,93
28	2,88	5,02
29	2,94	5,11
30	3	5,2

2. Визначити частоту обертання барабана n , об/хв.:

$$n = K_p \cdot \sqrt{\frac{2}{D}},$$

де $K_p=3,6...4,2$ – коефіцієнт режиму роботи барабана.

3. Визначити об'єм камери барабана V , м³:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L.$$

4. Визначити тривалість циклу роботи вапногасника t_u , хв.:

$$t_u = t_z + t_e + t_p,$$

де $t_z=7,5...10$ хв. – тривалість завантаження камери, $t_e=15...20$ хв.

– тривалість гасіння вапна, $t_p=7,5...10$ хв. – тривалість розвантаження камери.

5. Визначити продуктивність вапногасника Π , м³/год.:

$$\Pi = \frac{60 \cdot V \cdot \kappa}{t_u},$$

де $\kappa=0,5...0,6$ – ступінь заповнення камери оброблюваним матеріалом.

6. Визначити діаметри бандажа барабана D_b , опорного ролика D_p та цапфи ролика D_u , м:

$$D_b = (0,8...0,85) \cdot D,$$

$$D_p = (0,2...0,25) \cdot D_b,$$

$$D_u = (0,2...0,25) \cdot D_p.$$

7. Визначити силу тяжіння барабана G_b , Н:

$$G_b = 0,005 \cdot K_b \cdot \pi \cdot D^2 \cdot L \cdot \rho \cdot g,$$

де $K_b=1,2...1,4$ – коефіцієнт, що враховує вагу торцевих стінок, бандажів, зубчатого вінця та інших елементів барабана; $\rho=7700...7900$ кг/м³ – густина сталі; $g=9,81$ м/с² – прискорення сили тяжіння.

8. Визначити силу тяжіння оброблюваного матеріалу в камері барабана G_m , Н:

$$G_m = V \cdot \kappa \cdot \rho_m \cdot g,$$

де $\rho_m=1400...1600$ кг/м³ – густина матеріалу.

9. Визначити момент опору від тертя кочення бандажів барабана по роликах M_1 , Нм:

$$M_1 = \frac{(G_m + G_b) \cdot (D_b + D_p) \cdot K_1}{D_p \cdot \cos \gamma},$$

де $K_1=0,0008$ м – коефіцієнт тертя кочення (сталь по сталі), $\gamma=30^\circ$ – половина центрального кута установки роликів.

10. Визначити момент від тертя ковзання в цапфах опорних роликів M_2 , Нм:

$$M_2 = \frac{(G_m + G_b) \cdot D_b \cdot D_u \cdot K_2}{2 \cdot D_p \cdot \cos \gamma},$$

де $K_2=0,01 \dots 0,012$ – зведений коефіцієнт тертя ковзання в цапфах.

11. Визначити момент тертя ковзання матеріалу по поверхні камери M_3 , Нм:

$$M_3 = \frac{G_m \cdot D \cdot K_3}{2},$$

де $K_3=0,25$ – коефіцієнт тертя ковзання.

12. Визначити плече сили тяжіння матеріалу відносно осі камери b , м:

$$b \approx 0,16 \cdot D.$$

13. Визначити момент від горизонтального зміщення центра мас матеріалу в обертовій камері M_4 , Нм:

$$M_4 = G_m \cdot b.$$

14. Визначити потужність електродвигуна приводу обертання барабана $N_{дв}$, кВт:

$$N_{дв} = \frac{(M_1 + M_2 + M_3 + M_4) \cdot \pi \cdot n}{30000 \cdot \eta},$$

де $\eta=0,8 \dots 0,85$ – коефіцієнт корисної дії приводу.

15. Визначити питому енергоємність процесу гідратації вапна в гасильному барабані E , (кВт·год.)/м³:

$$E = \frac{N_{дв}}{\Pi}.$$

Зміст звіту про виконання практичної роботи 5

1. Номер та назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Основні текстові теоретичні відомості.
4. Розрахунок основних технологічних і конструктивних параметрів, потужності приводного двигуна обертання корпусу та питомої енергоємності процесу переміщення оброблюваного матеріалу в камері гасильного барабана періодичної дії за п.п. 1-15 із текстовими поясненнями.

Практична робота 6 **РОЗРАХУНОК ГІПСОВАРОЧНИХ КОТЛІВ**

Мета роботи: Вивчити робочий процес та розрахувати основні технологічні і конструктивні параметри, потужності приводних двигунів обертання шнека і мішалки та питому енергоємність процесу циркуляції випалюваного матеріалу в гіпсоварочному котлі безперервної дії.

Основні теоретичні відомості

Гіпсоварочні котли призначені для випалювання сировини шляхом дегідратації гіпсового каменю (рис. 6.1 та 6.2). Застосовуються для виробництва гіпсу звичайної якості. Котли є **апаратами відкритого типу** із атмосферним робочим тиском та температурою варіння 140...200 °С. Вони містять: зварний вертикальний циліндричний корпус зі сферичним днищем, обмурівок із вогнетривкої цегли із простором (каналом або сорочкою) між ним та корпусом, для циркуляції гарячих газів, та мішалку зі співвісним валом і лопатями для змішування та зішкребування гіпсу з поверхні днища. Корпуси **котлів періодичної дії** мають димогарні труби. Тривалість циклу варіння в таких котлах становить 1...2 год. Гіпсоварочні **котли безперервної дії** (рис. 6.3) мають підвищену продуктивність. Їх

обладнано співвісними двозахідними підйомними шнеками для інтенсивного перемішування гіпсу та порожнистими стаканами для циркуляції гарячих газів. Готовий зневоднений гіпс, що має меншу густину, видаляється самопливом через верхній обріз корпусу такого котла.

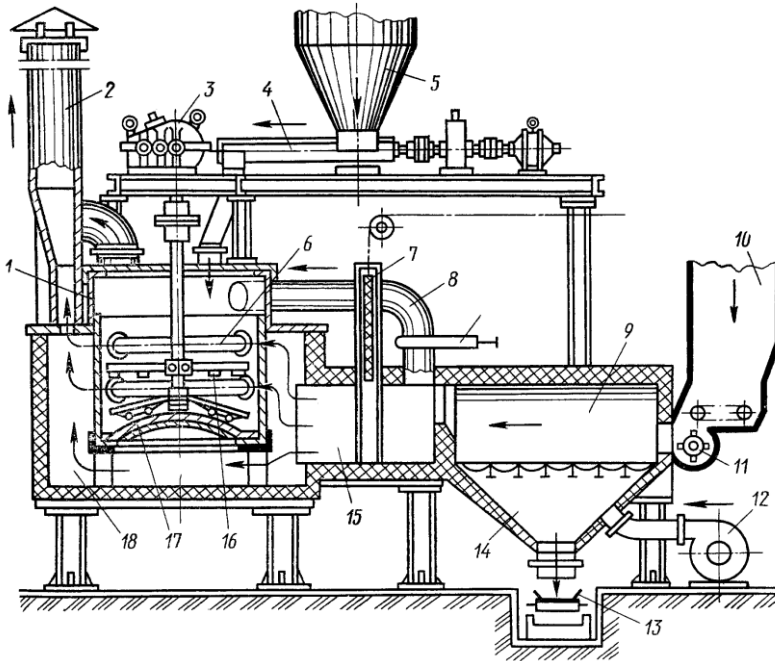


Рис. 6.1. Схема гіпсоварочного котла періодичної дії:
 1 – котел; 2 – димова труба; 3 – редуктор; 4 – гвинтовий живильник;
 5, 10 та 14 – бункери; 6 – жарова труба; 7 – шибер;
 8 – труба для рециркулята; 9 – топка; 11 – закидач палива;
 12 – вентилятор; 13 – стрічковий конвеєр;
 15 та 18 – димові канали; 16 – мішалка; 17 – днище.

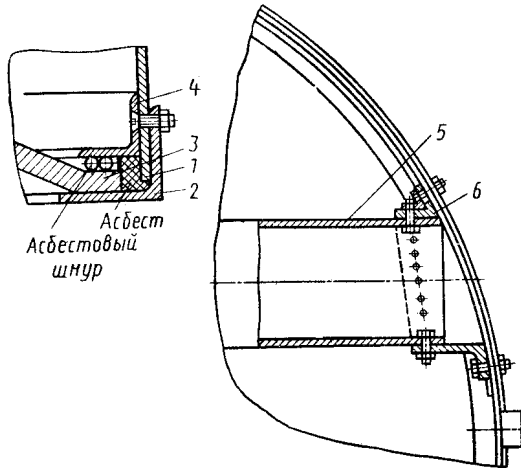


Рис. 6.2. Вузлы кріплення сферичного днища та димогарної труби до циліндричної стінки котла: 1 – стінка котла, 2 – опорний кутник, 3 – днище, 4 – затискний кутник, 5 – димогарна труба, 6 – фланець.

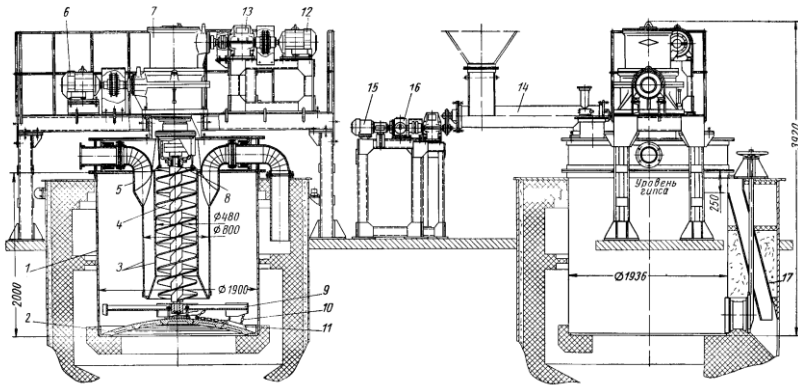


Рис. 6.3. Загальний вигляд гіпсоварочного котла безпервної дії: 1 – корпус, 2 – днище, 3 – стакан, 4 – шнек, 5 – топочні патрубки, 6 – електродвигун приводу обертання шнека, 7 – конічний редуктор, 8 – вал мішалки, 9 – лопать мішалки, 10 – ланцюги, 11 – косинець, 12 – електродвигун приводу обертання мішалки, 13 – циліндричний редуктор, 14 – гвинтовий живильник, 15 – електродвигун приводу руху живильника, 16 – ланцюговий варіатор, 17 – вивантажувальна напрямна воронка, 18 – рівень гіпсу в котлі.

Порядок виконання роботи

1. Вибрати за варіантом з табл. 6.1 вихідні дані роботи: діаметр котла D , висоту котла H , зовнішній діаметр лопатей шнека $D_{ш}$, висоту піднімання матеріалу шнеком $H_{ш}$, зовнішній діаметр труби (ступиці) шнека d , крок шнека h .

Таблиця 6.1

Варіанти вихідних даних до виконання практичної роботи 6

Варіант	D (м)	H (м)	$D_{ш}$ (м)	$H_{ш}$ (м)	d (м)	h (м)
1	2	3	4	5	6	7
1	1,9	2	0,48	1,55	0,14	0,15
2	1,95	2,05	0,49	1,59	0,143	0,154
3	2	2,1	0,5	1,63	0,146	0,158
4	2,05	2,15	0,51	1,67	0,149	0,162
5	2,1	2,2	0,52	1,71	0,152	0,166
6	2,15	2,25	0,53	1,75	0,155	0,17
7	2,2	2,3	0,54	1,79	0,158	0,174
8	2,25	2,35	0,55	1,84	0,162	0,178
9	2,3	2,4	0,56	1,88	0,166	0,182
10	2,35	2,45	0,57	1,92	0,17	0,186
11	2,4	2,5	0,58	1,96	0,174	0,19
12	2,45	2,55	0,59	2	0,178	0,194
13	2,5	2,6	0,605	2,04	0,182	0,198
14	2,55	2,65	0,62	2,08	0,186	0,202
15	2,6	2,7	0,635	2,12	0,19	0,206
16	2,65	2,76	0,65	2,16	0,194	0,21
17	2,7	2,82	0,665	2,2	0,198	0,214
18	2,75	2,88	0,68	2,24	0,202	0,218
19	2,8	2,94	0,695	2,28	0,206	0,222
20	2,85	3	0,71	2,32	0,21	0,226
21	2,9	3,06	0,725	2,36	0,214	0,23
22	2,95	3,12	0,74	2,4	0,218	0,234
23	3	3,18	0,755	2,44	0,222	0,238
24	3,05	3,24	0,77	2,48	0,226	0,242
25	3,1	3,3	0,785	2,52	0,23	0,246

1	2	3	4	5	6	7
26	3,16	3,36	0,8	2,57	0,234	0,25
27	3,22	3,42	0,815	2,62	0,238	0,255
28	3,28	3,48	0,83	2,67	0,242	0,26
29	3,34	3,54	0,845	2,72	0,246	0,265
30	3,4	3,6	0,86	2,77	0,25	0,27

2. Визначити об'єм робочої камери котла V , м³:

$$V = 0,776 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H.$$

3. Визначити продуктивність гіпсоварочного котла Π , т/год.:

$$\Pi = 1,25 \cdot V.$$

4. Визначити об'єм матеріалу, який заповнює один гвіток шнека V_2 , м³:

$$V_2 = \frac{\pi \cdot (D_{ш}^2 - d^2) \cdot h}{4}.$$

5. Визначити продуктивність вертикального шнека $\Pi_{ш}$, т/год:

$$\Pi_{ш} = \frac{60 \cdot V_2 \cdot \kappa \cdot n_{ш} \cdot \rho}{1000},$$

де $\kappa=0,65$ – ступінь фактичного заповнення, $n_{ш}=180$ об./хв. – частота обертання вала шнека, $\rho=1380$ кг/м³ – густина випалюваного матеріалу.

6. Визначити потужність, яка витрачається на піднімання матеріалу шнеком N_n , кВт:

$$N_n = \frac{\Pi_{ш} \cdot g \cdot H_{ш}}{3600},$$

де $g=9,81$ м/с² – прискорення сили тяжіння.

7. Визначити масу матеріалу в трубі шнека m , кг:

$$m = \frac{\pi \cdot (D_{ш}^2 - d^2) \cdot \kappa \cdot H_{ш} \cdot \rho}{4}.$$

8. Визначити кутову швидкість обертання шнека $\omega_{ш}$, 1/с:

$$\omega_{ш} = \frac{\pi \cdot n_{ш}}{30}.$$

9. Визначити середній радіус шнека R_c , м:

$$R_c = \frac{D_{ш} + d}{4}.$$

10. Визначити відцентрову силу, що притискає матеріал до внутрішньої поверхні труби при обертанні шнека F_{ϵ} , кН:

$$F_{\epsilon} = \frac{m \cdot \omega_{ш}^2 \cdot R_c}{1000}.$$

11. Визначити силу тертя, яка перешкоджає підніманню матеріалу в трубі F_m , кН:

$$F_m = F_{\epsilon} \cdot f,$$

де $f=0,25$ – коефіцієнт тертя матеріалу по поверхні.

12. Визначити потужність, необхідну для подолання тертя матеріалу по поверхні труби N_m , кВт:

$$N_m = \frac{F_m \cdot h \cdot n_{ш}}{60}.$$

13. Визначити кут підйому гвинтової лінії шнека α , град.:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{h}{\pi \cdot R_c}\right).$$

14. Визначити кут тертя φ , град.:

$$\varphi = \arctg(f).$$

15. Визначити коефіцієнт корисної дії шнека $\eta_{ш}$:

$$\eta_{ш} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}.$$

16. Визначити сумарну потужність на валу шнека $N_{ш}$, кВт:

$$N_{ш} = \frac{N_n + N_m}{\eta_{ш}}.$$

17. Визначити потужність електродвигуна приводу обертання шнека $N_{двш}$, кВт:

$$N_{\text{двм}} = \frac{N_{\text{ш}} \cdot K}{\eta_{\text{шм}}},$$

де $K=1,7$ – коефіцієнт запасу потужності, який враховує перевантаження двигуна в момент пуску; $\eta_{\text{шм}}=0,9$ – коефіцієнт корисної дії приводу шнека.

18. Визначити кутову швидкість обертання лопатевої мішалки $\omega_{\text{м}}$, 1/с:

$$\omega_{\text{м}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{м}}}{30},$$

де $n_{\text{м}}=20$ об./хв. – частота обертання вала мішалки.

19. Визначити довжину лопаті мішалки $R_{\text{л}}$, м:

$$R_{\text{л}} = 0,475 \cdot D.$$

20. Визначити відстань від центра тяжіння лопаті до осі обертання вала мішалки $R_{\text{ц}}$, м:

$$R_{\text{ц}} = 0,7 \cdot R_{\text{л}}.$$

21. Визначити площу однієї лопаті S , м²:

$$S = b \cdot R_{\text{л}}.$$

де $b=0,1$ м – ширина лопаті.

22. Визначити потужність, яка витрачається на подолання опору обертанню лопатевої мішалки $N_{\text{м}}$, кВт:

$$N_{\text{м}} = \frac{\pi \cdot c \cdot \rho \cdot z \cdot \omega_{\text{м}}^2 \cdot R_{\text{ц}}^2 \cdot S}{1000},$$

де $c=1,92$ – коефіцієнт опору лопаті із урахуванням неперпендикулярності підходу матеріалу до площини лопатей та збільшеного опору за рахунок ланцюгів на лопатях, $z=4$ – число лопатей.

23. Визначити потужність електродвигуна приводу обертання мішалки $N_{\text{двм}}$, кВт:

$$N_{\text{двм}} = \frac{N_{\text{м}}}{\eta_{\text{нм}}},$$

де $\eta_{\text{нм}}=0,8$ – коефіцієнт корисної дії приводу мішалки.

24. Визначити питому енергоємність процесу циркуляції випалюваного матеріалу в гіпсоварочному котлі безперервної дії E , (кВт·год.)/т:

$$E = \frac{N_{\text{двш}} + N_{\text{двм}}}{\Pi}$$

Зміст звіту про виконання практичної роботи 6

1. Номер та назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Основні текстові теоретичні відомості.
4. Розрахунок основних технологічних і конструктивних параметрів, потужностей приводних двигунів обертання шнека і мішалки та питомої енергоємності процесу циркуляції випалюваного матеріалу в гіпсоварочному котлі безперервної дії за п.п. 1-24 із текстовими поясненнями.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Назаренко І. І., Туманська О. В. Машини і устаткування підприємств будівельних матеріалів: Конструкції та основи експлуатації: Підручник. К.: Вища шк., 2004. 590 с.
2. Сівко В. Й., Поляченко В. А. Обладнання підприємств промисловості будівельних матеріалів і виробів: Підручник. К.: ТОВ «АВЕГА», 2004. 280 с.
3. Лоскутов Ю. А., Максимов В. М., Веселовский В. В. Механическое оборудование предприятий по производству вяжущих материалов: Учебник. М.: Машиностроение, 1986. 376 с.
4. Силенок С. Г., Гризак Ю. С., Лысенко В. Д., Нефедов Д. Е. Механическое оборудование для производства вяжущих строительных материалов. М.: Машиностроение, 1969. 389 с.