

Міністерство освіти і науки України

**Національний університет водного господарства та
природокористування**

**Кафедра будівельних, дорожніх, меліоративних,
сільськогосподарських машин і обладнання**

02-01-392

Методичні вказівки

для виконання практичних завдань з дисципліни
«Механічне обладнання підприємств будівельних матеріалів»
для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
всіх форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною
комісією зі спеціальності
«Галузеве машинобудування»
Протокол № 8
від 16 травня 2017 р.

Рівне - 2017

Методичні вказівки для виконання практичних завдань з дисципліни «Механічне обладнання підприємств будівельних матеріалів» для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» всіх форм навчання /Нікітін В.Г., Нечидюк А.А. – Рівне: НУВГП, 2017. – 24 с.

Упорядники: Нікітін В.Г., канд. техн. наук, доцент,
Нечидюк А.А., канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск: С.В. Кравець, д-р техн. наук, проф.,
завідувач кафедри будівельних, дорожніх,
меліоративних, сільськогосподарських
машин і обладнання.

Комп'ютерна верстка: Матюшина Т.В.

ЗМІСТ

Вступ	3
1. Визначення основних параметрів бігунів	3
2. Визначення основних параметрів вальців для вилучення каміння	7
3. Визначення основних параметрів дірчастих вальців	11
4. Визначення основних параметрів ножової глинорізки	16
5. Визначення основних параметрів дезінтегратора	19
Література	24

Вступ

У методичних вказівках розглянуто методики розрахунків обладнання, що використовується для виробництва керамічних виробів. Наведені довідкові дані – технічні характеристики основного обладнання.

Розрахункові вправи сприяють засвоєнню студентами лекційного матеріалу дисципліни «Механічне обладнання підприємств будівельних матеріалів» і набуттю навичок для виконання інженерних розрахунків. Також матеріал методичних вказівок можна студентам використати у курсовому та дипломному проектуванні.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1

Визначення основних параметрів бігунів

Мета роботи: 1. Вивчити конструкцію і принцип дії бігунів.

2. Вивчити методику визначення і практично визначити основні параметри бігунів.

Послідовність виконання роботи

1. Вивчити конструкцію і принцип дії бігунів.

2. Визначити продуктивність та необхідну потужність бігунів.

3. Побудувати графік залежності продуктивності бігунів від частоти обертання вертикального вала $Q=f(n)$.

Конструкція і принцип дії бігунів

У промисловості будівельних матеріалів бігуни застосовують для дрібного подрібнення таких матеріалів, як волога і суха глина, кварц, шамот, азбест і т.п. (кінцевий розмір зерен $(3...8)10^{-3}$ м). Бігуни складаються звичайно з двох котків, що спираються на чашу. У бігунів з обертовою чашею котки обертаються навколо своєї горизонтальної осі. Якщо чаша нерухома, то котки обкатуються по днищу, обертаючись навколо вертикального вала і горизонтальної осі.

Всі існуючі типи бігунів можуть бути класифіковані наступним чином.

За конструктивним виконанням розрізняють бігуни: з нерухомою й обертовою чашею; з верхнім і нижнім приводом.

У залежності від матеріалу, з якого виготовлені котки, бігуни розрізняють з металевими чи кам'яними котками.

За технологічним призначенням розрізняють бігуни для мокрого, сухого або напівсухого подрібнення і змішувальні бігуни. Вологість при цьому, відповідно для мокрого подрібнення перевищує 15...16%, а для сухого – не більше 10...11%.

За способом дії бігуни підрозділяють на машини неперервної і періодичної дії.

Бігуни мокрого подрібнення (рис. 1.1, а) з нерухомою чашею складаються з двох масивних котків 3 і 4, що встановлені на різній відстані від вертикального вала 1, щоб перекрити найбільшу площу днища чаші. Котки бігунів підвішені на кривошипках 2 і можуть підніматися при збільшенні шару маси або при влученні матеріалу, що не дробиться. Дно чаші 5 облицьовується плитами з отворами для того, щоб отвори не забивалися, їх роблять конічними з розширенням до низу.

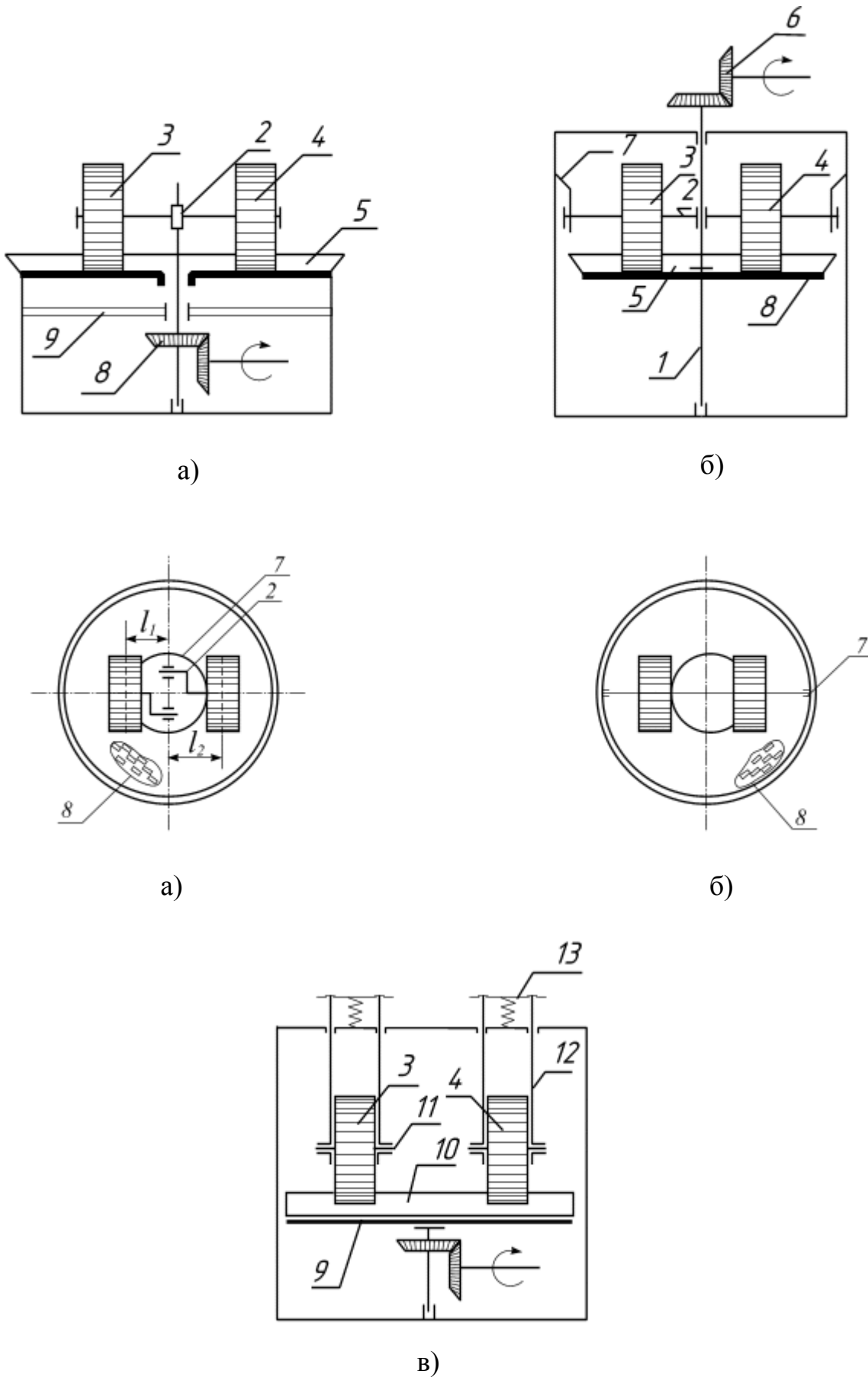


Рис. 1.1. кінематичні схеми бігунів:
 а) з нерухомою чашею; б) з обертовою чашею;
 в) з обертовою чашею і підвішеними котками

Отвори найчастіше виготовляють овальними з розмірами $(6...30 \text{ або } 12...40)10^{-3}$ м. Привод котків здійснюється від електродвигуна через редуктор і конічну зубчасту передачу 8.

Бігуни з обертовою чашею звичайно застосовують для подрібнення сухих і напів-всухих матеріалів. Вони складаються з двох котків 3,4 (див. рис. 1.1, б), закріплених на горизонтальній осі 2, яка при влученні матеріалу, що не дробиться, чи збільшення шару має можливість підніматися по направляючих 7.

На дні чаші 5, по периферії укладається кільцеве сито 8. Розмір отворів сита в залежності від ступеня подрібнювання коливається в межах $(2...8)10^{-3}$ м. Привод вертикального вала 1, із закріпленої на ньому рухомою чашею 5, здійснюється від двигуна і редуктора через конічну зубчасту пару 6.

Бігуни як сухого, так і мокрого подрібнення обладнані скребковими пристроями, що рівномірно подають матеріал під котки, очищають котки і чашу від налипання матеріалу і направляють подрібнений продукт (у бігунах сухого подрібнення) на сита.

Частота обертання котків при мокрому подрібненні обмежується відцентровими силами, що діють на котки, а при сухому подрібненні збільшення частоти обертання веде до того, що матеріал буде відкидатися до стінок чаші. Тому конструкції бігунів (рис. 1.1, а, б) не дозволяють збільшувати частоту обертання, що в свою чергу не дозволяє збільшувати продуктивність бігунів.

Цих недоліків позбавлена конструкція бігунів, представлена на рис. 1.1, в).

Чаша 9 бігунів має вид плоскої плити. Між чашею 9 і бортом 10 є зазор, величина якого регулюється. Подрібнений продукт, що має розмір менший ніж вказаний зазор під дією відцентрових сил викидається за межі чаші і збирається в приймальному бункері. Великі частки направляються скребками на повторне подрібнення. Котки 3 і 4 через осі 11 підвішені за допомогою тяг 12 і пружин 13 до рами. Котки підвішують так, щоб між ними і дном чаші утворився зазор 8...10 мм, з тим розрахунком, щоб при заповненні чаші матеріалом котки піднімалися, звільняючи пружини від навантаження.

Бігуни такої конструкції крім їхньої високої продуктивності відрізняє мала енергоємність процесу подрібнення.

Конструкція основних деталей бігунів. Котки бігунів складаються з маточини і бандажа. У процесі роботи бандаж зношується, тому в конструкції котка повинна бути передбачена можливість швидкої заміни бандажа. Маточину котка і бандаж відливають з чавуну, при цьому для зменшення зносу робочої поверхні бандажа її наплавляють твердими сплавами.

Ширина котка b знаходиться в наступному співвідношенні з діаметром котка D_k і діаметром чаші D_q (для бігунів мокрого подрібнення):

$$D_k = (3,25...3,5) \cdot b; \quad D_q = 5 \cdot b. \quad (1.1)$$

Діаметр чаші приймають по днищу.

Технічна характеристика бігунів

Показники	Тип, модель	
	СМ-365*	СМ-401М**
Продуктивність, т/год.	43	1
Розміри котка, мм:		
діаметр	1800	1100
ширина	800	300
Частота обертання вертикального вала, об/хв.	22,7	22,7
Маса котка, т	5,3	0,9
Сила тиску котка при роботі, кН	90	9...17,5
Встановлена потужність, кВт	75	17
Розміри овальних отворів, мм	16x50	
Габаритні розміри, мм		
довжина	6750	3580
ширина	3370	2753
висота	4250	2315
Маса, т	32,7	9,1
* для мокрого помелу; ** для сухого помелу		

Бігуни для сухого помелу СМ-401М призначені для безперервного помелу і просіву кускового матеріалу (доломіту, бариту і інших опіснювальних добавок) з граничною вологістю 8% і максимальною крупністю кусків 25 мм.

Методика розрахунку основних параметрів бігунів

Необхідною умовою нормальної роботи бігунів є виконання співвідношення між діаметром d шматка матеріалу, що надходить, і діаметром D_k котка бігунів:

$$D_k = (4,6...14) \cdot d, \text{ м} \quad (1.2)$$

$$\omega \leq \sqrt{fg / R_n}, \text{ с}^{-1}; \quad n \leq 0,5 \sqrt{f / R_n}, \text{ об/хв.}, \quad (1.3)$$

де ω – кутова швидкість, с^{-1} ; n – частота обертання, с^{-1} ; $f = 0,3...0,5$ – коефіцієнт тертя матеріалу об чашу; g – прискорення сили тяжіння, м/с^2 ; R_n – зовнішній радіус кочення котків, м.

Продуктивність бігунів мокрого подрібнення визначається з наступної залежності:

$$Q = 3600 \cdot n \cdot l \cdot m \cdot (a + b), \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (1.4)$$

де m – площа одного отвору в плиті, м^2 ; l – довжина глиняного прутка, що продавлюється крізь отвір у плиті при одному проході котка, м (для глини з вологістю 20...22% величину l варто приймати рівною $(20...25)10^{-3}$ м; a – число отворів, що перекриваються зовнішнім котком за один оберт вертикального вала; b – число отворів, що перекриваються внутрішнім котком за один оберт вертикального вала; n – частота обертання вертикального вала, с^{-1} .

Потужність двигуна приводу бігунів може бути визначена за формулою:

$$N_{\partial} = K_{\partial} \cdot (N_1 + N_2 + N_3 / \eta), \text{ Вт}, \quad (1.5)$$

де $K_{\partial} = 1,3$ – коефіцієнт динамічності; N_1 – потужність, що витрачається на перекочування котків по матеріалу, що подрібнюється, Вт; N_2 – потужність, що витрачається на подолання сил тертя ковзання котків по матеріалу, Вт; N_3 – потужність, що витрачається на подолання сил тертя скребків об чашу і матеріал, Вт; $\eta = 0,7...0,8$ – к.к.д. приводу бігунів.

$$N_1 = G \cdot \mu \cdot Z \cdot 2\pi \cdot R \cdot n, \text{ Вт}, \quad (1.6)$$

де G – сила натискання котків на дно чаші, Н; $\mu = 0,05...0,1$ – коефіцієнт тяги; Z – число котків; R – середній радіус кочення, м; n – частота обертання чаші або вертикального вала, с^{-1}

$$N_2 = 1,57 \cdot G \cdot f \cdot b \cdot n \cdot Z, \text{ Вт}, \quad (1.7)$$

де $f = 0,3...0,45$ – коефіцієнт тертя; b – ширина котка, м.

$$N_3 = P_1 \cdot i \cdot 2\pi \cdot R \cdot n \cdot f_1, \text{ Вт}, \quad (1.8)$$

де P_1 – сила натискання скребків на чашу, $P_1=1000$ Н; i – кількість скребків; $f_1=0,2$ – коефіцієнт тертя скребків об чашу.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2

Визначення основних параметрів вальців для вилучення каміння

Мета роботи: 1. Вивчити конструкцію і принцип дії вальців для вилучення каміння.
2. Вивчити методику визначення і практично визначити основні параметри вальців для вилучення каміння.

Послідовність виконання роботи

1. Вивчити конструкцію і принцип дії вальців для вилучення каміння.
2. Визначити продуктивність та потужність двигуна вальців для вилучення каміння.

Призначення і принцип дії вальців

Вальці відносяться до типу валкових дробарок і призначені для грубого помелу керамічних мас і вилучення з них кам'янистих включень та інших предметів, що не дробляться, розмірами 30...180 мм. Вони застосовуються на заводах, що виготовляють цеглу, черепицю й інші вироби будівельної кераміки з вихідними показниками глиняної сировини: вологістю 15...25%, температурою не меншою + 3⁰ С, вмістом каменів не більше 3%.

Вальці для вилучення каміння встановлюються в лініях після устаткування, що забезпечує вихід часток глини розміром 20...70 мм.

Для видалення із глини кам'яних включень з одночасним її подрібненням застосовують вальці з одним гладким і іншим або ребристим, або гвинтовим валками СМ-416А, СМ-160А, СМК-194, СМ-1198Б, СМК-342-01, СМК-342-02 і інші.

Вальці (рис. 2.1) складаються зі станини, гладкого і гвинтового валків, рами, натяжного пристрою і приводу.

Основним робочим органом вальців є валки, що обертаються назустріч один одному з різними швидкостями. Кожний валок складається з бандажа, встановленого на два диски-маточини. Обидва валки монтуються в станині, що представляє собою дві

вертикальні чавунні стійки, з'єднані між собою чотирма штангами. З внутрішньої сторони лівої стійки розташований лоток для підбору вилучених вальцями каменів. Лоток по діагоналі прикріплений до верхньої і нижньої штанг.

Для запобігання просипання глини з внутрішньої сторони кожної стійки передбачені щитки. Зверху на станині змонтована приймальна лійка, над якою встановлений розподілювач потоку глини. З боку виділення каменів у лійці підвішені дверцята, що, пропускаючи камені, перешкоджають просипанню в лоток глини.

Для запобігання аварії (у випадку влучення в них каменів великих розмірів) передбачені запобіжні містки, що встановлені в обох стійках з боку гвинтового валка.

Привод валків (рис. 2.1) здійснюється клинопасовою передачею від електродвигуна. Масу, що надходить у приймальну лійку, затягують валки, дроблять і розтирають внаслідок різних колових швидкостей валків. Камені, вдаряючись об тихохідний валок, відскакують від нього і попадають у лоток, що їх відводить.

Для забезпечення безпечної роботи обертові частини вальців обгороджують, електродвигун заземлюють.

Таблиця 2.1

Технічні характеристики вальців для вилучення каміння

Показники	Тип, модель			
	СМ-1198А	СМК-342	СМК-342-02	СМК-194*
Продуктивність, м ³ /год.	30	25	35	35
Розміри валків, мм				
діаметр (гладкого/ребристого)	1000/600	1000/560	1000/560	750
довжина	700	800	800	800
Частота обертання валків, с ⁻¹				
гладкого	0,9	1,6	1,6	1
ребристого	7,3	9,07	9,07	3,17
Зазор між валками, мм				
по виступах	2	2...4	2...4	2...4
по впадинах	10	27...29	27...29	-
Найбільший розмір каміння, що видалається, мм	60	100	60	100
Потужність електродвигуна, кВт	43	75	55	55
Габаритні розміри, мм				
довжина	3185	5060	5060	2900
ширина	2805	2906	2906	3000
висота	1325	3240	3240	150
Маса (без електродвигуна, очисного пристрою і комплектуючих), т	5	11,1	11,1	7,1
*З гвинтовим і гладкими валками				

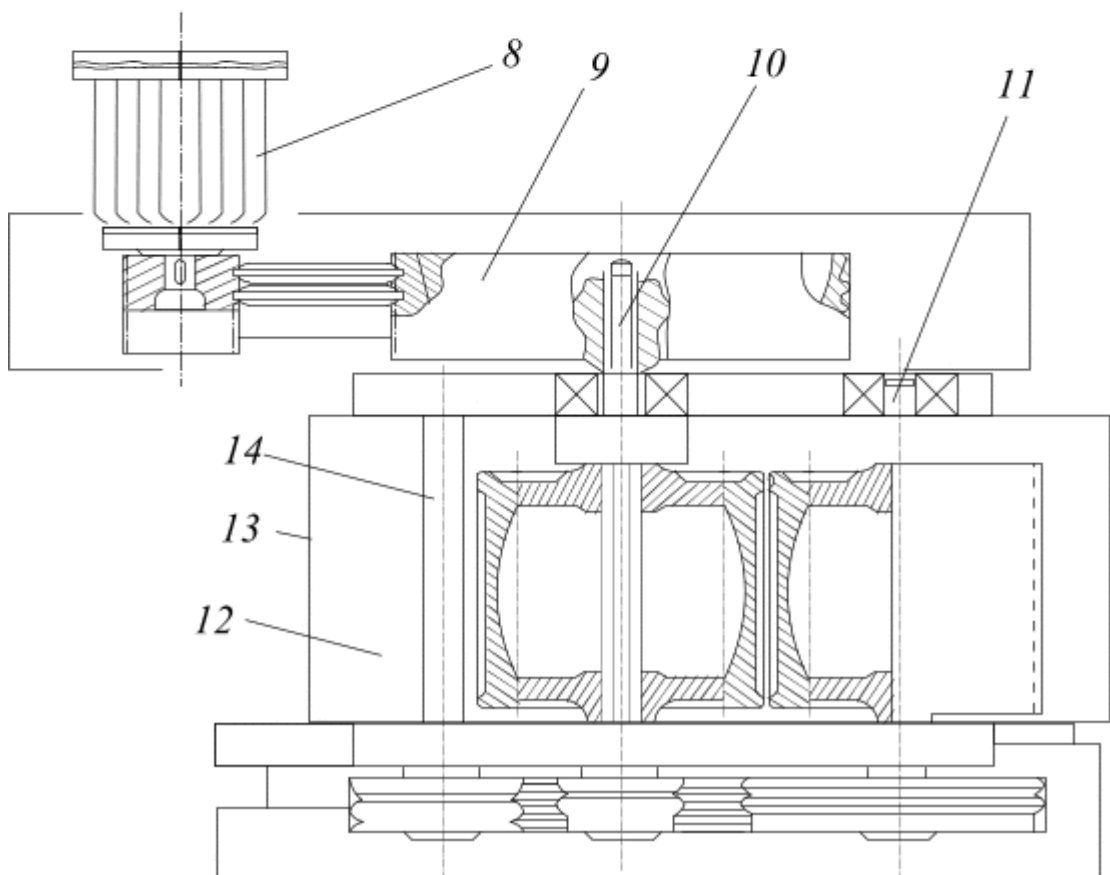
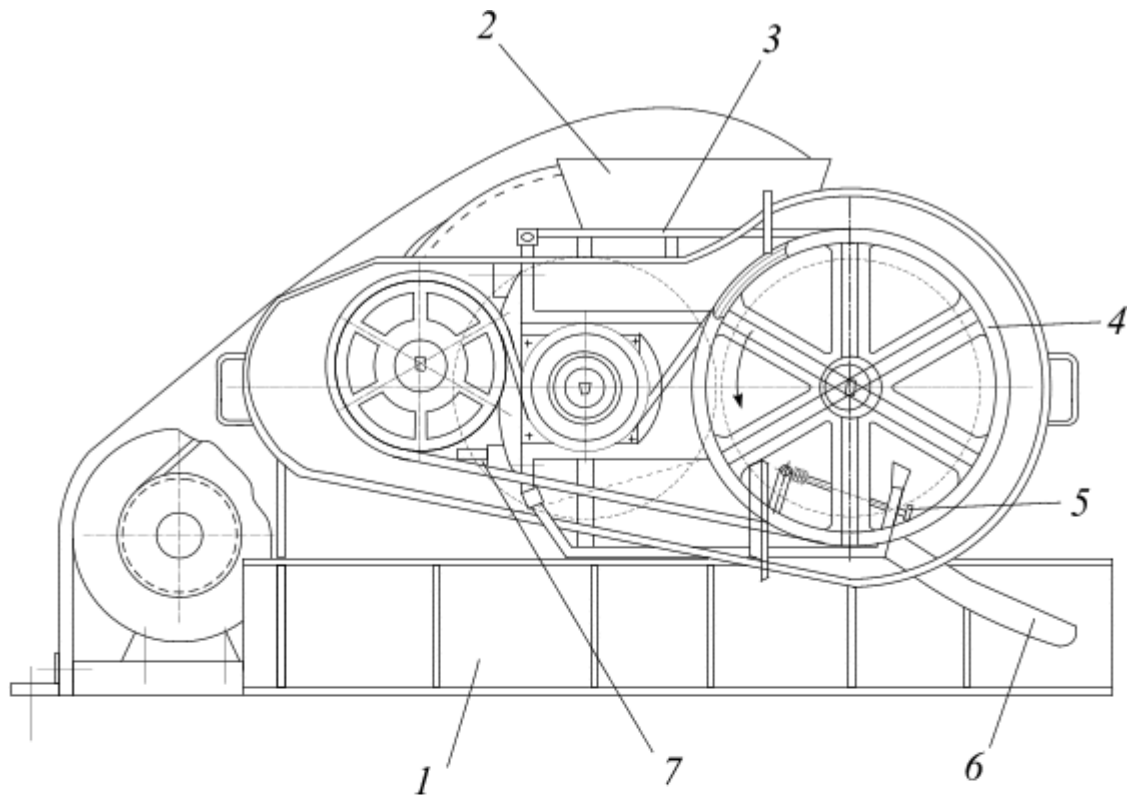


Рис. 2.1. Загальний вигляд вальців:

1 – рама; 2 – прийомна лійка; 3 – станина; 4 – огороження гвинтового валка; 5

– тяга; 6 – лоток для відводу каміння; 7 – штанга; 8 – привод; 9 – огородження; 10 – вал гладкого валка; 12 – боковина; 13 – огородження гладкого валка

Методика розрахунку основних параметрів

1. Кут захвату:

$$\alpha = 2 \cdot \operatorname{arctg} f \quad \text{або} \quad \alpha = 2\varphi, \quad (2.1)$$

де α – кут захвату, град; $f = 0,45$ – коефіцієнт тертя матеріалу об валок; для глинистих порід природної вологості; φ – кут тертя матеріалу.

Для надійного захвату шматків матеріалу вальцями для вилучення каміння використовують практичний кут захвату α_{np} , рівний $48^{\circ}40'$.

2. Співвідношення діаметрів валків і шматків, що подрібнюються, визначають за формулою:

$$D/d = (\cos(\alpha_{np} / 2) + 1/i) / (1 - \cos(\alpha_{np} / 2)), \quad (2.2)$$

де D – діаметр валка, м; d – діаметр частинок, що виходять після подрібнення, м; i – ступінь подрібнення.

3. Продуктивність вальців, ($\text{м}^3/\text{год}$)

$$P = 3600 \cdot l \cdot d_1 \cdot V \cdot k, \quad (2.3)$$

де l – довжина валків, м (рис. 3.1); d_1 – ширина зазору між валками, м; V – швидкість руху стрічки матеріалу, м/с; k – коефіцієнт, що враховує розпушеність матеріалу, ступінь використання довжини валків і нерівномірність подачі матеріалу. Для глини $k = 0,4 \dots 0,6$.

$$V = \pi \cdot D \cdot n, \quad (2.4)$$

де n – середня частота обертання валків, с^{-1} .

$$n = (n_1 + n_2) / 2, \quad (2.5)$$

де n_1, n_2 – частота обертання гладкого і гвинтового валка.

4. Потужність двигуна валків для вилучення каміння визначають за емпіричною формулою В.П. Ромадина:

$$N = 0,1 \cdot i \cdot P, \quad (2.6)$$

де N – потужність двигуна, кВт; i – ступінь подрібнення; P – продуктивність вальців, т/год.

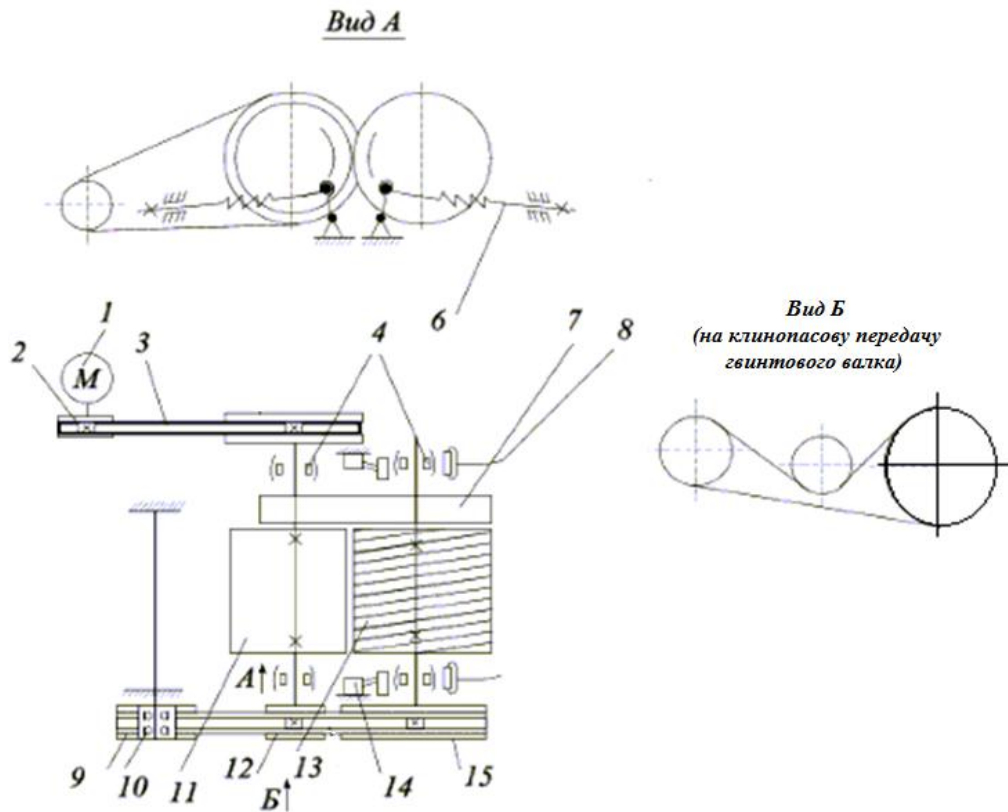


Рис. 2.2. Кінематична схема вальців:

1 – привод; 2 – шків; 3 – клинові паси; 5 – шків гладкого валка; 4, 10 – підшипники; 6 – скребки; 7 – лоток для відведення каміння; 8 – запобіжний пристрій; 9 – шків; 11 – гладкий валок; 12 – шків; 13 – гвинтовий валок; 14 – кінцевий шляховий вимикач; 15 – шків гвинтового валка

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3

Визначення основних параметрів дірчастих вальців

Мета роботи: 1. Вивчити конструкцію і принцип дії дірчастих вальців, а також методику визначення їх основних параметрів.

Послідовність виконання роботи

1. Вивчити конструкцію і принцип дії дірчастих вальців.
2. Визначити продуктивність, тиск формування гранул та потужність двигуна дірчастих вальців.

Будова і принцип дії дірчастих вальців

Дірчасті вальці використовуються у виробництві керамзитового гравію, для вторинного подрібнення вологої глини і формування з неї сировинних гранул. Дірчасті вальці в порівнянні з пресовим устаткуванням (напівсухий спосіб пресування) характеризуються меншою питомою витратою енергії, значно більшою продуктивністю, віднесеною до маси устаткування.

На рис. 3.1 представлена кінематична схема дірчастих вальців, яка складається з

електродвигуна 1, клинопасової 2 і зубчастої 3 передач, редуктора 4, карданних валів 5, приймального бункера 6 і вальців 7.

Попередньо подрібнена на валковій дробарці для вилучення каміння глина надходить через приймальний бункер 6 на дірчасті вальці 7, де глиняна маса продавлюється через отвори всередину вальців. Для видалення сформованих гранул з вальців внутрішня частина вальців виконана у вигляді усічених конусів, що розширюються до відкритих торцевих поверхонь. Використання карданної передачі 5 дозволяє змінювати відстань між вальцями у випадку зносу їхньої робочої поверхні або потрапляння в зону формування неподрібнюваних матеріалів. Одна з пар підшипників вальців має амортизаційні вузли, що запобігають ушкодженню механізму.

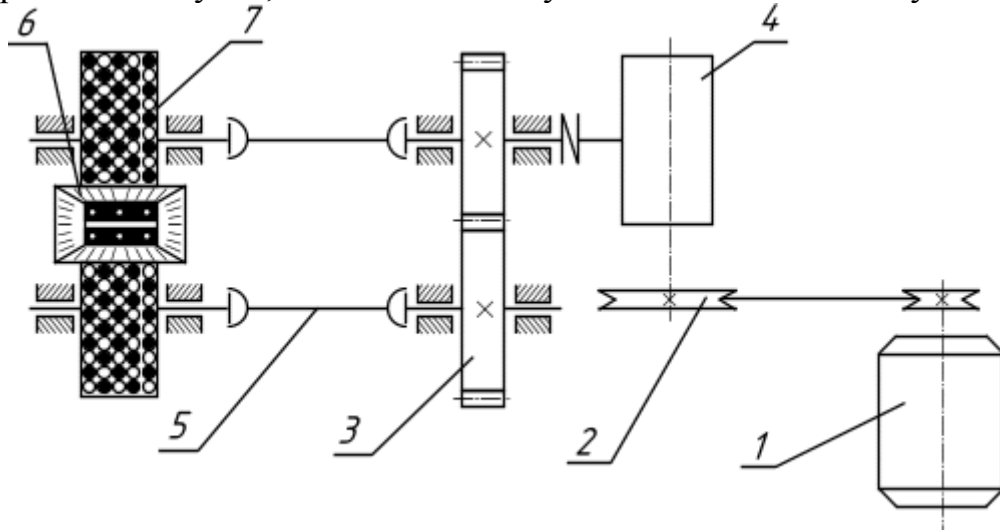


Рис. 3.1. Кінематична схема дірчастих вальців

Методика розрахунку основних параметрів дірчастих вальців

1. *Визначення коефіцієнта використання поверхні вальців і їхнього кута захвату.*

Вибір форми сировинних гранул (циліндричної, призматичної і т.д.) обумовлений не тільки технологічними факторами (чим ближче коефіцієнт форми гранул до одиниці, тим в більшій мірі глина спучується при обпалюванні), але і необхідністю максимального використання циліндричної поверхні вальців, що визначає найбільшу їхню продуктивність і найменшу витрату потужності при формуванні. Найбільший живий перетин поверхні вальців досягається при шаховому розташуванні отворів. Проекції розгорнутих поверхонь на одну площину (у випадку використання циліндричних отворів) дають сітку кіл, дотичних одне до одного. Елементарна комірка даної сітки складається з чотирьох кіл з центрами у вершинах квадрата, сторона якого дорівнює діаметрові кола d (рис. 3.2).

У елементарній комірці два кола (заштриховані) знаходяться на поверхні одного вальця, два інших на поверхні іншого вальця.

Коефіцієнт використання поверхні вальців визначається за формулою:

$$K_{\text{вик}} = S_{\text{отв}} / S_{\text{яч}} = \pi d^2 / 4d^2 = 0,785, \quad (3.1)$$

де $S_{\text{отв}}$ – площа отворів в елементарній комірці, м²; $S_{\text{яч}}$ – площа елементарної комірки, м².

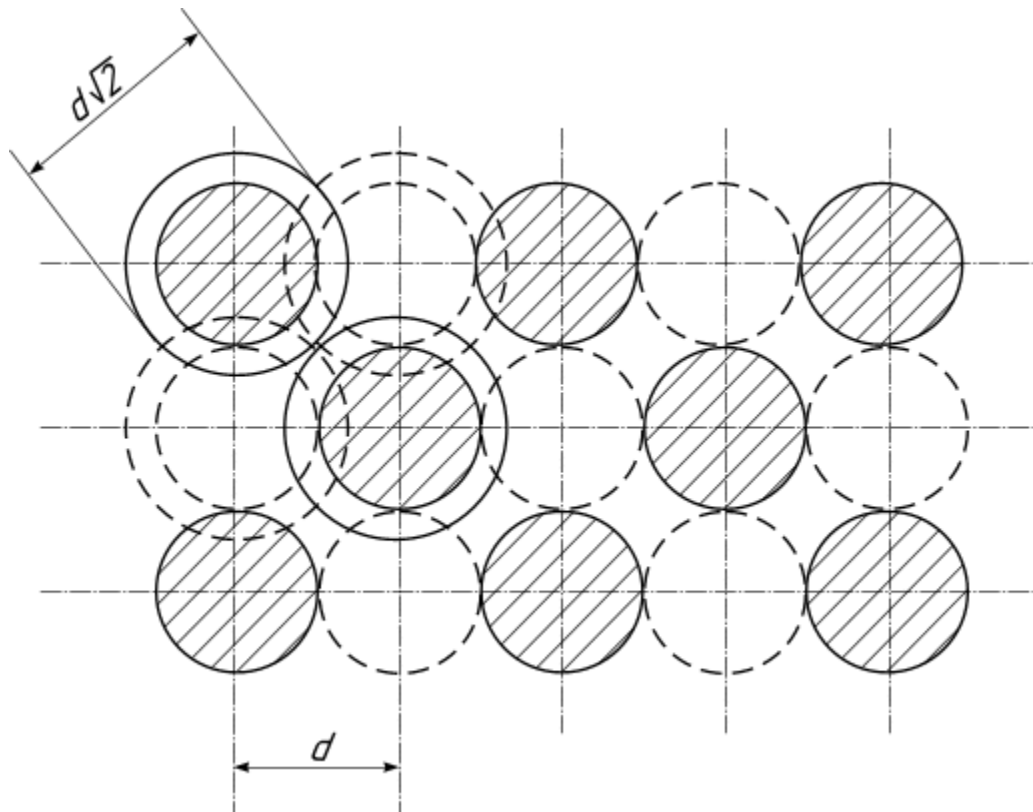


Рис. 3.2. Проекції отворів на поверхні вальців

Коефіцієнт використання поверхні одного вальця.

$$K'_{\text{вик}} = K_{\text{вик}} / 2 = 0,392, \quad (3.2)$$

Таблиця 3.1

Технічні характеристики дірчастих вальців

Показники	Тип, модель		
	СМ-369А	СМ-927	СМК-371
Продуктивність, т/год.	65	75	100
Розміри валків, мм			
діаметр	1000	1012	2000
довжина	640	640	1000
Частота обертання валків, хв. ⁻¹	21 (30)	25 (30)	16,5
Потужність елект- родвигуна, кВт	40	40	121,1
Габаритні розміри, мм			
довжина	2600	3305	7420
ширина	3500	3360	3420
висота	1200	1318	3380
Маса, т	6,23	6,3	35

Більш щільне упакування отворів можливе в елементарній комірці рівносторон-

нього трикутника зі стороною $2d$, у вершинах якого розташовані отвори діаметром d . Однак розподілити таку сітку на двох поверхнях вальців без торкання отворів практично неможливо. Зменшення неробочої поверхні вальців, що покращує процес формування гранул, може бути досягнуте при зовнішній і внутрішній поверхні вальців $d\sqrt{2}$ і d (рис. 3.2).

Необхідною умовою нормальної роботи дірчастих вальців є забезпечення втягування матеріалу, що формується в міжвалковий простір, яка досягається, коли сума сил, що виштовхують матеріал, не перевищує суму сил, що втягують матеріал (рис. 3.3.), тобто коли кут захвату не перевищує подвійного кута тертя $\alpha \leq 2\varphi$. При цьому вважається, що

$$\operatorname{tg}\varphi = (f_1 + f) / 2, \quad (3.3)$$

де $f_1 = 0,7$ – коефіцієнт тертя глини об глину; $f = 0,3$ – коефіцієнт тертя глини об метал.

2. Визначення продуктивності дірчастих вальців.

Продуктивність дірчастих вальців може бути визначена за формулою:

$$Q = m \cdot Z \cdot n, \quad \text{кг/с}, \quad (3.4)$$

де m – маса однієї гранули, кг; Z – кількість отворів на поверхні вальців; n – частота обертання вальців, с^{-1} .

Маса однієї гранули:

$$m = (\pi \cdot d^2 / 4) l \cdot \gamma, \quad \text{кг}, \quad (3.5)$$

де d – діаметр джгута (гранули), дорівнює діаметру отворів на поверхні вальців, м (у випадку використання конусних отворів діаметр джгута дорівнює діаметру отвору на внутрішній поверхні вальців); l – довжина джгута, м; γ – об'ємна маса матеріалу, кг/м^3 .

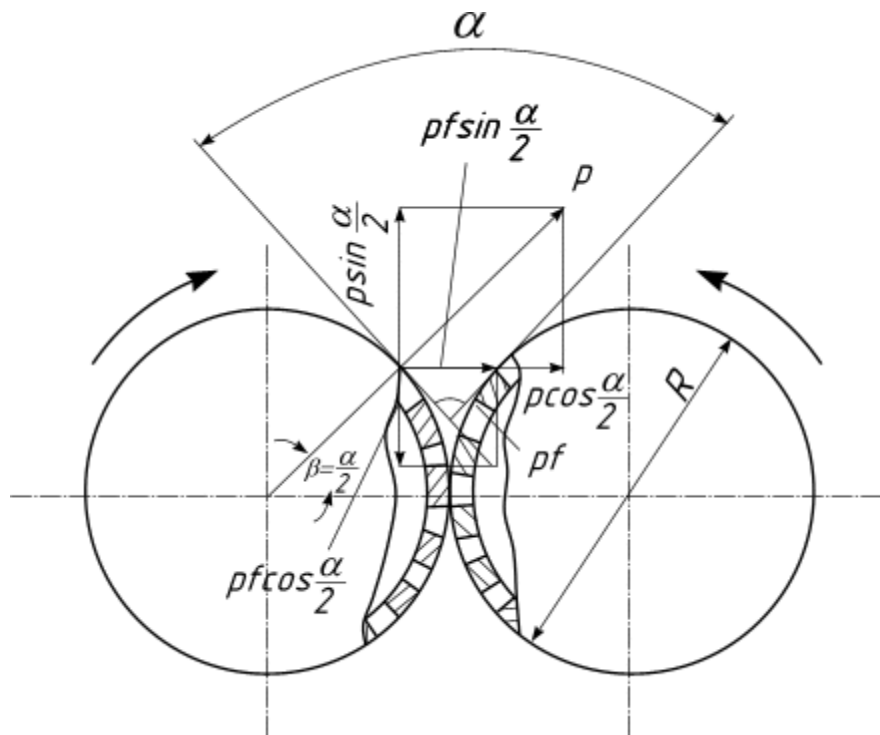


Рис. 3.3. Схема розподілу сил

Кількість отворів на поверхні вальців:

$$Z = (4B \cdot D \cdot K_{\text{вик}}) / d^2, \quad (3.6)$$

де B – робоча ширина вальців, м; D – діаметр вальців, м; $K_{\text{вик}}$ – коефіцієнт використання поверхні вальців.

При виборі довжини джгута доцільно користуватися наступною умовою: для циліндричних отворів товщина стінки вальців h повинна дорівнювати l , для конічних – h_k менше l на величину, рівну відношенню об'єму усіченого конуса до об'єму циліндра, діаметр якого дорівнює діаметру меншої основи конуса (при рівних висотах);

$$h_k = l(V_U / V_K), \text{ м.} \quad (3.7)$$

Якщо зовнішній діаметр конуса дорівнює $d\sqrt{2}$, а внутрішній – d , то

$$h_k = l \cdot \left(\frac{d^2/4 \cdot l}{d^2 \cdot l \cdot \left(\frac{+\sqrt{2}}{2} \right)^2} \right) / \left(\frac{+\sqrt{2}}{2} \right) l = 0,682 \cdot l. \quad (3.8)$$

У реальних умовах для отримання заданої довжини джгута доцільно використовувати ніж (струну), що відокремлює матеріал від внутрішньої поверхні вальців.

3. Визначення тиску формування гранул.

Тиск формування гранул визначається за формулою:

$$P_{cp} = \sigma \cdot F \cdot K = \sigma \cdot R \cdot \beta \cdot K, \text{ Па,} \quad (3.9)$$

де σ – межа міцності при стиску, що залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу (консистенцій, вологості, мінералогічного складу і т.д.), для глин вологістю 15...17% $\sigma = (7...8)10^5$ Н/м²; F – площа контакту вальця з матеріалом, м²; $K = 0,4...0,6$ – коефіцієнт розпушення матеріалу; R – радіус вальців, м; β – кут стиснення матеріалу у вальцях, рад ($1^\circ = (\pi/180)$ рад = 0,017 рад).

4. Визначення потужності привода вальців.

Сумарна потужність привода:

$$N_\Sigma = N_1 + N_2 + N_3, \text{ Вт,} \quad (3.10)$$

де N_1 – потужність, що витрачена на формування гранул, Вт; N_2 – потужність, що витрачена на подолання тертя матеріалу об вальці, Вт; N_3 – потужність, що витрачена на тертя в підшипниках вальців, Вт.

Потужність, що витрачена на формування гранул:

$$N_1 = K_m \cdot A \cdot n, \text{ Вт,} \quad (3.11)$$

де K_m – конструктивний коефіцієнт потужності, $K_m \approx 21$; A – робота, витрачена на формування гранул, Дж;

$$A = P_{cp} \cdot S, \text{ Дж,} \quad (3.12)$$

де S – шлях, що проходить точка прикладання сил натискання вальців на матеріал:

$$S = D \left(1 - \cos \beta/2 \right), \text{ м.} \quad (3.13)$$

Потужність, витрачена на подолання тертя матеріалу об вальці:

$$N_2 = f \cdot N_1, \text{ Вт.} \quad (3.14)$$

Потужність, витрачена на тертя в підшипниках вальців:

$$N_3 = 2\pi \cdot d' \cdot f' \cdot G_p \cdot n, \text{ Вт,} \quad (3.15)$$

де d' – діаметр цапф вальців, м; $f' = 0,001$ – приведений до вала коефіцієнт тертя; G_p – результуюча сила ваги вальця (G_g) і тиск формування (P_{cp});

$$G_p = \sqrt{G_e^2 + P_{cp}^2}, \quad (3.16)$$

$$G_e = m \cdot g, \quad (3.17)$$

де m – маса вальця, кг; $g = 9,81$ м/с² – прискорення сили тяжіння.

Потужність двигуна вальців:

$$N_{дв} = N/\eta, \text{ Вт}, \quad (3.18)$$

де $\eta = \eta_{кл}\eta_{чр}\eta_{зн}\eta_{нк}A\eta_{кп}$; $\eta_{кл} = 0,96$ – к.к.д. клинопасової передачі; $\eta_{чр} = 0,78$ – к.к.д. черв'ячного редуктора; $\eta_{зн} = 0,94$ – к.к.д. зубчастої пари; $\eta_{нк} = 0,98$ – к.к.д. підшипників ковзання; $\eta_{кп} = 0,85$ – к.к.д. карданної передачі.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4

Визначення основних параметрів ножової глинорізки (стругача)

Мета роботи: 1. Вивчити конструкцію і принцип дії ножової глинорізки (стругача), а також методику визначення основних параметрів.

Послідовність виконання роботи

1. Вивчити конструкцію і принцип дії ножової глинорізки.
2. Визначити продуктивність та потужність двигуна ножової глинорізки.

Призначення, будова і принцип дії ножової глинорізки

Стругачі, або так звані ножові глинорізки, застосовують для попереднього подрібнення сухих, вологих і мерзлих глин, що не містять твердих включень, перед надходженням їх у валкову дробарку або бігуни. Вони призначені для отримання глиняної стружки шириною 50 мм і товщиною 1...5 мм. Використовують їх також як живильники.

Диск стругача 6, із закріпленими на ньому під кутом 30° у радіальних прорізах ножами 7, може бути розташований горизонтально або вертикально (рис. 4.1). Він вільно обертається на осі 3, нерухомо закріпленій у станині 2. Насаджений на верхню частину осі упорний підшипник 12 знаходиться в голівці 11, за допомогою якої диск 6 спирається на вісь. Знизу до диска 6 болтами прикріплений другий диск із великою конічною шестернею 1.

Ця шестерня знаходиться в зачепленні із шестернею 4, насадженою на горизонтальний приводний вал 5.

Глина надходить у стругач зверху і конусом 10 направляється до ножів диска, що ріжуть. Стружка глини утворюється під час обертання диска, глина при цьому повинна затримуватися нерухомими радіально розташованими ребрами 8, закріпленими на верхньому кожусі 9.

Глиняна стружка, що утворилася, провалюється через отвір у диску 6, надходить на нижній диск великої конічної шестерні 1 і видаляється через виріз у нижній частині кожуха, перед яким встановлений скребок 14, що направляє стружку глини до вихідного отвору. Товщину стружки регулюють висуванням ножів.

Продуктивність стругача залежить від діаметра диска, що ріже, числа ножів і величини їх виступаючої частини, що ріже, (вона визначає товщину стружки), частоти обертання диска, а також від пластичності, ступеню мерзлості і вологості глини (див. табл. 4.1).

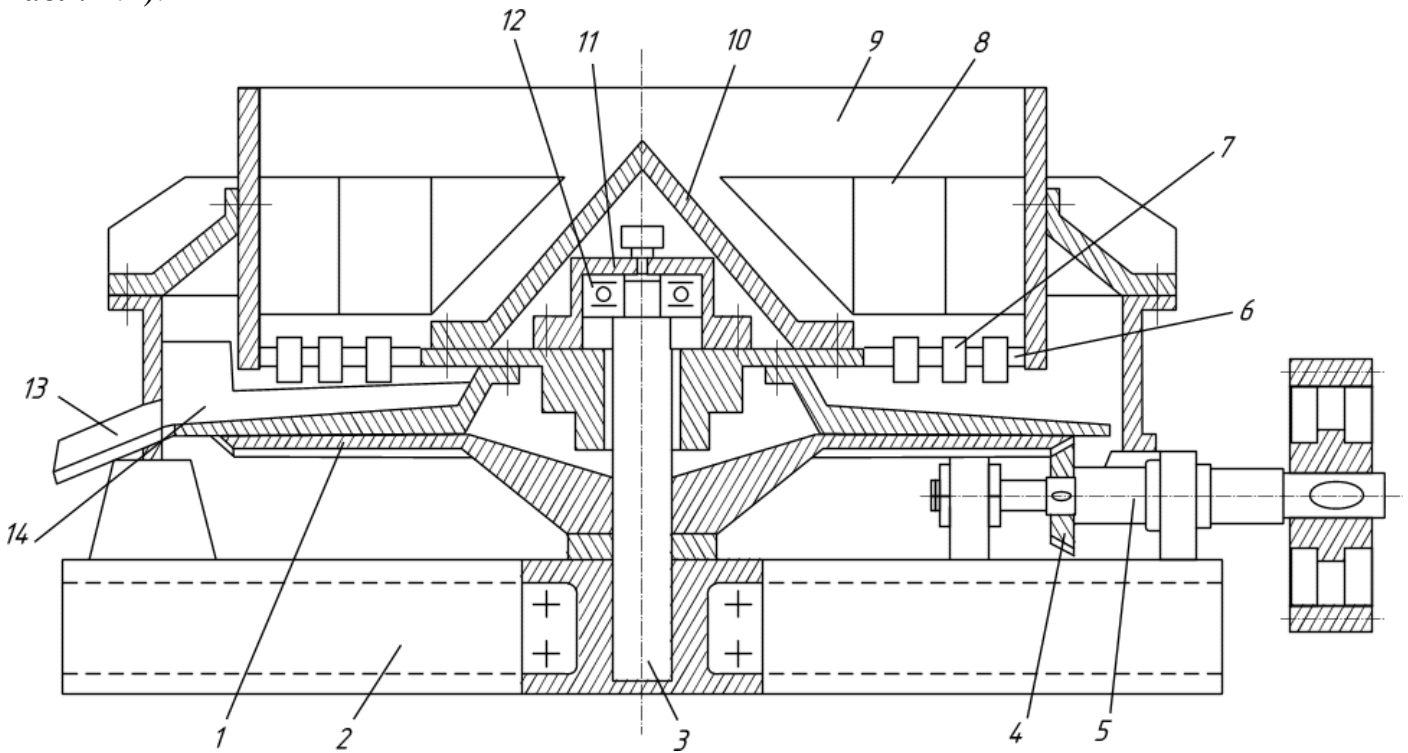


Рис. 4.1. Загальний вигляд глинорізки (стругача):

1 – велика конічна шестерня; 2 – станина; 3 – вісь; 4 – конічна шестерня; 5 – приводний вал; 6 – диск стругача; 7 – ніж; 8 – ребра; 9 – верхній кожух; 10 – направляючий конус; 11 – голівка; 12 – підшипник; 13 – лоток; 14 – скребок

Таблиця 4.1

Технічна характеристика стругачів

Параметри	Розташування диска, що ріже		
	горизонтальне	горизонтальне	вертикальне
Діаметр диска, що ріже, мм	2100	1500	1100
Частота обертання диска, с ⁻¹	0,2	0,5	0,66
Загальна кількість ножів, шт.	36	36	16
Ширина ножа, мм	70	70	50...65
Нижній діаметр і висота завантажувальної лійки, мм	2000...640	1400...600	-
Продуктивність, м ³ /год	12	7	1,5
Потужність привода, кВт	14,5	10,3	1,5...2,2

Методика розрахунку основних параметрів

1. Продуктивність.

Продуктивність ножової глинорізки складається із загальної кількості матеріалу, що зрізується ножами за одиницю часу. Так як за один оберт диска кожний ніж, в ідеальному випадку, зрізає стружку шириною, рівною ширині ножа, довжиною – рівною довжині кола, що проходять ножі, і товщиною – рівною величині виступаючої над диском крайки, то:

$$Q = 1/60\pi \cdot D_{cp} \cdot b \cdot k \cdot n \cdot h \cdot m \cdot \gamma, \quad (4.1)$$

де Q – продуктивність, кг/с; D_{cp} – середній діаметр кола, що описується ножем, м; b – ширина ножа, м; k – кількість ножів; n – частота обертання диска, c^{-1} ; $h=0,002...0,006$ – товщина стружки (висота виступаючої крайки ножа), м; $m=0,6...0,8$ – коефіцієнт, що враховує ефективність роботи ножів. Він залежить від розмірів шматків глини, її міцності і провертання шматків разом з диском; $\gamma=1500...1600$ кг/м³ – щільність матеріалу.

2. Зусилля різання.

Зусилля, необхідне для різання шматка глини на стружку, варто приймати для найбільш важкої роботи (при мерзлій глині), з урахуванням сили тертя матеріалу об диск машини. Тоді загальне зусилля:

$$P_o = P_p + P_{mp}, \quad (4.2)$$

де P_p – зусилля, необхідне на розрізування глини, Н; P_{mp} – зусилля, необхідне для подолання сил тертя матеріалу об диск, Н;

$$P_p = k \cdot b \cdot h \cdot \sigma \cdot m, \quad (4.3)$$

де b – ширина ножа, м; h – товщина стружки, м; $\sigma=(6...20)10^5$ – зусилля різання для мерзлої глини, Н/м²;

$$P_{mp} = G \cdot f, \quad (4.4)$$

де G – вага матеріалу, що знаходиться на диску, Н; $f = 0,2...0,3$ – коефіцієнт тертя глини об сталь.

3. Потужність двигуна.

Визначивши зусилля, необхідне для забезпечення різання матеріалу і подолання сил тертя, розраховують потужність двигуна машини, Вт:

$$N_{дв} = P_o \cdot v_{cp} / \eta, \quad (4.5)$$

де P_o – загальне зусилля різання, Н; v_{cp} – швидкість руху ножа по середньому радіусу, м/с.

Отримані значення продуктивності і потужності ножової глинорізки порівнюють з технічними даними стандартної машини.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5

Визначення основних параметрів дезінтеграторів

Мета роботи: 1. Вивчити конструкцію і принцип дії дезінтеграторів, а також методику визначення основних параметрів.

Послідовність виконання роботи

1. Вивчити конструкцію і принцип дії дезінтеграторів.
2. Визначити продуктивність та потужність двигуна дезінтегратора.

Опис конструкції і принципу дії дезінтегратора

Дезінтегратор (кошиковий млин) застосовується для подрібнення дрібнокускових матеріалів міцністю по шкалі Мооса до 4 одиниць: сухої глини, крейди, грудкового вапни, вапняку, вугілля й інших м'яких порід вологістю $W=8...12\%$.

Дезінтегратор представляє собою два диски 3, які обертаються у протилежних напрямках, з декількома (4...6) рядами жорстко закріплених ударних елементів (бил) 9. Ряди бил одного диску розташовуються між рядами бил іншого диску. Матеріал у камері подрібнюється за рахунок удару била по частці, що вільно летить. Дезінтегратори можуть мати горизонтально або вертикально встановлені приводні вали.

Дезінтегратор складається зі станини 1, двох валів 2 з насадженими на них дисками 3, шківів 4, що обертаються окремими двигунами 5 назустріч один одному, корпусу 6 і завантажувальної лійки 7 (рис. 5.1).

У залежності від розташування валів матеріал, що розмелюється, надходить у центр дезінтегратора через щілину або верхній пустотілий приводний вал 2. Кінці консольних рядів бил для більшої міцності конструкції з'єднуються між собою кільцями 8. Форма поперечного перерізу ударних елементів може бути різною: круглою, квадратною, шестигранною, у вигляді прямокутника і т.п. Найбільш перспективною є прямокутна форма поперечного перерізу бил, що дає можливість керувати траєкторією польоту часток матеріалу від ряду до ряду шляхом повороту ударних елементів у кожному ряді на визначений кут відносно радіуса. Оптимальним кутом атаки є кут $60...70^\circ$.

Процес подрібнення здійснюється у такий спосіб. Матеріал надходить у камеру помелу 6, де під впливом відцентрової сили вдаряється об била 9 і отримує відповідну цьому ряду швидкість.

Шматки матеріалу руйнуються і під дією тангенціальної складової сили удару і відцентровою силою відкидаються на наступний ряд бил, що обертаються в протилежному напрямку (рис. 5.2). Отримуючи удари від бил другого ряду, частки матеріалу відскакують від нього, змінюючи вектор швидкості і викидаються з траєкторії другого ряду бил далі, перетинаючи траєкторію третього ряду.

Такий змінно-протилежний рух частинок і їх подрібнення триває до тих пір, доки частинки не будуть викинуті з камери помелу дезінтегратора. При зменшенні частинок зростає лінійна швидкість ударних елементів.

Конструкція дезінтегратора має таке розташування бил в кожному ряду, що час-

тинки теоретично не можуть проскочити через наступний ряд, не вдарившись з яким-небудь билом цього ряду. Ступінь подрібнення часток в дезінтеграторах залежить від розмірів роторів, від їхньої частоти обертання, від кількості рядів бил і кількості бил в ряду, від конфігурації ударних елементів, і складає від 50 до 150. Частота обертання ротора дезінтегратора складає 1000...3000 об/хв. Рецикл матеріалу в дезінтеграторі практично відсутній, тому що він самопливом безупинно проходить через камеру помелу.

Для нормальної роботи дезінтегратора необхідно забезпечити рівномірне завантаження кусків матеріалу розміром 25...30 мм і вологістю не більшою 12%. Підвищення вологості матеріалу призводить до налипання його на робочій поверхні бил, зниження продуктивності і припинення процесу помелу.

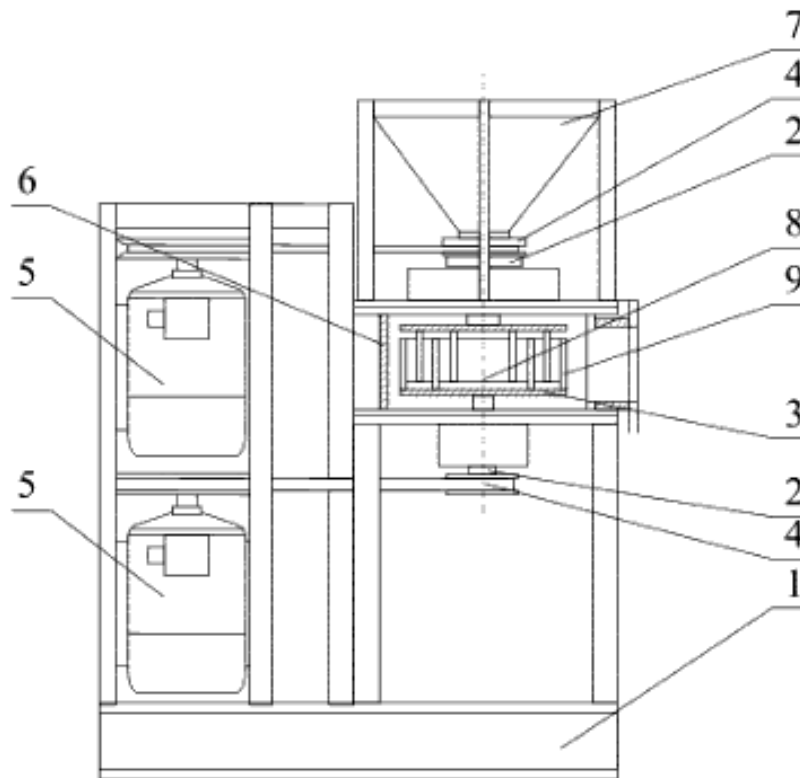


Рис. 5.1. Дезінтегратор з горизонтальними валами

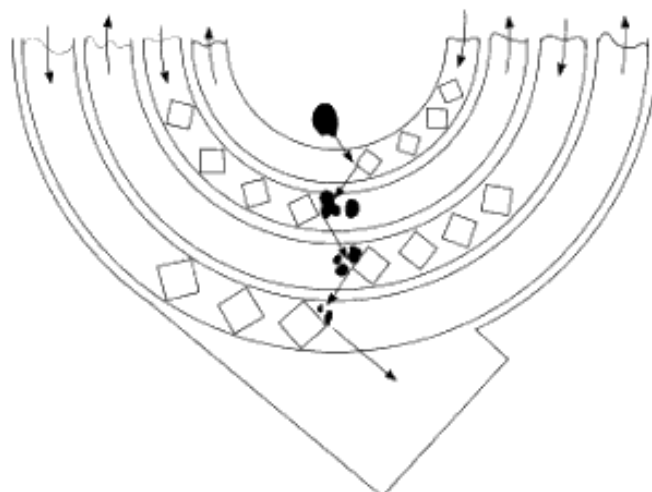


Рис. 5.2 Траекторія руху частинок матеріалу в камері помелу дезінтегратора

При попаданні в камеру помелу металевих предметів ротори виходять з ладу, тому необхідно при експлуатації дезінтегратора перед приймальним бункером встановлювати магнітні сепаратори і вальці для вилучення каміння, що видаляють тверді міцні включення.

Для полегшення і прискорення ремонту дезінтегратора один із роторів може переміщуватися по направляючих за допомогою гвинтового пристрою.

Переваги машини:

- велика питома продуктивність при меншій питомій витраті енергії у порівнянні з обертовими млинами;
- менші габарити, простота конструкції і технічного обслуговування;
- можливість подрібнення матеріалу при природній вологості (6...12%);
- можливість досягнення тонкості помелу, що відповідає вимогам технологічного процесу виробництва ряду матеріалів.

Недоліки дезінтеграторів:

- підвищений знос ударних елементів;
- порушення балансування роторів при нерівномірному зносі бил;
- небезпека поломки при попаданні металевих предметів у камеру помелу.

Технічна характеристика деяких типів дезінтеграторів приведена в табл. 5.1.

Примітка: Установки, один з роторів яких обертається, а інший є нерухомим, називаються дисембраторами.

Таблиця 5.1

Технічна характеристика дезінтеграторів

Показник	Тип, модель	
	СМК-211	СМ-937А
Продуктивність Q , т/год (при $W=8\%$)	12,5	2
Діаметри диска, мм:		
зовнішнього	1410	500
внутрішнього	1260	440
Діаметр бил, мм	30, 36, 40	18, 20
Довжина бил, мм	300	180
Частота обертання дисків n , об/хв.:		
зовнішнього	250	0
внутрішнього	300	800-1000
Потужність установки, кВт	20	4
Габаритні розміри, мм:		
довжина	2170	1075
ширина	1875	1030
висота	1885	886

Розмір кусків матеріалу до подрібнення 25...30 мм, розмір часток після помелу – 200...500 мкм.

Методика розрахунок основних параметрів

1. Максимальна колова швидкість:

$$V_{max} = \pi \cdot D \cdot n, \text{ м/с}, \quad (5.1)$$

де n – частота обертання ротора, с^{-1} ; D – діаметр ротора, м.

2. Продуктивність дезінтегратора:

$$Q = \pi \cdot c \cdot L^2 \cdot n \cdot k, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5.2)$$

де c – висота ударного елемента, м; L – відстань між ударними елементами в ряду, м; n – частота обертання ротора, с^{-1} ; k – число ударних елементів.

3. Потужність, яку споживають дезінтегратори, витрачається на: удар била об шар матеріалу N_{yd} ; подолання сил тертя при русі била по шару матеріалу і сил тертя між шарами матеріалу N_{mp} ; подолання опору тертя в підшипниках вала ротора N_n ; на роботу ротора як вентилятора $N_{вент}$.

Енергія удару при непружному ударі била об матеріал:

$$P_{жс} = q \cdot V^2 / 2, \text{ Дж}, \quad (5.3)$$

де q – маса матеріалу, який викидається билом за один удар, кг, рівна:

$$q = Q/n \cdot k, \text{ кг}; \quad (5.4)$$

V – швидкість била при ударі, м/с; Q – продуктивність дезінтегратора по готовому продукту, кг/с ; n – частота обертання ротора, с^{-1} ; k – число бил.

Витрати енергії на удар всіма білами k ротора при частоті їх обертання n (с^{-1}):

$$N_{yd} = P_{жс} \cdot n \cdot k = (q \cdot V^2 / 2) \cdot n \cdot k, \text{ Вт}. \quad (5.5)$$

При обертанні роторів била переміщують матеріал, що подрібнюється, до виходу. Під дією відцентрової сили інерції бил матеріал додатково руйнується. Переміщення матеріалу відбувається зі швидкістю, рівною колівій швидкості бил, за винятком того, що відбувається тертя матеріалу об матеріал і часткове ковзання бил відносно матеріалу. Тому необхідно знижувати на 5...10% теоретичну колову швидкість.

Відцентрова сила, яка створюється матеріалом:

$$P_u = q \cdot V^2 / R, \text{ Н}, \quad (5.6)$$

де R – радіус ротора, м.

Просування матеріалу відбувається по дузі l , яка обмежена кутом α , рад:

$$l = \alpha \cdot R, \text{ м}. \quad (5.7)$$

Кут α приймаємо рівним π , тоді дуга дорівнює, м:

$$l = \pi \cdot R, \text{ м}. \quad (5.8)$$

Сила тертя, яка виникає при роботі:

$$P_{mp} = (qV^2 / R)f, \text{ Н}, \quad (5.9)$$

де f – коефіцієнт тертя.

Робота тертя:

$$A_{mp} = P_{mp} \cdot l = q \cdot V^2 \cdot f \cdot \pi \cdot R / R = q \cdot V^2 \cdot f \cdot \pi, \text{ Дж}. \quad (5.10)$$

Потужність, яка витрачається на подолання сил тертя:

$$N_{np} = A_{np} \cdot n \cdot k, \text{ Вт}, \quad (5.11)$$

або

$$N_{np} = q \cdot V^2 \cdot f \cdot n \cdot \pi \cdot k, \text{ Вт}. \quad (5.12)$$

Потужність, з урахуванням тертя в підшипниках вала ротора:

$$N'_n = G \cdot f_1 \cdot \pi \cdot d \cdot n, \text{ Вт}, \quad (5.13)$$

де G – тиск на підшипники від сили ваги ротора, Н; $f_1 = 0,004$ – приведений коефіцієнт тертя ковзання; d – діаметр вала, м; n – частота обертання вала, с^{-1} .

Витрата потужності на роботу ротора як вентилятора:

$$N_{вент} = (Q_1 \cdot H \cdot (1 + k_u \cdot \mu)) / \eta, \text{ Вт}, \quad (5.14)$$

де Q_1 – кількість повітря, що продувається через камеру, $\text{м}^3/\text{с}$; H – напір, який створюється ротором, Па (1 мм повітряного стовпа = 9,81 Па); k_u – кратність циркуляції; μ – концентрація пилу по готовому продукту, кг/кг; $\eta = 0,55$ – к.к.д. ротора як вентилятора.

Звичайно приймають $N_{вент} = 50\%$ від потужності, яка споживається дезінтегратором.

4. Розрахунок напруги в кільці ротора.

При роботі дезінтегратора в кільці ротора виникають напруги, що розтягують його, які можуть викликати розрив кільця:

$$\sigma_k = (M_{зг} / W) + (N/F) + (\gamma \cdot V^2 / g), \text{ Па}, \quad (5.15)$$

де σ_k – напруга в кільці, Па; $M_{зг}$ – згинаючий момент, Н·м; W – момент опору кільця, м^3 ; N – розтягуюча сила, Н; F – площа поперечного перерізу кільця, м^2 ; γ – щільність матеріалу, який подрібнюється, $\text{кг}/\text{м}^3$; $g = 9,8$ – прискорення сили тяжіння, $\text{м}/\text{с}^2$.

Згинаючий момент виникає від відцентрових сил, які розвиваються масою бил при їх швидкому обертанні:

$$M_{зг} = P \cdot R(0,318 \cdot k - (\sin \alpha / 1 - \cos \alpha)), \text{ Н·м}, \quad (5.16)$$

де R – радіус кільця, м; k – число пар бил; α – кут між двома суміжними билами; P – відцентрова сила, яка розвивається половиною маси одного била, рівна:

$$P = m \cdot V^2 / 2R, \text{ Н}, \quad (5.17)$$

де m – маса одного била, кг.

Момент опору кільця залежить від його перетину:

$$W = b(h^3 - d^3) / 6h, \text{ м}^3, \quad (5.18)$$

де b і h – ширина і висота кільця відповідно, м; d – діаметр цапфи била, м.

Сила, що розтягує, залежить від відцентрової сили P , Н:

$$N = 1 / 2(P(\sin \alpha / (1 - \cos \alpha))). \quad (5.19)$$

Площу перетину кільця, м^2 , варто визначати в найбільш слабкому його перетині, яка проходить через вісь отвору, в який вставляється било:

$$F = b(h - d), \quad (5.20)$$

де d – діаметр цапфи била, м.

ЛІТЕРАТУРА

1. Назаренко І.І. Машина і устаткування підприємств будівельних матеріалів: Конструкції та основи експлуатації: Підручник / І.І. Назаренко, О.В. Тумановська. – К.: Вища школа, 2004. – 590 с.
2. Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів: навч. посібник / А.І. Дубинін, В.М. Атаманюк, В.П. Дулеба, Д.М. Симак; за ред. проф. А.І. Дубиніна. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 292 с.
3. Савченко О.Г. Обладнання комплексів для виробництва будівельних дрібноштучних стінових виробів: Навч. посібник / О.Г. Савченко. – Харків: Тимченко, 2006. – 416 с.
4. Сівко В.І. Обладнання підприємств промислових будівельних матеріалів і виробів: Підручник / В.І. Сівко, В.А. Поляченко. – К.: ТОВ «АВЕГА», 2004. – 280 с.
5. Сівко В.І. Механічне устаткування підприємств будівельних виробів: Підручник / В.І. Сівко. – К.: ІСДО, 1994. – 359 с.