

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет автоматизації і інформаційних технологій

(факультет)

Кафедра машин і обладнання технологічних процесів

(назва кафедри)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

" Дослідження логістичної системи диспергації матеріалів "

(назва)

Пригоцький Василь Вікторович

(прізвище, ім`я та по батькові повністю)

Київ 2022 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет автоматизації і інформаційних технологій

(факультет)

Кафедра машин і обладнання технологічних процесів

(назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ д.т.н., проф. Назаренко І.І.

“ ____ ” _____ 2022 року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ

НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

на тему:

" Дослідження логістичної системи диспергації матеріалів "

(назва)

Виконав студент групи: ІЛС-2маг

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(спеціальність)

Спеціалізація: Інженерія логістичних систем

Пригоцький Василь Вікторович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Керівник

Назаренко І.І.

(прізвище та ініціали)

д.т.н., професор

(вчене звання, науковий ступінь)

Київ 2022 р.

7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

№	Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
			Дата	Підпис
1.	Розділ 1.	проф. Свідерський А.Т.	16.09.2022	
	Розділ 2.		07.10.2022	
	Розділ 3.		21.10.2022	
	Розділ 4.		04.11.2022	
2.	Розділ 5.	доц. Гаркавенко О.М.	04.11.2022	

8. Дата видачі завдання 1 вересня 2022 року

Керівник _____ проф. Назаренко І.І.
(підпис)

Студент _____ Пригоцький В.В.
(підпис)

РЕЗЮМЕ

Київський національний університет будівництва і архітектури

факультету автоматизації і інформаційних технологій

Пригоцький Василь Вікторович

Група ІЛС-2маг

Тема атестаційної випускної роботи:

«Дослідження логістичної системи диспергації матеріалів»

освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр,

спеціальність: 131 «Прикладна механіка»,

Науковий керівник: Назаренко Іван Іванович,

**доктор технічних наук, завідувач кафедри машин і обладнання
технологічних процесів**

Обсяг випускової роботи. Атестаційна випускова робота магістра складається: розділів 5, стор. 84, таблиць 12, рис. 38, графічна частина – 1 слайдів (аркушів формату А4.) завдання, вступу, висновків, списку використаних джерел.

Актуальність теми. Диспергування твердого матеріалу здійснюється шляхом його помелу спеціальним обладнанням. Тонкий помел широко застосовують у виробництві в'язучих будівельних матеріалів (цементу, вапна і гіпсу), тонкої кераміки, скла, вогнетривких і інших виробів. Це один з найважливіших і дорогих технологічних процесів у виробництві будівельних матеріалів. Помел матеріалів для виготовленні цементу, вапна, гіпсу і т. ін. здійснюється барабанными, середньохідними, ударними, вібраційними та струменевими млинами. Найпоширенішими для помелу є барабанны та вібраційні млини. В даній роботі розглядається та досліджується процес тонкого подрібнення (помел) барабанными та вібраційні млинами під дією зовнішніх сил для отримання цементу. Саме на вирішенні питання визначення ефективних та енергоощадних режимів і параметрів барабанных та вібраційних млинів

здійснюється дослідження, які є основними підсистемами загальної логістичної системи

Цій проблемі присвячена тема магістерської роботи, а саме «Дослідження логістичної системи диспергації матеріалів». Тому завдання магістерської роботи полягає в дослідженні логістичної системи для диспергації матеріалів на прикладі обґрунтування та дослідження машин для помелу, які забезпечують ефективність диспергації матеріалів.

У вступі здійснено обґрунтування :

- здійснити огляд існуючих конструкцій змішувачів та машин для доставки та подачі будівельних сумішей;
- дослідити основні параметри логістичних систем для змішування, доставки та подачі будівельних сумішей;
- виконати спеціальну розрахункову частину; розробити рекомендації за результатами виконаних в роботі досліджень та аналізу логістичних систем виготовлення бетону за заданим фракційним складом; передбачити умови техногенної безпеки.

У першому розділі «Огляд структури та загальні положення будови логістичної системи» приведено використання системного підходу в логістиці означає, що логістичні процеси розглядаються у взаємозв'язку один з одним та з іншими видами діяльності. Логістика підприємства розглядається як певна логістична система із внутрішніми та зовнішніми зв'язками, яка складається з комплексу взаємозалежних підсистем. Наведена класифікація логістичних систем за рівнем логістичної інтеграції (кооперації) — інституціональна ознака; за видом логістичних ланцюгів; за характеристикою постачання і розподілу. Здійснені висновки та приведені задачі дослідження:

- вибір та обґрунтування логістичної системи для диспергування матеріалів;
- здійснення огляду та оцінка обладнання для диспергування матеріалів;
- дослідження загальних параметрів логістичної системи для помелу матеріалів;
- здійснення вибору обладнання, як підсистеми логістичної системи помелу матеріалів та дослідити його параметри та режими роботи;

- виконати розрахунки параметрів та режимів роботи обладнання;
- передбачити заходи техногенної безпеки при експлуатації обладнання.

У другому розділі «Обґрунтування та дослідження визначеної логістичної системи диспергації матеріалів» встановлено, що серед існуючих машин і обладнання для помелу матеріалу домінуюче місце займають барабанні млини із вільним та вібраційним переміщенням молотильних тіл. Здійснена оцінка параметрів роботи барабанних і вібраційних млинів і виявлена значний вплив на процес та режим роботи помелу маси молотильних тіл. Аналіз будови логістичних схем засвідчив ефективність застосування схеми установки для помелу цементу у багатокамерному млину за відкритим способом, яка прийнята у якості основної із дослідженням роботи за принципом проектування стадій та етапів формування (реінжинірингу) логістичної системи.

У третьому розділі «Дослідження параметрів та режимів роботи логістичної системи для помелу матеріалів» здійснено вибір обладнання, як підсистеми логістичної системи помелу матеріалів та здійснені дослідження її параметрів та режимів роботи барабанних і вібраційних млинів.

У четвертому розділі «Конструкторська частина. Розрахунки параметрів» здійснено розрахунок параметрів барабанного млина та визначені раціональні режими його роботи. Визначені основні деталі вібраційного млина, що забезпечують заданий режим його роботи та виконані розрахунки їхніх геометричних та конструкторських розмірів.

У п'ятому розділі «Техногенна безпека» виконано аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, розглянуто заходи по охороні праці пов'язані з експлуатацією вібраційного млина.

Ключові слова: логістичні системи, диспергація, помел, матеріал, барабанний млин, вібраційний млин, режими, параметри, розрахунок,
Key words: logistic systems, dispersion, grinding, material, drum mill, vibration mill, modes, parameters, calculation, manmade safety.

Якість оформлення проекту. Атестаційна випускова робота магістра оформлена у відповідності до діючих нормативних документів та методичних вказівок до виконання атестаційної роботи для студентів спеціальності

131 «Прикладна механіка».

Загальний висновок стосовно роботи та присвоєння авторіві освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр». Робота виконана на високому рівні, студент продемонстрував високий рівень теоретичної підготовки та сформованих практичних навичок в області прикладної механіки та сучасних інформаційних технологій. Заслуговує оцінки «відмінно».

Науковий керівник _____ / проф., д.т.н., Назаренко І.І./

(підпис)

Посада, місце роботи. КНУБА, пр-т. Повітрофлотський, 31, завідувач кафедри МОТП, професор кафедри машин і обладнання технологічних процесів.

« 15 » листопада 2022 р.

Зміст

Вступ.....	11
Розділ 1. Огляд структури та загальні положення будови логістичної системи .	12
1.1. Поняття та визначення.	12
1.2. Класифікація логістичних систем.....	13
1.2.1 Класифікація логістичних систем за інституціональною ознакою	14
1.2.2 Ознаки логістичних систем за видами логістичних ланцюгів.	16
1.3. Висновки по розділу. Постановка задач дослідження.	17
Розділ 2. Обґрунтування та дослідження визначеної логістичної системи диспергації матеріалів.....	18
2.1. Сутність процесу диспергування матеріалів.....	18
2.2. Огляд та оцінка обладнання для помелу матеріалів.	19
2.2.1 Сутність процесу помелу матеріалу.....	19
2.2.2. Схеми будови обладнання для помелу матеріалу.	20
2.3. Формування логістичної системи помелу матеріалів.....	30
2.4. Висновки по розділу.....	38
Розділ 3. Дослідження параметрів та режимів роботи	39
3.1. Вибір обладнання, як підсистеми логістичної системи помелу матеріалів для дослідження її параметрів та режимів роботи.....	39
3.2. Теорія робочого процесу та дослідження параметрів барабанного млина із вільним обертанням робочого органу.....	39
3.2.1.Визначення та дослідження зміни кутової швидкості барабана.....	39
3.2.2.Визначення та дослідження зміни маси молотильних тіл.....	42
3.2.3.Визначення та дослідження продуктивності барабанних млинів.....	42
3.2.4.Визначення та дослідження потужності двигуна барабанних млинів. ...	43
3.3. Теорія робочого процесу та дослідження режимів та параметрів вібраційного млина	45
3.3.1. Теорія робочого процесу.....	45
3.3.2. Дослідження режимів та параметрів вібраційного млина.....	50
3.4. Висновки по розділу.....	55
Розділ 4. Конструкторська частина. Розрахунки параметрів.....	56
4.1. Розрахунок параметрів барабанного млина.	56
4.2. Розрахунок параметрів вібраційного млина.....	58
4.3. Розрахунки деталей.....	60

4.3.1. Розрахунок дебалансів.	60
4.3.2 Розрахунки опор вібраційного млина.	61
4.4. Висновки по розділу.	65
Розділ 5. Техногенна безпека	66
5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих чинників при роботі вібраційного млина	66
5.2 Технічні заходи з техніки безпеки, що передбачені в роботі.	69
5.2.1 Методи і засоби зниження вібрації	69
5.2.2 Методи і засоби зниження шуму	70
5.3 Інженерні розрахунки з техніки безпеки, що передбачені в роботі.	71
5.3.1 Визначення параметрів і побудування частотної характеристики звукоізолюючого кожуха	71
5.3.2 Запобігання можливості ураження електричним струмом	73
5.4. Техніка безпеки при експлуатації вібраційного млина	77
5.5. Пожежна безпека	77
5.6. Висновки по розділу.	81
.....	82
Загальні висновки	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	84

Вступ

Процес диспергування передбачає тонке подрібнення та розподіл в якомусь об'ємі твердого матеріалу, рідин або газу, в результаті якого виникають дисперсні системи: порошки, суспензії, емульсії, аерозолі. Процес диспергування емульсій та суспензій пов'язують із такими фізичними явищами: витягуванням частинок дисперсної фази та їх дробленням в результаті дії градієнта швидкості (клапанний гомогенізатор); розрив рідких частинок дисперсної фази за рахунок відносної швидкості рухомих та нерухомих частин; дробленням внаслідок стирання; дробленням частинок, обумовленим впливом збурень середовища. Диспергування твердого матеріалу здійснюється шляхом його помелу спеціальним обладнанням. Тонкий помел широко застосовують у виробництві в'язучих будівельних матеріалів (цементу, вапна і гіпсу), тонкої кераміки, скла, вогнетривких і інших виробів. Це один з найважливіших і дорогих технологічних процесів у виробництві будівельних матеріалів. Крупність подрібнення, використовуваного в цементній промисловості, як правило, не перевищує 25 мм для відомих каменів і мергелю, 30 мм для м'яких вапняків і гіпсу і 10-15 мм для цементного клінкеру. Тонкість помелу характеризується питомою поверхнею готового продукту в $\text{см}^2/\text{г}$. Тонкість помелу клінкеру 2800-4500 і сировинних матеріалів 2800-3000 $\text{см}^2/\text{г}$. Помел матеріалів для виготовленні цементу, вапна, гіпсу і т. ін. здійснюється барабанными, середньохідними, ударними, вібраційними та струменевими млинами. Найпоширенішими для помелу є барабанні млини та вібраційні млини. В даній роботі розглядається та досліджується процес тонкого подрібнення (помел) барабанными та вібраційні млинами під дією зовнішніх сил для отримання цементу.

Розділ 1. Огляд структури та загальні положення будови логістичної системи

1.1. Поняття та визначення.

Поняття "логістична система" походить від загального "система" і є одним із базових у логістиці, що реалізує системний підхід. Системний підхід (англ. *Systems thinking* — системне мислення) — напрям методології[1] досліджень, який полягає в дослідженні об'єкта як цілісної множини елементів в сукупності зв'язків між ними, тобто розгляд об'єкта як системи [1]. Використання системного підходу в логістиці означає, що логістичні процеси розглядаються у взаємозв'язку один з одним та з іншими видами діяльності. Логістика підприємства розглядається як певна логістична система із внутрішніми та зовнішніми зв'язками, яка складається з комплексу взаємозалежних підсистем. Системний логістичний аналіз — це сукупність методів і засобів вироблення, прийняття й обґрунтування рішень при створенні, дослідженні й управлінні логістичними системами. Однак, на сьогодні немає прийнятого визначення цього поняття. Існуючі визначення в основному відносяться до рішення транспортних задач [1], економічних питань[2]. Щодо машинобудівних технологій та подібних підприємств визначення поняття "логістична система" застосовується мало [3] Разом з тим, на сучасному розвитку новітніх технологій логістичні системи розвиваються [4]. В роботі здійснюється аналіз понять "логістична система" і на цій основі формулюється найбільш підходяще визначення у відповідності до теми даної роботи. Термін "логістика" (англ. *Logistics*) отримав сьогодні досить широке розповсюдження у сучасному суспільному житті та у бізнес середовищі. Сутність логістики полягає в інтегрованому управлінні рухом ресурсів від первинного джерела до кінцевого споживача. Розглянемо визначення логістичної системи, які найчастіше зустрічаються у науковій літературі (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1. Визначення існуючих понять "логістична система" .

<p>Автор</p>	<p>Визначення поняття "логістична система"</p>
<p>Кальченко АГ.</p>	<p>Організаційно-управлінський механізм координації, який дає змогу досягти ефекту завдяки чіткій злагодженості у діях спеціалістів різноманітних служб, що беруть участь в управлінні матеріальним потоком</p>
<p>Леншин И.А.</p>	<p>Спеціально організована інтеграція логістичних елементів (ланок) у межах певної економічної системи для оптимізації процесів трансформації матеріального потоку</p>
<p>Родніков А.Н.</p>	<p>Адаптивна система із зворотними зв'язками, яка виконує ті чи інші логістичні функції (операції), складається із підсистем і має розвинуті внутрішньо системні зв'язки та зв'язки із зовнішнім середовищем</p>
<p>Пономарьова Ю.В.</p>	<p>Складна система, що складається із сукупності елементів, так званих ланок логістичної системи, між якими встановлені певні функціональні зв'язки і відношення</p>
<p>Сумець А.М.</p>	<p>Адаптована (самоналагоджувана та самоорганізована) система з оберненим зв'язком, що виконує логістичні функції та логістичні операції і складається, зазвичай, із декількох систем та має розвинуті зв'язки із зовнішнім середовищем</p>
<p>Сергеев В.І.</p>	<p>Логістична система — це складна організаційно завершена (структурована) економічна система, що складається з взаємозалежних у єдиному процесі управління матеріальними і супутніми їм потоками елементів — ланок, сукупність яких, межі і задачі функціонування об'єднані внутрішніми цілями організації бізнесу і (або) зовнішніми цілями</p>

1.2. Класифікація логістичних систем

Процеси створення, дослідження та розвитку логістичних систем мають базуватись на їх класифікації. Існує багато різних підходів до класифікації логістичних систем. Розглянемо найбільш поширені у науковій літературі.

Логістичні системи класифікують за такими ознаками [35; 55; 56; 67; 74; 90; 128]:

- 1) за рівнем логістичної інтеграції (кооперації) — інституціональна ознака;
- 2) за видом логістичних ланцюгів;
- 3) за характеристикою постачання і розподілу .

1.2.1 Класифікація логістичних систем за інституціональною ознакою .

Класифікація логістичних систем за інституціональною ознакою представлена в табл. 1.2 [побудовано на основі 63]. Розглянемо детальніше цю класифікацію. Перший, найнижчий рівень стосується мікрологістичних підсистем. На будь-якому підприємстві створюються внутрішньо організаційні логістичні підсистеми постачання, розподілу, а для виробничих підприємств — ще й логістична підсистема підтримки виробництва, для підприємств невиробничої сфери — підсистема підтримки операційної діяльності.

Таблиця 1.2. Інституціональна класифікація логістичних систем

Рівень логістичної кооперації	Вид логістичної системи	Характеристика	Приклади логістичних систем
I	Мікро-логістичні підсистеми	Функціонують як складові логістичної системи підприємства	Логістична підсистема: постачання; підтримки виробництва (операційної діяльності); розподілу (збуту).
II	Мікро-логістичні системи	Охоплюють логістичні процеси підприємства	Логістична система: промислового, торговельного підприємства чи підприємства сфери послуг
III	Мета-логістичні системи	Міжорганізаційна кооперація	Кооперація виробничих, торговельних, транспортних підприємств
IV	Мезо-логістичні системи	Кооперація мета-логістичних систем	Логістичні ланцюги поставок від місця походження сировини до місця споживання продукту. Регіональні системи забезпечення, транспортування вантажів, людей.
V	Макро-логістичні системи	Інтеграція потоків в масштабах усієї країни	Національна транспортна система Національна система стратегічних запасів Національна інформаційна система
VI	Міжнародні макро-логістичні системи	Інтеграція потоків різних країн	Міжнародні транспортні, інформаційні системи, системи безпеки та ін. Системи дистрибуції глобальних

			фірм.
--	--	--	-------

Мікрологістична система охоплює логістичну діяльність підприємства та є поєднанням вищевказаних підсистем. У даній системі вирішуються питання координації її окремих функціональних елементів, зокрема: процесів планування виробництва та збуту; транспортних, складських та вантажно-розвантажувальних робіт.

Третій рівень охоплює сферу міжорганізаційної кооперації, до якої можна віднести кооперацію виробничих, торговельних, логістичних підприємств або всіх разом. Металогістичні системи інтегрують логістичні процеси суміжних підприємств шляхом укладання договорів, контрактів та ін. Четвертий рівень передбачає логістичну кооперацію металогістичних систем в межах інтегрованого логістичного ланцюга або окремого регіону. Макрологістична система інтегрує логістичні потоки в масштабах економіки усієї країни. Макрологістичними системами є національні транспортні системи, інформаційні системи, системи національної безпеки, системи стратегічних запасів, системи оборони тощо.

За умов глобалізації світової економіки, посилення європейської інтеграції актуальними стають процеси формування міжнародних макрологістичних систем, побудова яких відбувається в аспекті горизонтальної чи вертикальної інтеграції. Вертикальна інтеграція реалізується при побудові систем дистрибуції глобальних фірм. При формуванні макрологістичної системи, яка охоплює декілька країн, необхідно подолати труднощі, що зв'язані з правовими, економічними особливостями міжнародних економічних відносин і ряд інших бар'єрів. Формування цієї системи вимагає реалізації міждержавних програм, що передбачають створення єдиного економічного простору, ринку капіталів, інформації, трудових ресурсів. Найчастіше критерії формування макрологістичних систем визначаються екологічними, соціальними, військовими, політичними та іншими цілями. *Наприклад*, для поліпшення екологічної ситуації в регіоні може бути створена макрологістична система оптимізації транспортних (вантажних) регіональних потоків, що вирішує задачі

оптимізації маршрутів, розв'язання транспортних потоків, переключення з одного виду транспорту на інший. Функціонування макрологістичних систем залежить від наявності повноцінної національної логістичної інфраструктури. У мета-, мезо-, макрологістичних системах основу зв'язку між елементами становить договір. У мікрологістичних системах елементи тісно пов'язані внутрішньоорганізаційними відносинами.

1.2.2 Ознаки логістичних систем за видами логістичних ланцюгів.

За видами логістичних ланцюгів логістичні системи поділяють на :

- - *логістичні системи з прямими зв'язками* — це системи, у яких потік доводиться до споживача без посередників, на основі прямих господарських зв'язків. В таких системах скорочуються терміни поставок, однак великі транспортні витрати;
- - *ешелоновані (багаторівневі) логістичні системи* — це системи, у яких матеріальний потік доводиться до споживача за участю принаймні одного посередника. За даними міжнародних джерел, 70-80% світового обороту продуктів і послуг здійснюється за участю посередників;
- - *гнучкі логістичні системи* — системи, у яких доведення матеріального потоку до споживача здійснюється як за прямими зв'язками, так і за участю посередників. Прикладом гнучкої є система постачання машинобудівного підприємства, згідно з якою вузли, деталі постійного попиту постачаються зі складу посередника, а деталі епізодичного попиту — зі складу виробника .

1.3. Висновки по розділу. Постановка задач дослідження.

1. Використання системного підходу в логістиці означає, що логістичні процеси розглядаються у взаємозв'язку один з одним та з іншими видами діяльності. Логістика підприємства розглядається як певна логістична система із внутрішніми та зовнішніми зв'язками, яка складається з комплексу взаємозалежних підсистем.

2. Логістичні системи класифікують за рівнем логістичної інтеграції (кооперації) — інституціональна ознака; за видом логістичних ланцюгів; за характеристикою постачання і розподілу.

3. Основними задачами дослідження являються:

- вибір та обґрунтування логістичної системи для диспергування матеріалів;
- здійснення огляду та оцінка обладнання для диспергування матеріалів;
- дослідження загальних параметрів логістичної системи для помелу матеріалів;
- здійснення вибору обладнання, як підсистеми логістичної системи помелу матеріалів та дослідити його параметри та режими роботи;
- виконати розрахунки параметрів та режимів роботи обладнання;
- передбачити заходи техногенної безпеки при експлуатації обладнання.

Розділ 2. Обґрунтування та дослідження визначеної логістичної системи диспергації матеріалів.

2.1. Сутність процесу диспергування матеріалів.

Диспергування (англ. *dispersion*) – тонке подрібнення та розподіл в якомусь об'ємі твердого матеріалу, рідин або газу, в результаті якого виникають дисперсні системи: порошки, суспензії, емульсії, аерозолі. Процес диспергування емульсій та суспензій

пов'язують із такими фізичними явищами:

- витягуванням частинок дисперсної фази та їх дробленням в результаті дії градієнта швидкості (клапанний гомогенізатор);
- розрив рідких частинок дисперсної фази за рахунок відносної швидкості рухомих та нерухомих частин;
- дробленням внаслідок стирання;
- дробленням частинок, обумовленим впливом збурень середовища.

Основними видами збурень середовища вважають:

- кавітаційні дрібномасштабні ударні;
- ультразвукові;
- та імпульсні.

Для диспергування емульсій і суспензій застосовується безліч апаратів, що різняться між собою як за принципом дії, так і за конструктивними параметрами, в яких дроблення частинок здійснюється за одним або декількома способами.

Диспергування твердого матеріалу здійснюється шляхом його помелу спеціальним обладнанням. Тонкий помел широко застосовують у виробництві в'язучих будівельних матеріалів (цементу, вапна і гіпсу), тонкої кераміки, скла, вогнетривких і інших виробів. Це один з найважливіших і дорогих технологічних процесів у виробництві будівельних матеріалів. Крупність подрібнення, використовуваного в цементній промисловості, як правило, не

перевищує 25 мм для відомих каменів і мергелю, 30 мм для м'яких вапняків і гіпсу і 10-15 мм для цементного клінкеру. Тонкість помелу характеризується питомою поверхнею готового продукту в $\text{см}^2/\text{г}$. Тонкість помелу клінкеру 2800-4500 і сировинних матеріалів 2800-3000 $\text{см}^2/\text{г}$. В даній роботі розглядається та досліджується процес тонкого подрібнення (помел) під дією зовнішніх сил для отримання менших, що являють собою дисперсною системою.

2.2. Огляд та оцінка обладнання для помелу матеріалів.

2.2.1 Сутність процесу помелу матеріалу.

Помел матеріалів для виготовленні цементу, вапна, гіпсу і т. ін. здійснюється барабаними, середньохідними, ударними, вібраційними та струменевими млинами. Найпоширенішими для помелу є барабанні млини (рис.2.1), в яких матеріал мелеться в барабані, що обертається, вільно падаючими молотильними кулями або циліндриками

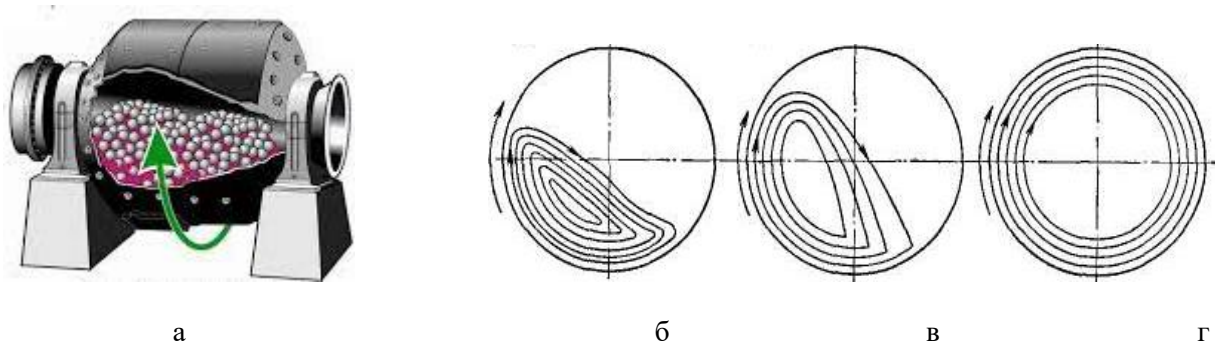


Рис.2.1 Схема роботи барабанного млина: а – загальний вигляд;
б-г - схеми руху парів у млині.

Матеріал, що знаходиться в барабані млина, що обертається, піддається впливу мелючих тіл, що вільно падають. При обертанні барабана тіл, що мелють (у переважній більшості металеві кулі) піднімаються на певну висоту, а потім, відриваючись від стінки барабана при вільному падінні, подрібнюють матеріал. Матеріал у млині подрібнюється ударом і частково стиранням завдяки перекочування куль та їх ковзанню. При відносно малій кутовій швидкості

обертання барабана кулі і матеріал роблять поворот у бік обертання деякий кут (рис.2.1,б) і далі при тій же швидкості обертання барабана залишаються в цьому положенні. Кулі і матеріал, безперервно циркулюючи, рухаються вгору концентричними круговими траєкторіями і потім скочуються паралельними шарами, подрібнюючи матеріал роздавлюванням і стиранням.

Зі збільшенням швидкості обертання барабана кут повороту завантаження {кулі та матеріал) збільшується і кулі піднімаються все вище, потім у деякій точці, званій точкою відриву, залишають кругові траєкторії і далі як тіла, кинуті під деяким кутом до горизонту, переходять на параболічні траєкторії в кінці свого шляху, зустрічаючись із відповідною круговою траєкторією (рис.2.1,в). Подрібнення матеріалу при цьому режимі роботи відбувається за рахунок удару та частково стирання.

При подальшому збільшенні кутової швидкості обертання барабана кулі і матеріал під дією відцентрової сили інерції все з більшою силою притискатимуться до стінки барабана і, нарешті, настане момент, коли величина відцентрової сили інерції перевершить силу тяжіння кулі і він (отже, і завантаження) буде обертатися разом з барабаном, не відокремлюючись від його внутрішньої поверхні (рис.2.1,г).

Виходячи з викладеного, найбільш ефективним з точки зору процесу подрібнення матеріалу, є режим роботи, при якому куля, рухаючись спочатку круговими траєкторіями, переходить потім на параболічні, виробляючи в кінці свого шляху подрібнення матеріалу.

2.2.2. Схеми будови обладнання для помелу матеріалу.

Барабанні млини прості за конструкцією та надійні у роботі, проте мають такі недоліки, як значна витрата енергії (35...40 кВт-год/т), низьке використання у робочому процесі об'єму барабана (35 —45%), малі швидкості дії на матеріал молотильних тіл, а також значний шум при роботі.

Барабанні млини класифікують:

- за режимом роботи — періодичної (рис. 2.2, а) та безперервної (рис. 2.2, б—д) дії;

- за способом помелу — сухого та мокрого помелу;
- за характером роботи — млини, що працюють за відкритим і замкнутим циклом;
- за формою молотильних тіл — кульові, стержньові та самоподрібнення (без молотильних тіл);
- за способом вивантаження — з механічним і пневматичним вивантаженням;
- за конструкцією завантажувального й вивантажувального пристрою — через люк (рис. 2.2, а), через порожнисті цапфи (рис. 2.2, б—е), з периферійним вивантаженням (рис. 2.2, в);
- за конструкцією приводи — з центральним (рис. 2.2, є) і периферійним (рис. 2.2, е) приводом.

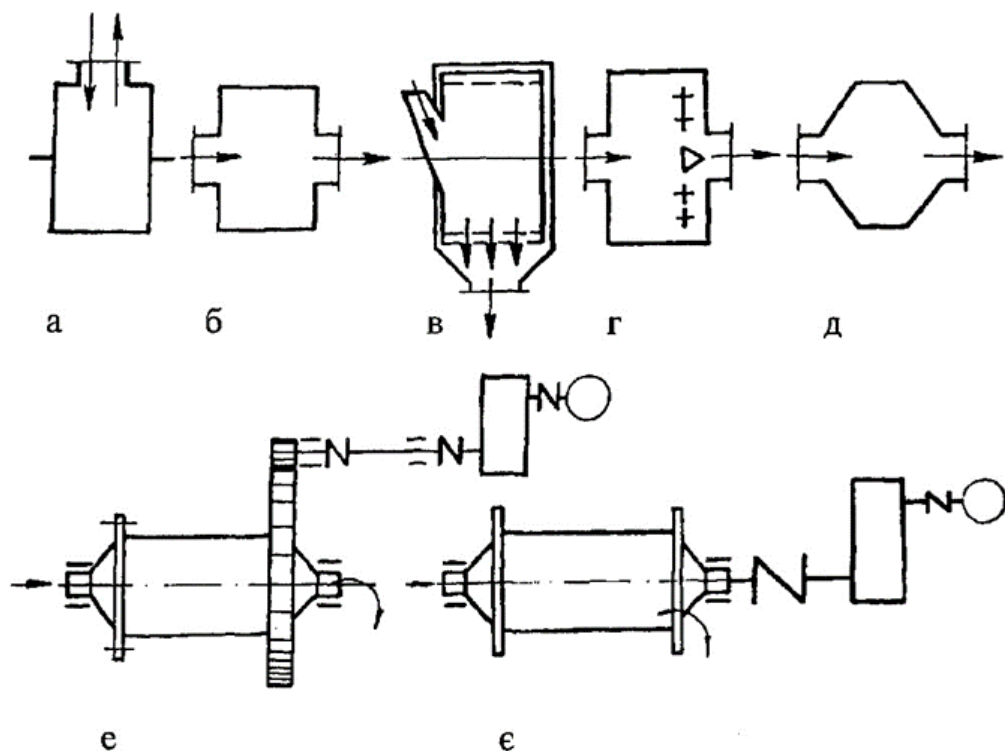


Рис. 2.2. Схеми барбанних млинів.

Визначальними параметрами барбанних млинів є діаметр D і довжина L барабана. Вважається, що при відношенні L/D — 2...3 млини мають назву барбанні з відповідними молотильними тілами (кульовими, стержньовими), а при $L/D = 3...6$ — трубні млини. Ці параметри, тобто L і D , входять і в

позначення млинів. Наприклад, млин 0,9x1,8 — це млин з діаметром 0,9 м і довжиною 1,8 м. Млини відрізняються різноманітністю конструкцій і принципом дії в залежності від призначення і фізико-механічних властивостей матеріалу, що розмелюється. Їх застосовують для помелу як однорідних матеріалів, так і матеріалів з різними коригуючими добавками, наприклад цементного клінкеру з гіпсом і т. д.

Конструкції основних вузлів різних барабанних млинів багато в чому аналогічні. На рис. 2.25 показана типова конструкція двокамерного трубного млина. Установлений у підшипниках 2 барабан 3 приводиться в обертання двигуном 9 через редуктор 7 і проміжний вал 5. Матеріал, що подрібнюється, подається в барабан завантажувальним пристроєм 1, а готовий продукт вивантажується з допомогою вивантажувального пристрою 6. У середній частині барабана розташована вивантажувально-завантажувальна міжкамерна секція 4.

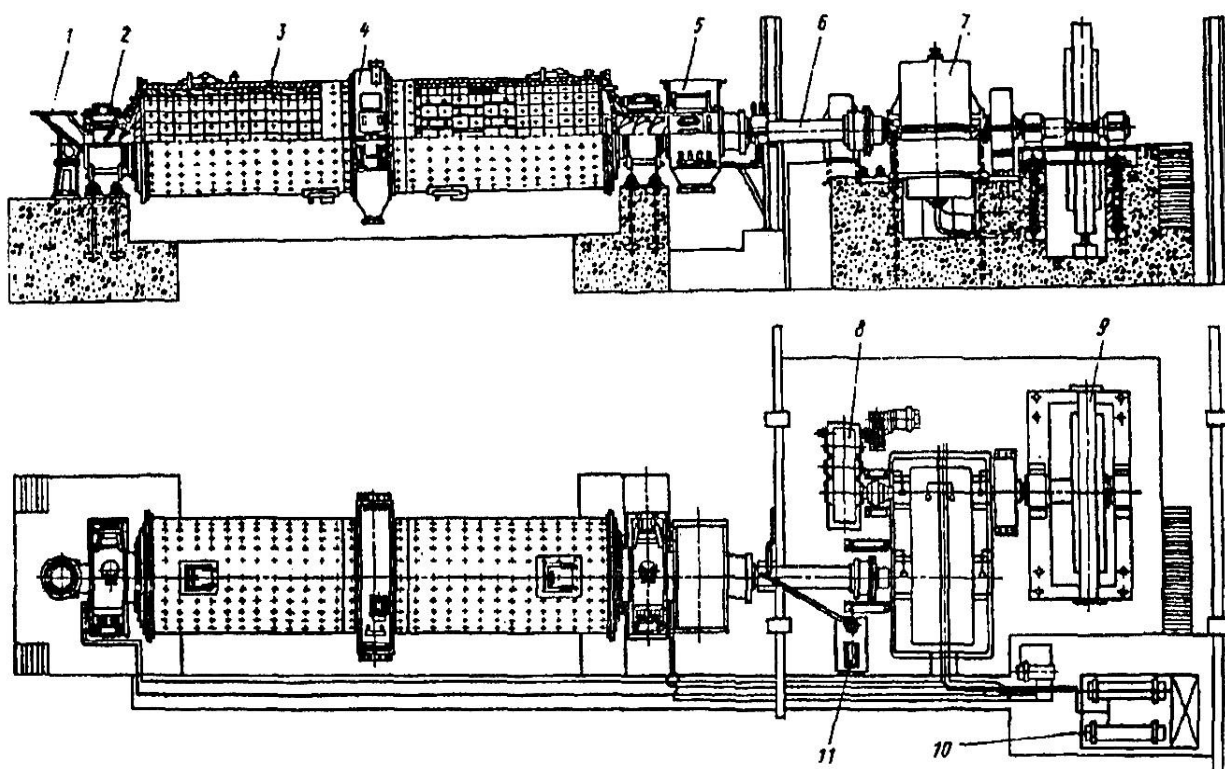


Рис.2.3 Двокамерний трубний млин.

Млин має систему централізованого змащення 11 для обслуговування редуктора і підшипників барабана. Для виконання ремонтних робіт у млині передбачений допоміжний привод 8.

Для зниження температури і зняття статичної електрики, що виникає в другій камері при стиранні клінкеру з добавками, в млин розподільною системою труб і форсунок насосом 10 подається вода. Основні розрахункові параметри барабаних млинів:

- кутова швидкість барабана;
- маса молотильних тіл;
- продуктивність;
- потужність електродвигуна.

Серед інших конструкцій млинів звертають на себе увагу млини з підвищеною швидкістю руху робочих органів. Це кульовий кільцевий (рис. 2.4, а), валковий (рис. 2.4, б) і ролик-маятниковий (рис. 2.4, в) млини. їх використовують для тонкого помелу матеріалів середньої та малої міцності (каолін, шпат, магнезії).

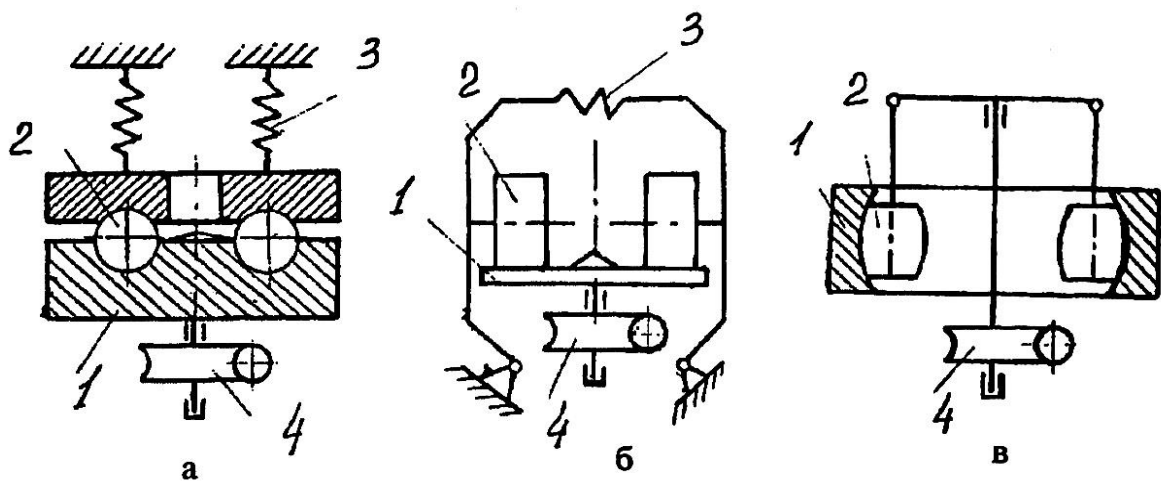


Рис. 2.4. Млини з підвищеною швидкістю руху робочих органів:

а — кульовий; б — валковий; в — ролик-маятниковий.

У таких машинах подрібнення досягають роздавлюванням і частково стиранням матеріалу між циліндричними, конічними або кульоподібними поверхнями роликів 2 і плоскими або криволінійними поверхнями кільця 1 при

їх взаємному розміщенні і при обертанні від привода 4. Оскільки маса роликів невелика, то в деяких конструкціях вони притискаються до матеріалу, що подрібнюється з допомогою пружин 3 або відцентровими силами інерції. Кутова швидкість обертання приводного валу в таких млинах 10...30 рад/с. Тонкість помелу матеріалів має важливе значення для інтенсифікації різних технологічних процесів. Так, збільшення тонкості помелу цементу на 60—70% дозволяє майже вдвічі підняти його марку і скоротити час тверднення, що дає суттєву економію при виготовленні виробів на основі цементу. Машина, які забезпечують таку тонкість помелу називають машинами для понад тонкого помелу. Серед різних конструкцій найбільш поширений вібраційний млин.

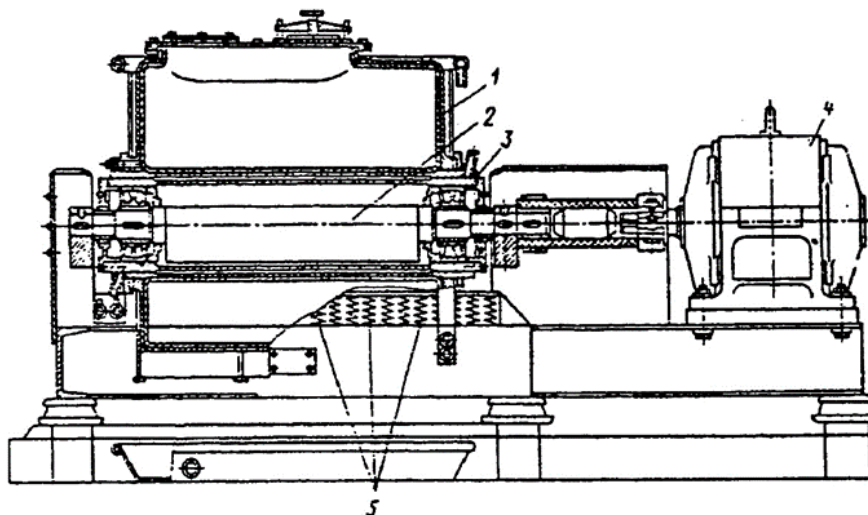


Рис. 2. 5. Вібраційний млин

Такий млин (рис. 2.5) складається з корпусу 1, в якому на підшипниках 3 встановлений незрівноважений (дебалансовий) вал 2, який обертається двигуном 4. Корпус млина віброізолюють від фундаменту пружинами 5. При обертанні вала за рахунок його дебалансу виникає відцентрова сила, яка спричинює вібрацію корпусу, де всередині розміщуються молотильні тіла. Завдяки великій частоті коливань ($\omega = 25 \dots 50 \text{ с}^{-1}$) молотильні тіла інтенсивно діють на матеріал і подрібнюють його. Характерним з точки зору роботи машини є те, що тіла і матеріал, що є у млині поволі повертаються в бік, протилежний напрямку обертання дебалансного вала. Такий рух пояснюється тим, що прискорення $a_m > g$.

Деяко іншу конструкцію мають вібраційні млини(рис. 2.5 - 2.8).



Рис.2.6. Конструкції вібраційних млинів.

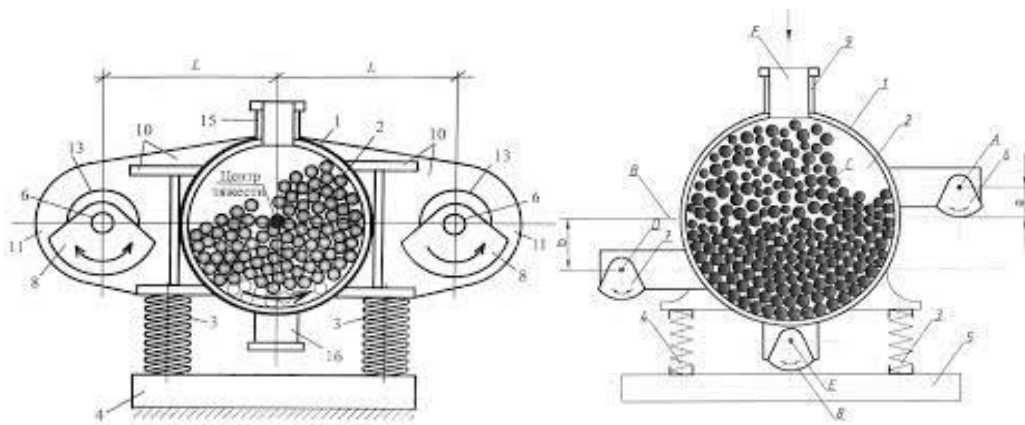
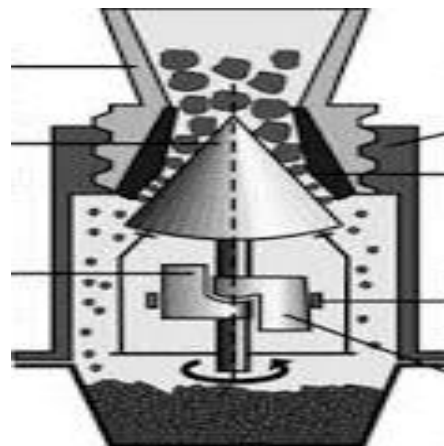


Рис. 2. 7. Схеми вібраційних млинів із складним рухом: 1- корпус; 2 –молотні тіла; 3-пружини; 4,10 – рама; 6-вісь; 8-дебаланси;11 – основа; 13- корпус; 15 – завантажувальна воронка; 16 – вивантажувальна воронка.



а



б

Рис. 2. 8. Вібраційні вертикальні млини: а - із відцентровим рухом; б - конусний млин; 1- корпус; 2 – завантажувальна воронка; 3– вивантажувальна воронка; 4-пружини; 5- опорний корпус; 6- електродвигун

Робочі органи млинів ударної дії (рис.2.9) працюють про колових швидкостях 80 м/с. Завдяки цьому в камері подрібнення створюється вентиляторний ефект, тобто підпір повітря по периферії камери і розрідження в її центрі. Таке явище зручно використовувати для живлення млина матеріалом і для транспортування подрібненого продукту.

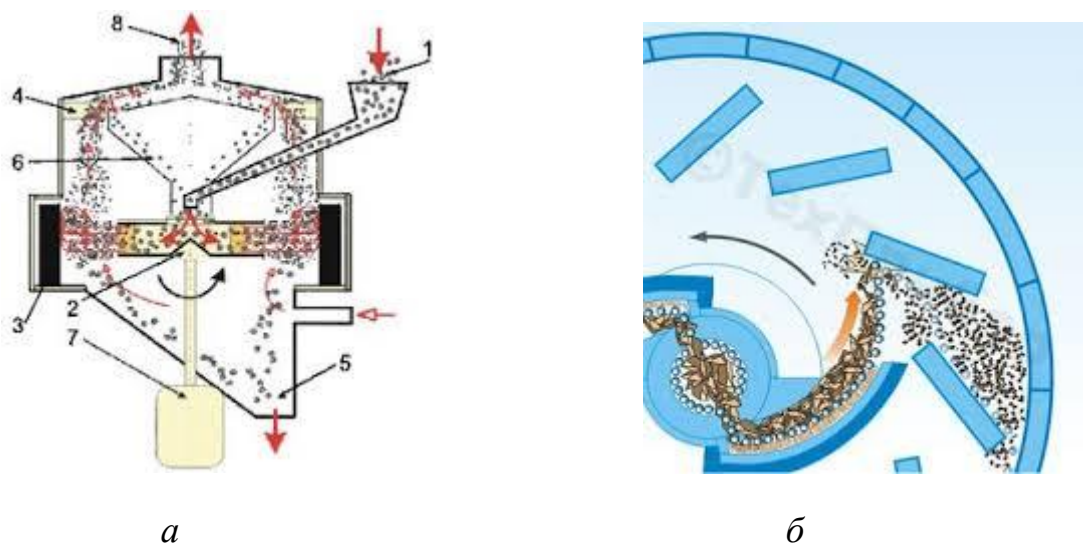


Рис.2.9. Ударні млини: а – відцентровий; б –шаровий.

Середньохідні млини. Середньохідні млини отримали свою назву внаслідок того, що їхні основні робочі органи наводяться у обертання із середньою швидкістю 1,67-5 об/сек. Вони призначаються для розмелювання таких матеріалів, як вугілля, каолін, сухі глини, крейда, тальк, вапно тощо середньої міцності.

Розмелювання в млинах здійснюється роздавлюванням і частково стиранням.

Існуючі типи середньохідних млинів поділяються на кульові з одно- або дворядним розташуванням куль, валкові, ролико-маятникові.

У валкових середньохідних млинах (рис.2.10) подрібнення матеріалу здійснюється роздавлюванням і частково стиранням між тарілкою 1, що обертається, і валками 2. Валки сидять на нерухомих осях, закріплених на важелях3, і притискаються до обертової тарілки пружинами 4. Тиск пружин від 2,0 до 500кН на ролик. При обертанні тарілки валки за рахунок тертя наводяться в обертальний рух, при цьому матеріал, що подається на тарілку, затягується між нею і валками і подрібнюється. Кількість валків зазвичай

приймається рівним двом. Швидкість обертання тарілки 3 м/с. Діаметр валка становить близько 0,7 діаметра тарілки, а ширина дорівнює 0,2 діаметра тарілки.

При холостому ході між валками та тарілкою є зазор приблизно 1,25 мм. При робочому ході за рахунок шару матеріалу, що лежить на тарілці, валики (ролики) трохи піднімаються, створюючи необхідний тиск на матеріал.

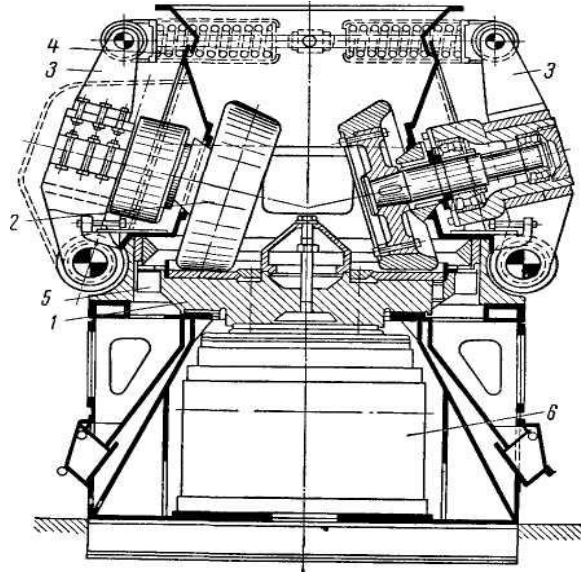


Рис. 2.10 Валковий середньохідний млин

Подрібнений матеріал підхоплюється потоком повітря або гарячих газів, що надходять через кільцевий канал 5, і виноситься вгору сепаратор, що монтується над млином. Обложені в сепараторі великі частинки матеріалу повертаються знову до млина на домол. Тарілка рухається електродвигуном через редуктор 6.

Валкові та кульові середньохідні млини в порівнянні з кульовими барабанными більш ефективні при розмелюванні матеріалів середньої та малої міцності.

Струменеві млини та їх конструкції. Струменеві млини класифікуються за такими ознаками:

за технологічним призначенням: з послідовним подрібненням та поділом та з поєднаним подрібненням та поділом, що здійснюються одночасно в одній камері;

за видом енергоносія: повітродвигунові (працюючі на стислому повітрі),

пароструминні (працюючі на перегрітій парі) та газоструминні (працюючі на інертному газі);

за конструктивною ознакою: млина з вертикальною трубчастою камерою для надтонкого подрібнення матеріалів (середній розмір одержуваних частинок менше 1 мкм); млина з плоскою помольною камерою для надтонкого подрібнення матеріалів (середній розмір одержуваних частинок менше 10 мкм); млина з протиточною (ежекторною) камерою для тонкого подрібнення матеріалів (середній розмір одержуваних частинок менше 60 мк).

Схема струменевого млина з плоскою помольною камерою представлена на рис.2.11.

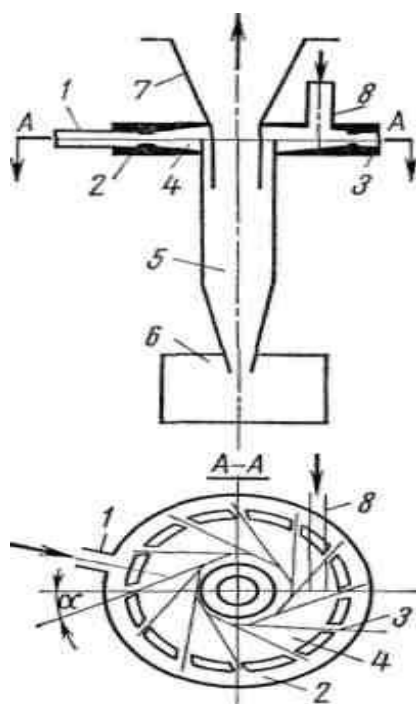


Рис.2.11. Струменевий млин з плоскою помольною камерою

Енергоносій надходить трубопроводом 1 в розподільний колектор 2, звідки через сопла 3 струменя газу зі швидкістю звуку закінчуються в помольно-розділову камеру 4. Осі сопел розташовані щодо відповідних радіусів камери під кутом α . Струмені, що перетинаються один з одним, утворюють багатокутник з центром на вертикальній осі камери. У центральній частині камери розташовується відцентровий пилоосаджувач, утворений двома трубами: великого діаметра 5, що з'єднує помольну камеру з приймачем

готового 6 продукту, і малого діаметра 7, що відводить відпрацьований енергоносій. Подрібнений матеріал подається в помольну камеру по трубі 8.

Частинки, захоплені круговим рухом газу, що рухається в камері, підсмоктуються струменями та прискорюються у них. У точках перетину струменів частинки стикаються один з одним і подрібнюються. Крім того, подрібнення відбувається у вихорах, що утворюються в порожнинах зниженого тиску між струменями та при обтіканні їх.

На частинки матеріалу в камері діють відцентрова і відцентрова сили. У процесі подрібнення частки матеріалу відцентрова сила зменшується швидше відцентрової. При досягненні певного розміру частки величина відцентрової сили перевищує відцентрову; частка, захоплена потоком газу, рухається від периферії до центральної частини камери і потрапляє в щілину, утворену трубами 5 і 7. Високі швидкості потоку і значні тангенціальні складові її призводять до утворення в трубі 5 потужного низхідного вихору, що облягає частинки матеріалу, що подрібнює. Притиснуті до внутрішньої поверхні труби частинки викидаються вихором до приймача 6. Близько 80% подрібнюваного матеріалу потрапляє до цього приймача, решта 20% несуть відпрацьований енергоносій. З них 15—17% уловлюються вторинним відцентровим пилоосаджувачем, інші 3-5% уловлюються при очищенні відпрацьованого енергоносія за допомогою матер'яного фільтра.

Противопотковий струменевий млин приведено на рисунку 2.12. В бункери 5 завантажуються вхідний матеріал, що підлягає подрібненню. У ліві і праві патрубки 3 одночасно подається повітря, яке, внаслідок наявності дифузорів 4, розташованих в корпусі 2, значно збільшує свою швидкість. Надалі суміш повітря і матеріалу в помольній камері 1 стикаються, де відбувається процес помелу. Подрібнений матеріал осідає в бункер, а вилучене повітря через патрубок 6 попадає в сепаратор, де відбувається остаточна його очистка. Розрахунок протипотокових струменевих млинів зводиться в основному до визначення конструктивних розмірів помольної камери.

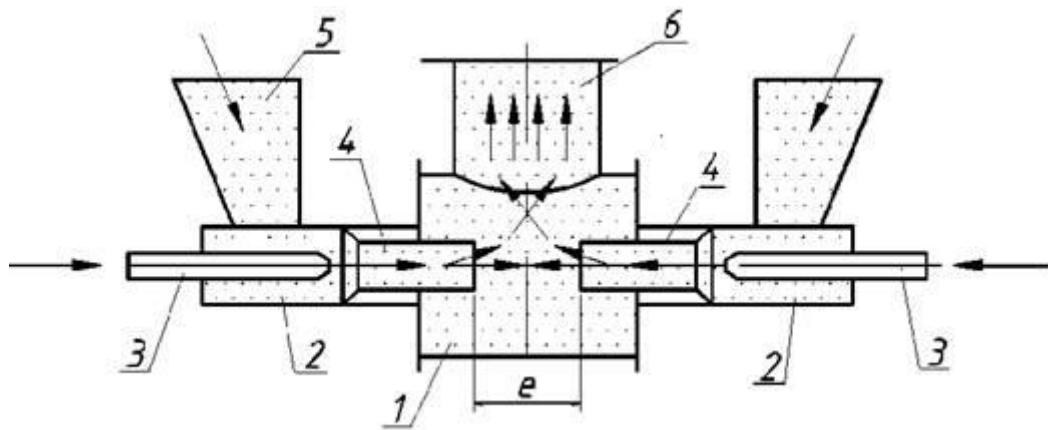


Рис. 2.12. Протипотковий струменевий млин.

2.3. Формування логістичної системи помелу матеріалів

Формування логістичної системи помелу матеріалів передбачає трансформацію та вдосконалення існуючої логістичної системи, який називається реінжинірингом логістичного процесу. Процес формування (створення) логістичних систем передбачає використання таких принципів системного підходу [1].

1. Послідовного просування по етапах створення системи (система спочатку повинна досліджуватися на макрорівні, тобто у взаємовідношенні з навколишнім середовищем, а потім на мікрорівні, тобто усередині своєї структури).
2. Узгодження інформаційних, ресурсних і інших характеристик систем, що проектуються.
3. Відсутності конфліктів між цілями окремих підсистем та всієї системи. У процедурі формування (або реінжинірингу) логістичної системи виділяють стадії проектування та планування, які, в свою чергу, поділяються на певні етапи, а також стадії реалізації та контролю (рис. 2.13).

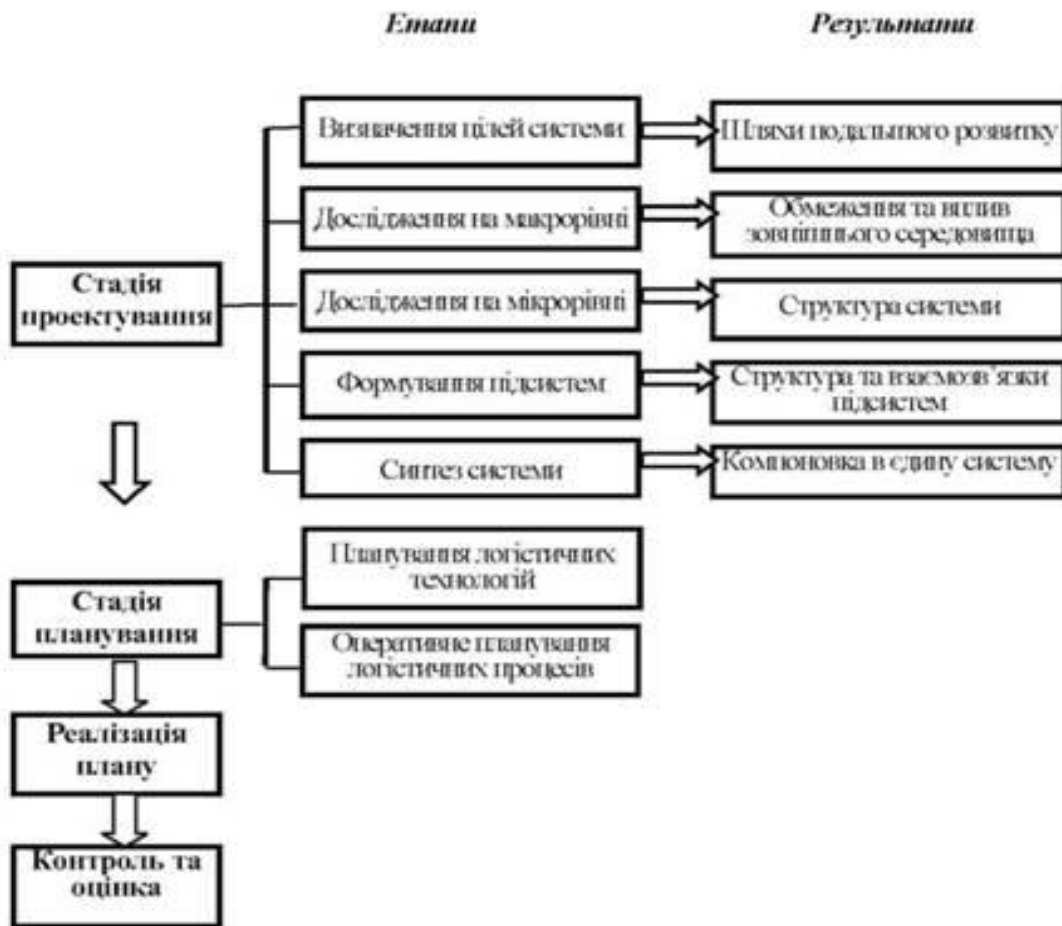


Рис.2.13. Стадії та етапи формування (реінжинірингу) логістичної системи

Розглянемо порядок формування або реінжинірингу логістичної системи підприємства.

На першій стадії розробляється проект логістичної системи. Процес проектування починається з етапу виявлення проблем та визначення цілей системи, в результаті формується логістична місія та комплекс цілей, які мають досягатись в певні періоди функціонування логістичної системи підприємства, визначаються можливі сфери його логістичної компетенції та шляхи подальшого розвитку. Конкретні цілі залежать від стану підприємства та його стратегії. Виходячи зі структури цілей визначаються завдання логістики в межах підприємства і всього ланцюга поставок. Поставлені цілі мають описувати конкретні параметри логістичної діяльності, які, як правило, представляють собою характеристики рівня логістичного обслуговування. Наприклад, підтвердження замовлення протягом 2 годин після його

надходження; доставка 98% замовлень протягом 48 годин після надходження. Також визначається величина загальних витрат для проектованої системи.

На другому етапі проводиться дослідження макроекономічних чинників впливу та взаємовідносин логістичної системи підприємства із зовнішнім середовищем. Вплив навколишнього середовища можна аналізувати за такими чинниками:

- - стан відповідних сегментів ринку та галузі;
- - діяльність конкурентів;
- - умови щодо географічного розташування логістичної мережі (рельєф місцевості, шляхи сполучення, розташування постачальників та споживачів);
- - зміна технологій (інформаційних, транспортування, вантажопереробки, пакування) та доступність матеріальних ресурсів (енергоносіїв та ін.);
- - стан зовнішньої логістичної інфраструктури (засоби транспортування, складування, комунікацій, кредитно-фінансова система, ринок логістичних послуг тощо);
- - тенденції розвитку сфери логістичних послуг;
- - державне регулювання.

З урахуванням існуючих передумов та обмежень визначається структура та конфігурація територіального розташування логістичної мережі, регулюються відносини її учасників.

На третьому етапі проектування системи проводяться дослідження на мікрорівні, тобто логістичної діяльності підприємства та його контрагентів. Вивченню підлягає весь логістичний процес і кожна логістична функція окремо, види матеріальних, інформаційних та фінансових потоків. Аналізуються дані про структуру замовлень, організацію їх обробки, планування потреб в ресурсах, виробничий потенціал та систему управління

підприємства, про організацію транспортного та складського господарства, структуру логістичного ланцюга (учасники, рівень інтеграції), витрати (виробництва, складські, транспортні, пакування тощо), показники виконання логістичних функцій (рівень сервісу, оборотність запасів, цикл виконання замовлення тощо). В результаті виявляються резерви вдосконалення логістичної діяльності, визначається структура логістичної системи підприємства (межі системи, склад її компонентів) на основі поєднання інформації, ресурсних та інших характеристик системи, що проектується, та з урахуванням існуючої й проектованої організаційної структури та логістичної інфраструктури підприємства, а також передового досвіду організації логістичних систем. Визначаються зв'язки логістичної системи та підсистем з іншими підсистемами підприємства. Проектування логістичної системи відбувається в параметрах простору і часу. Оскільки важливою характеристикою логістичної системи є географічне розміщення її складових елементів, на даному етапі визначають конфігурацію логістичної мережі.

На наступному етапі проводиться деталізація на рівні підсистем, визначається їх структура та взаємозв'язки. В складі логістичної системи виділяють такі основні підсистеми: транспортна, складська, управління запасами, інформаційна, логістичного обслуговування, логістичного менеджменту. На цьому етапі підприємство разом із партнерами опрацьовує можливі технічні й організаційні рішення щодо оптимізації виробництва, його гнучкості, стосовно змісту постачання та його організації, збуту та структури розподілу, організації партнерських відносин, інформаційних потоків, обслуговування споживачів.

П'ятий етап проектування — синтез системи, а саме аналіз різних варіантів компоновки підсистем в єдину систему та вибір найкращого. Вибір проводиться на основі оцінки та порівняння витрат та вигід альтернатив. Наприклад, покращити рівень сервісу шляхом скорочення циклу виконання замовлення підприємство може за рахунок використання додаткового складу або збільшення страхових запасів на існуючому складі. Для оцінювання проводиться порівняння скорочення циклу виконання замовлень та необхідних

логістичних витрат по двом варіантам. Таким чином, на даному етапі здійснюється скоординоване формування структури логістичної системи, яке усуває конфлікти між цілями окремих підсистем і цілями всієї системи. На цементних заводах помел клінкеру здійснюють за такими технологічними схемами: 1) одностадійний та двостадійний у відкритому циклі; 2) одностадійний та двостадійний у замкнутому циклі. Одностадійний відкритий цикл помелу застосовують у тому випадку, коли не потрібний матеріал з високою питомою поверхнею, а двостадійний помел для отримання шлакопортландцементу, що швидко твердіє, тобто клінкеру з більш високою питомою поверхнею в порівнянні зі шлаком. При двостадійному помелі грубе подрібнення клінкеру спочатку здійснюється в короткому однокамерному млині, а тонкий помел (крупки та шлаку) у другому млині до остаточного подрібнення. Для отримання швидкотвердних і високоміцних цементів доцільно застосовувати одностадійний помел в замкнутому циклі з проміжною сепарацією. Подрібнення клінкеру в замкнутому циклі із сепараторами може здійснюватися за двома схемами. За першою схемою подрібнений у трубному млині клінкер подають у відцентрові сепаратори, звідки крупка повертається на домол у першу камеру млина, а готовий продукт надходить на зберігання в силоси. За другою схемою матеріал вивантажують з першої або другої камери млина, подають у сепаратор і повертають крупку в другу камеру. Перша схема проста і зручна в експлуатації, її можна перевести на відкритий цикл, але в результаті деякого передрібнення матеріалу потрібна підвищена витрата електроенергії. Недоліки другої схеми – неможливість переходу на відкритий цикл, складні умови експлуатації. Однак ефективність помелу за цією схемою вища, ніж за першою. При двостадійному помелі в замкнутому циклі сепарація здійснюється після першого та другого млинів. Млини працюють у замкнутому циклі із сепараторами за першою схемою. У сепараторних млинах одержують цементи з більш одноманітним гранулометричним складом, ніж у млинах з відкритим циклом. Для отримання портландцементу з питомою поверхнею 2500—3000 см²/г клінкер розмелюють у багатокамерних трубних млинах

розміром 3,2X15, 3x14, 2,6X13 м та ін. для класифікації. На рисунку 2.14 приведена схема установки для помелу цементу у багатокамерному млину за відкритим способом.

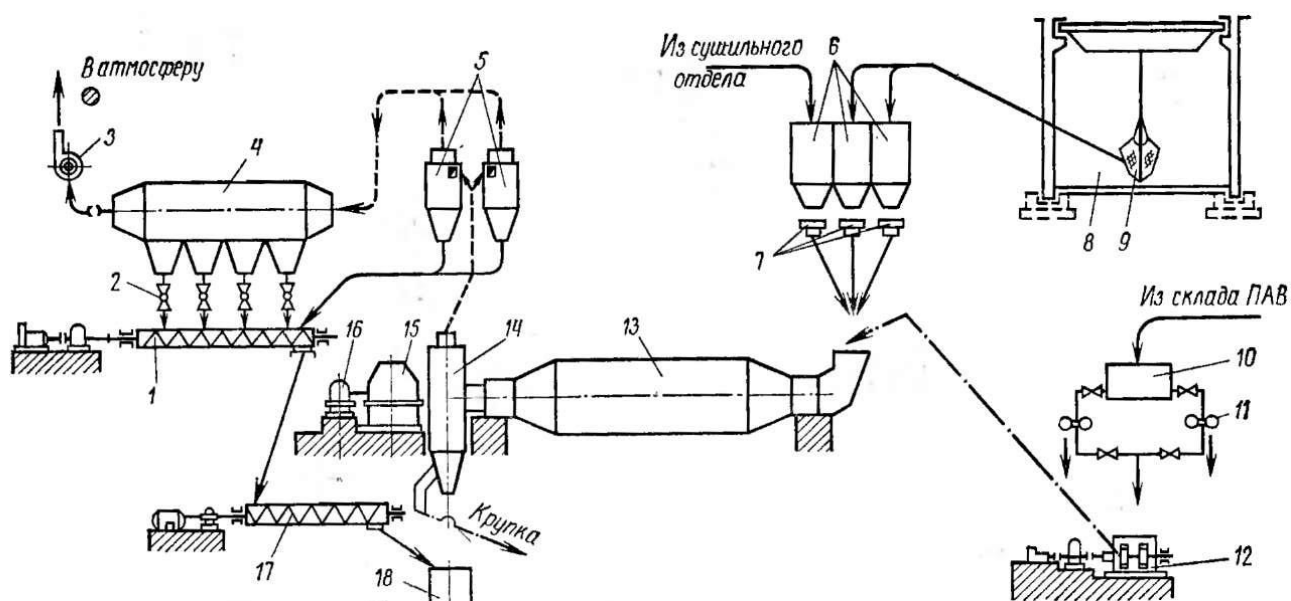


Рис.2.14 Схема установки для помелу цементу у багатокамерному млину за відкритим способом: 1,17 – гвинтові конвеєри; 2- розвантажувачі; 3 – аспіраційний вентилятор; 4- електрофільтр; 5- циклон; 6 – бункери; 7 – живильник; 8 – склад клінкера; 9- грейферний кран; 10- бак інтесификатора помелу; 11- ваги; 12- установка для приготування та подачі в млин добавки; 13 – багатокамерний млин; 14 – аспіраційна камера; 15 – редуктор; 16 – електродвигун; 18 – бункер для цементу; 19 – пневмогвинтовий насос.

Портландцементний клінкер і гіпс зі складу 8 подають грейферним краном 9 у видаткові бункери 6 млина. До одного з бункерів із сушильного відділення надходять гідравлічні добавки (туф, опока та ін.) або доменний гранульований шлак. Тарілчастими живильниками 7 матеріали з видаткових бункерів 6 рівномірно зсипаються в млин труби 13, де вони піддаються спільному тонкому подрібненню. З млина подрібнений матеріал рухається в аспіраційну шахту 14, а з неї - видатковий бункер цементу 18, з якого насосом 19 готовий цемент перекачується на склад в цементні силоси. Виходячи з барабана млина, сильно запилене цементне повітря очищається в аспіраційній шахті 14, потім в циклонах 5 і в електрофільтрі 4. Цемент, осаджений в циклонах і електрофільтрі, збирається гвинтовим конвеєром 1, направляється в

передавальний гвинтовий конвеєр 17, та в бункер цементу 18. Схема помелу клінкеру в замкнутому циклі приведена на рисунку 2.15, а установка для одночасного сушіння і помелу сировини на рисунку 2.16.



Рис. 2.15 Схема помелу клінкеру в замкнутому циклі

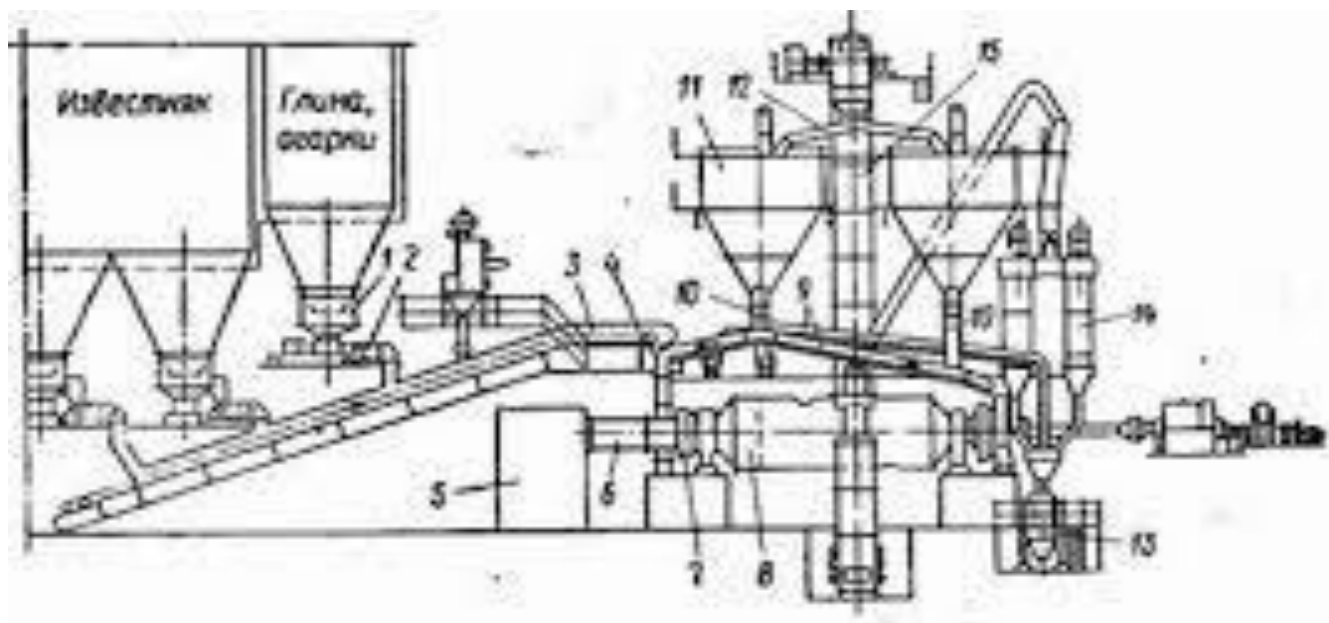


Рис. 2.16. Установка для одночасного сушіння і помелу сировини: 1 – тарільчастий живильник; 2 – стрічковий ваго вимірювач; 3 – стрічковий конвеєр; 4 – завантажувальна лійка; 5 – топка; 6 – трубопровід гарячого газу;

7 – горловина млина; 8 - трубний млин; 9,12 – аерожолоби; 10- шлюзові зачини;
 11 –сепаратори; 13 –камерний пневмонасос для транспортування сировини;
 14 – циклони аспіраційної установки(перша стадія очищення); 15 – ковшовий елеватор.

Схема помелу клінкеру в замкнутому циклі із сепараторами приведена на рисунку 2.17.

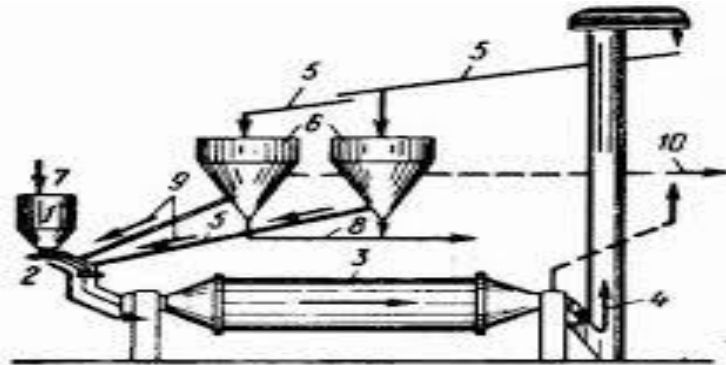


Рис. 2.17 Схема помелу клінкеру в замкнутому циклі із сепараторами:

1- бункер; 2 –ваговий дозатор; 3 – млин; 4 – ковшовий елеватор;
 5 – аерожолоби; 6 – сепаратори; 7- завантажувальна лійка; 8 –тонкі фракції цементу;
 9 – крупні фракції цементу; 10 – запилене аспіраційне повітря.

Певний інтерес представляє схема помелу клінкеру(рис.2.18), що поєднує сухий і мокрий способи.

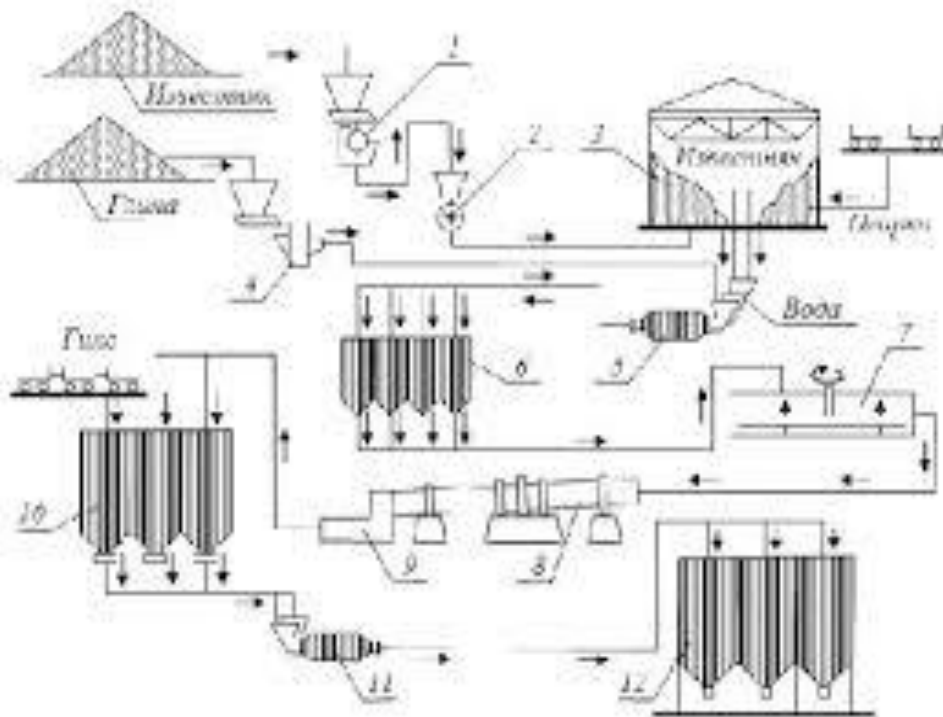


Рис. 2.18. Схема помелу клінкеру комбінованими способами.

2.4. Висновки по розділу.

1. Серед існуючих машин і обладнання для помелу матеріалу домінуюче місце займають барабанні млини із вільним та вібраційним переміщенням молотильних тіл.
2. На ефективність роботи барабанних млинів значно впливає маса молотильних тіл. За малої кількості молотильних тіл не забезпечується достатній підпір і кулі скочуватимуться, не піднявшись на оптимальну висоту. За надмірної кількості молотильних тіл подрібнення матеріалу знижується через малий простір для переміщення тіл.
3. Вібраційні млини завдяки великій частоті коливань ($\omega=25\ldots 50\text{ c}^{-1}$) молотильні тіла інтенсивне діють на матеріал і подрібнюють його. Характерним з точки зору роботи машини є те, що тіла і матеріал, що є у млині поволі повертаються в бік, протилежний напрямку обертання дебалансного вала.
4. Аналіз будови логістичних схем засвідчив ефективність застосування схеми установки для помелу цементу у багатокамерному млину за відкритим способом (рис.2.14), яка прийнята у якості основної із дослідженням роботи за принципом проектування стадій та етапів формування (реінжинірингу) логістичної системи (рис.2.13).
5. Основними підсистемами логістичної схеми установки для помелу цементу прийнято багатокамерний трубний (рис.2.3) та вібраційний (рис.2.5) млини.

Розділ 3. Дослідження параметрів та режимів роботи логістичної системи для помелу матеріалів.

3.1. Вибір обладнання, як підсистеми логістичної системи помелу матеріалів для дослідження її параметрів та режимів роботи.

Як показав здійснений аналіз обладнання (п.2.3) та здійснені висновки (п.2.4) основними, що підлягають дослідженням обґрунтовані дві конструктивні схеми машин - барабанні із вільним обертанням робочого органу (рис.2.3) та вібраційні (рис.2.5). Їх схеми наведені на рисунку 3.1.

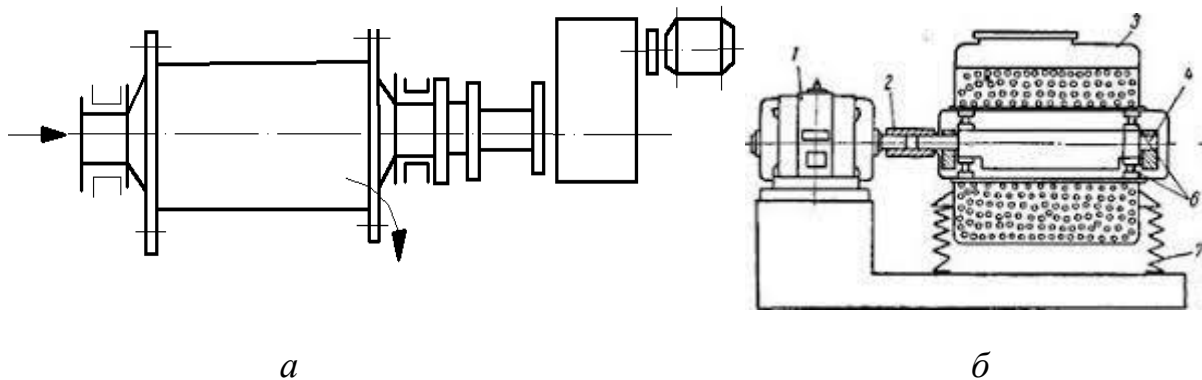


Рис.3.1. Схеми млинів: а - барабанний із вільним обертанням робочого органу;
б - вібраційний.

3.2. Теорія робочого процесу та дослідження параметрів барабанного млина із вільним обертанням робочого органу.

Основні розрахункові параметри барабанних млинів:

- кутова швидкість барабана;
- маса молотильних тіл;
- продуктивність;
- потужність електродвигуна.

3.2.1.Визначення та дослідження зміни кутової швидкості барабана.

Кутова швидкість барабана визначає характер руху молотильних тіл, від якого залежить інтенсивність подрібнення матеріалу в млині. У разі малої кутової швидкості барабана молотильні тіла і матеріал, що подрібнюється, зсуваються в

бік обертання барабана і разом з ним піднімаються на таку висоту, де кут підйому дорівнює куту тертя (точка А, рис.3. 2.,а). При підвищенні частоти обертання млина до певної тіл дещо збільшується. При збільшенні обертів (рис.3. 2.,б), молотильні тіла починають підніматися вище, відриватися і падати вниз. Тоді молотильні тіла (кулі або стержні) піднімаються на деяку висоту, сходять з колової траєкторії і починають рухатися параболічною траєкторією. Це початковий режим помелу, а із збільшенням обертів (рис.3. 2.,в) настає каскадний, ефективний режим помелу. Такий водоспадний режим забезпечує подрібнення не тільки стиранням, а в основному ударами падаючих тіл, завдяки чому значно підвищується інтенсивність помелу. За надмірної кутової швидкості барабана значно зростають відцентрової сили, які стають більшими за сили тяжіння і завдяки цьому молотильні кулі разом з матеріалом притискуються до стіни барабана й обертаються разом з ним і не відриваються навіть у точці В. Звідси паралельними шарами молотильні тіла і матеріал скочуються каскадом вниз. За каскадного режиму подрібнюється матеріал роздавлювання і стиранням тілами, що перекочуються.

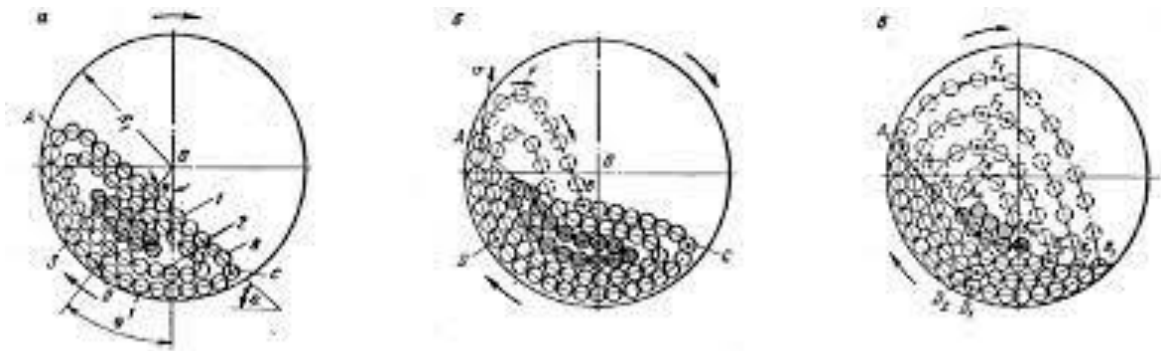


Рис. 3.2. Можливі варіанти розташування молотильних тіл за різних значеннях частоти обертання барабана млина.

Тому визначення раціонального значення частоти обертання барабана є однією із важливих задач визначення ефективних режимів помелу. За надмірної кутової швидкості барабана значно зростають відцентрової сили, які стають більшими за сили тяжіння і завдяки цьому молотильні кулі разом з матеріалом

барабана в точці А виникатиме, якщо $F_{в.ц} \leq G \cos \alpha$ (де α — кут підйому кулі, $\alpha = 35...40^\circ$).

З урахуванням $F_{в.ц} = m\omega^2 R$, а $G = mg$

$$\omega_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{g \cos \alpha}{R}}. \quad (3.3)$$

Теоретично показано, що найвигіднішим кутом відриву кулі є кут $54^\circ 40'$, оскільки за більшого кута куля за кидатиметься на протилежну стінку, не здійснивши подрібнення, а за меншого — не матиме достатньої енергії для руйнування матеріалу. З урахуванням $\alpha = 54^\circ 40'$ оптимальна кутова швидкість

$$\omega_{\text{опт}} = \frac{2,38}{\sqrt{R}}. \quad (3.4)$$

3.2.2. Визначення та дослідження зміни маси молотильних тіл.

На ефективність роботи барабанних млинів значно впливає маса молотильних тіл. За малої кількості молотильних тіл не забезпечується достатній підпір і кулі скочуватимуться, не піднявшись на оптимальну висоту. За надмірної кількості молотильних тіл подрібнення матеріалу знижується через малий простір для переміщення тіл. Ступінь завантаження барабана молотильними тілами характеризується коефіцієнтом завантаження K_3 — відношенням площі поперечного перерізу шару завантаження S (у спокійному стані) до площі поперечного перерізу барабана:

$$K_3 = \frac{S}{\pi R^2}, \text{ або } K_3 = \frac{m}{\pi R^2 L K_p \rho}, \quad (3.5)$$

де m — маса молотильних тіл, кг; R — внутрішній радіус барабана млина, м; L — внутрішня довжина барабана млина, м; K_p — коефіцієнт розпушення завантаження (для сталених куль і гальки $K_p = 0,575$, для сталених циліндрів $K_p = 0,55$); ρ — густина матеріалу молотильних тіл (для сталі $\rho = 7850$ кг/м³, для гальки $\rho = 2600$ кг/м³). Звідси оптимальна маса молотильних тіл, кг:

$$m = \pi R^2 K_3 K_p L \rho \quad (3.6)$$

Найкращі результати подрібнення забезпечуються при $K_3 = 0,26...0,32$ [1].

3.2.3 Визначення та дослідження продуктивності барабанних млинів.

Продуктивність барабанних млинів залежить від багатьох чинників: фізико-механічних властивостей матеріалу, тонкості подрібнення, розмірів

молотильних тіл, конструктивних особливостей млинів, режимів роботи, виду помелу (сухий чи мокрий) і т. ін. Через це теоретичний розрахунок продуктивності фактично неможливий і тому використовують емпіричні формули[1]:

$$\Pi = 6,45\sqrt{D} \left(\sqrt{\frac{G}{V}} \right)^{0,8} qk, \quad (3.7)$$

де D — внутрішній діаметр млина, м; G — маса молотильних тіл, т; V — внутрішній об'єм млина, м³; q — питома продуктивність млина, що залежить від матеріалу та способу помелу (при помелі клінкеру $q = 0,04 \dots 0,06$ т/кВт · год); k — коефіцієнт, що залежить від тонкості помелу 0,09 мм ($k = 0,86 \dots 1,17$) [1].

Продуктивність млинів, що проектуються, може бути розрахована на основі подібності останніх з впровадженими вже у виробництво механізмами, в яких відомі конструктивні характеристики та технологічні показники:

$$\Pi = \frac{100}{\beta - \alpha} K_{\phi} K_{кр} K_{др} K_T q_0 V, \quad (3.8)$$

де α, β — вміст розрахункового класу відповідно в подрібненому та вихідному продуктах; K_{ϕ} — коефіцієнт змінювання діаметра млина, $K_{\phi} = \sqrt{\frac{D_{\Pi}}{D_B}}$, — діаметр барабана млина, що проектується; D_{Π} — діаметр барабана відомого млина; D_B — коефіцієнт крупності живлення; $K_{др}$, — коефіцієнт подрібнення порівнюваних матеріалів (для м'яких порід $K_{др} = 1,5 \dots 2,0$; для порід середньої твердості $K_{др} = 1$, для твердих матеріалів $K_{др} = 0,5 \dots 0,7$); K_T — коефіцієнт, що враховує від-мінність у порівнюваних млинах (при переході від млина з центральним завантаженням до млина з вивантаженням крізь щілину $K_T = 1,15 \dots 1,25$, при переході навпаки $K_T = 0,8 \dots 0,87$); q_0 — питома продуктивність відомого млина за розрахунковим класом, т/м³ · год); V — об'єм млина, що проектується, м³.

3.2.4 Визначення та дослідження потужності двигуна барабанних млинів.

Потужність двигуна барабанних млинів визначається за енергією на підйом молотильних тіл і матеріалу, надання їм кінетичної енергії і на подолання сил тертя в механізмах привода та опорах барабана. Робота A_1 , що витрачається на піднімання, Дж:

$$A_1 = (m + m_m)gh, \quad (3.9)$$

де m — визначається за (2.86); m_m — маса матеріалу, що подрібнюється, складає близько 14%, тобто $m_m = 0,14m$.

Для визначення висоти h необхідно знати радіус і середній кут відриву. Для цього скористаємося такими міркуваннями. Без значних похибок можна всі шари завантаження, які рухаються на своїх радіусах (див. рис.3.3), замінити одним зведеним (редукованим) шаром радіуса

$$R_0 = \sqrt{\frac{R^2 + R_1^2}{2}},$$

де R і R_1 — відповідно внутрішній радіус барабана і відстань від центра барабана до внутрішнього шару завантаження. При ступені заповнення барабана 0,3 радіус $R_0 = 0,86R$. Кут відриву частинок зведеного шару $\cos \alpha_0 = \frac{R_0 \omega^2}{g}$. Враховуючи, що $R_0 = 0,86R$ і $\omega_{\text{опт}} = \frac{2,38}{\sqrt{R}}$ (див. формулу (3.4)), маємо

$\cos \alpha_0 = \frac{0,86R \cdot 2,38^2}{gR} \approx 0,5$, де $\alpha_0 = 60^\circ$. Тоді висота підйому завантаження зведеного шару

$$h = 4R \sin^2 \alpha_0 \cos \alpha_0 \approx 1,3R.$$

Остаточно формулу (3.9) напишемо так:

$$A_1 = 1,3(m + m_m)gR, \text{ Дж.} \quad (3.10)$$

Робота A_2 , що витрачається на надання молотильним тілам і матеріалу кінетичної енергії

$$A_2 = \frac{mR_0^2 \omega^2}{2} = \frac{mR_0^2}{2} \left(\sqrt{\frac{g \cos \alpha_0}{R_0}} \right)^2,$$

або з урахуванням R_0 і α_0

$$A_2 = 0,214(m + m_m)gR, \text{ Дж.} \quad (3.11)$$

Отже, загальна робота на один цикл циркуляції завантаження, Дж:

$$A = A_1 + A_2 = 1,514(m + m_m)gR. \quad (3.12)$$

Потужність двигуна, необхідна для роботи подрібнення, Вт:

$$P_{\text{подр}} = \frac{A\omega Z}{2\pi}, \quad (3.13)$$

де Z — число циркуляцій. Здійснені ні дослідження і розрахунки показують, що за один оберт барабана здійснюється $Z = 1,64$ циркуляції. Визначена енергоємність процесу помелу(рис.3.4).

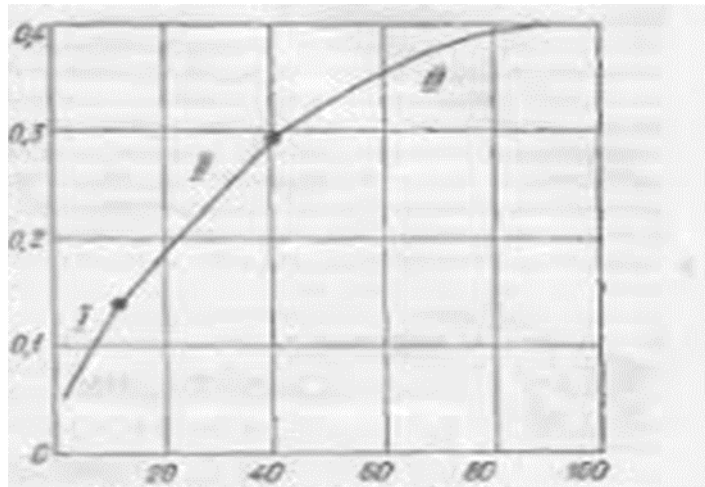


Рис. 3.4. Витрати енергії на помел цементного клінкеру: по ординаті-питома поверхня помел цементного клінкеру; по абсцисі – витрати енергії на помел цементного клінкеру; I,II,III – етапи помелу.

Частку потужності двигуна на подолання сил тертя визначають за відомою залежністю

$$P_T = M_T \omega = F_H \mu r_{ц} \omega, \quad (3.14)$$

де F_H — навантаження на підшипнику, Н; μ — коефіцієнт тертя в підшипниках; $r_{ц}$ — радіус цапфи, м.

Загальна потужність двигуна, Вт:

$$P_{дв} = \frac{P_{подр} + P_T}{\eta}, \quad (3.15)$$

3.3. Теорія робочого процесу та дослідження режимів та параметрів вібраційного млина

3.3.1. Теорія робочого процесу.

Дослідження режимів та параметрів вібраційного млина розглядаємо, як динамічну систему, що моделюється одномасною схемою (рис.3.5):

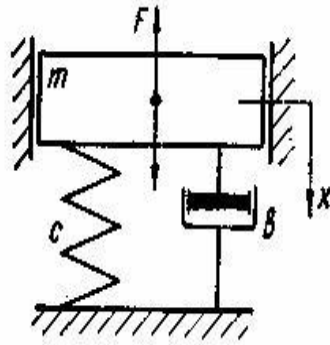


Рис.3.5 Модель вібраційного млина: c — коефіцієнт пружності;
 b — коефіцієнт опору; x — переміщення; $F(t)$ — сила.

Якщо на масу m діє сила $F(t)$, то пружина і демпфер чинитимуть опір. При цьому, пружність пропорційна переміщенню, а та сила, що виникає при цьому, називається пружною силою: $F_{\text{пр}} = cx$. Сила, що виникає в демпфері, пропорційна швидкості і називається силою опору: $F_{\text{оп}} = b\dot{x}$. Для того щоб система перебувала в рівновазі з діючими силами, у відповідності з принципом Даламбера, необхідно додати фіктивну силу інерції системи або скористатися відомою умовою, що діючі в системі сили дорівнюють масі системи m , помноженій на прискорення цієї системи \ddot{x} :

$$m\ddot{x} = -cx - b\dot{x} + F(t),$$

або
$$m\ddot{x} + b\dot{x} + cx = F_0 \sin \omega t. \quad (3.16)$$

Визначене рівняння (3.16) містить усі характеристики процесу, що відображає схема млина (рис.3.4). Відомі розмірності коефіцієнтів, що визначають ті чи інші сили. При дослідженні руху вібраційного млина, моделі яких відповідають рівнянню (3.16), виникає необхідність у визначенні маси m , коефіцієнтів b і c , сили $F(t)$ або розв'язання задачі про визначення переміщення системи при відомих параметрах, тобто $x = f(m, b, c, F, t)$. Числове значення маси m залежить від маси рухомого робочого органу вібраційного млина та маси молотильних тіл та маси клінкеру, що подрібнюється. Оптимальна маса молотильних тіл визначається по формулі (3.6). Коефіцієнти b і c можна визначити на загальних підставах розгляду рівняння (3.16). Так, для знаходження пружності c варто

розглянути спрощене рівняння (3.16) за умови, що $b = 0$ і $F = 0$. Тоді рівняння (3.16) матиме вигляд

$$m\ddot{x} + cx = 0 \text{ або } \ddot{x} = -\left(\frac{c}{m}\right)x. \quad (3.17)$$

Із (3.17) видно, що x є такою функцією часу, яка після дворазового диференціювання перетворюється знову на таку саму функцію, тільки помножену на постійну від'ємну величину. Такими функціями є синус і косинус. Тому розв'язок (3.17) має вигляд

$$x = x_0 \cos \omega_0 t. \quad (3.18)$$

Розв'язок (1.3) у графічному вигляді являє собою переміщення системи зі сталою амплітудою x_0 і власною частотою коливань ω_0 . Такий режим руху називають незгасаючими власними коливаннями консервативної системи.

Якщо взяти першу та другу похідні від (1.3), то послідовно матимемо

$$\dot{x} = -x_0 \omega_0 \sin \omega_0 t \text{ і } \ddot{x} = -x_0 \omega_0^2 \cos \omega_0 t. \quad (3.19)$$

Неважко визначити, що при $t=0$ $\ddot{x} = -x_0 \omega_0^2$ із (3.19), можна встановити співвідношення ω_0 і c/m , яке має вигляд

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}}. \quad (3.20)$$

Ми отримали залежність між частотою власних коливань вібраційного млина із пружно-інерційними властивостями млина c і m . Ця частота визначає динамічну індивідуальність вібраційного млина системи і тому її називають частотою власних коливань. Тепер із (3.20) можна при відомих значеннях m і ω_0 визначити загальний коефіцієнт пружності c вібраційного млина:

$$c = \omega_0^2 m. \quad (3.21)$$

Для визначення коефіцієнта b необхідно розглянути рівняння (3.17) з урахуванням опору

$$m\ddot{x} + b\dot{x} + cx = 0. \quad (3.22)$$

Рівняння (3.22) має першу та другу похідні і його розв'язок відрізнятиметься від розв'язок (3.18). Функція, що задовольняє (3.22), має вигляд

$$x = x_0 e^{st}. \quad (3.23)$$

Розв'язок (3.23) у графічному вигляді являє собою рух вібраційного млина із згасаючими коливаннями. Початкова амплітуда руху вібраційного млина є x_0 , а характер згасання визначається показником S основи натурального логарифма l .

Показник ступеня S визначають диференціюванням (3.23)

$$\dot{x} = x_0 S e^{st} \quad \text{і} \quad \ddot{x} = x_0 S^2 e^{st}.$$

Ці похідні підставляють у рівняння (3.22) і отримують

$$(mS^2 + bS + c)x_0 e^{st} = 0.$$

Розв'язок квадратного рівняння $mS^2 + bS + c = 0$ дає змогу знайти невідомі корені

$$S_{1,2} = -\frac{b}{2m} + i \sqrt{\frac{c}{m} - \left(\frac{b}{2m}\right)^2},$$

де $i = \sqrt{-1}$.

Тоді загальний розв'язок рівняння (3.22) буде трансформований у вид

$$x = x_0 e^{(bt/2m)+iqt} = x_0 e^{-bt/2m} e^{iqt}. \quad (3.23)$$

При використанні відомої формули Ейлера $e^{iqt} = \cos qt + i \sin qt$ розв'язок (3.23) має такий остаточний вигляд

$$x = e^{-bt/2m} (A_1 \cos qt + A_2 \sin qt), \quad (3.24)$$

де q — частота власних коливань вібраційного млина з урахуванням згасання,

$$q = \sqrt{\frac{c}{m} - \left(\frac{bt}{2m}\right)^2}. \quad (3.25)$$

Показник $\frac{bt}{2m}$ відображає опір і темп згасання руху вібраційного млина і для його моделі (рис.3.4) є сталою величиною для періоду T і називається логарифмічним декрементом коливань:

$$\delta = \frac{bT}{2m}. \quad (3.26)$$

Експериментально коефіцієнт δ визначається за осцилограмами згасаючих коливань системи,

$$\delta = \ln \frac{x_{\Pi}}{x_{\Pi+1}},$$

де x_{Π} , $x_{\Pi+1}$ — амплітуди згасаючих коливань, що відповідають початку та кінцю Π — періоду (циклу) коливань. Визначити коефіцієнт δ можна і через коефіцієнт поглинання енергії Ψ :

$$\delta = \Psi/2, \quad (3.27)$$

де $\Psi = \frac{\Delta\Pi}{\Pi}$ ($\Delta\Pi$ — енергія, що поглинається вібраційним млином за один період коливань; Π — потенціальна енергія вібраційного млина).

Застосовують у розрахунках і коефіцієнт втрат

$$\gamma = \frac{\Psi}{2\pi} = \frac{\delta}{\pi}. \quad (3.28)$$

Враховуючи (3.27), (3.28) і за умови, що $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{c}}$, матимемо залежність для визначення коефіцієнта b , який враховує розсіяння енергії у вібраційному млину:

$$b = \frac{\Psi c}{2\pi\omega} = \gamma \frac{c}{\omega}. \quad (3.29)$$

Методика визначення сили $F(t)$ залежить від характеру взаємодії вібраційного млина з оброблюваним середовищем.

3.3.2 Дослідження режимів та параметрів вібраційного млина.

Тепер вирішимо рівняння (3.16) для визначення амплітуди коливань вібраційного млина. Розв'язок рівняння (3.16) у загальному вигляді укладатиметься з двох частин:

$$x = x_b e^{-st} (\sin \omega_1 t + \varphi_0) + x_0 \sin(\omega t + \varphi) \quad (3.30)$$

Перша складова частина (3.30) відображає власні згасаючі коливання вібраційного млина, які швидко згасають і в залишаються лише змушені коливання, визначувані другою складовою рішення (3.30). Оскільки важливим є сталий режим роботи вібраційного млина, то рішення в такому режимі визначаються другою складовою рівняння (3.30):

$$x = x_0 \sin(\omega r + \varphi), \quad (3.31)$$

де амплітуда x_0 і кут фаз між переміщенням вібраційного млина і змушувальною силою F . Кут φ — невідома величина, визначення якої і становить головну задачу. Для знаходження цих параметрів класичним методом визначають першу і другу похідну [2] котрі підставляють у рівняння (3.16), а потім — після зведення подібних членів — знаходять шукані параметри. Такий шлях є трудомістким, а зручним, з погляду аналізу процесу, що здійснюється вібраційним млином, є метод векторних діаграм [1], яким і скористуємося. Метод векторних діаграм полягає в тому, що на площині діаграми відкладають амплітудні значення радіусів-векторів, що обертаються з однаковою кутовою швидкістю. Така інтерпретація всебічно віддзеркалює зміст диференціального рівняння і дає змогу наочніше з'ясувати вплив тих чи інших сил на рух вібраційного млина. Відкладемо амплітуду переміщення у вигляді вектора, напрямленого вгору (рис.3.6). Тоді вектор амплітуди сили пружності cx_0 матиме напрям вниз. Сила опору: $b\dot{x} = bx_0\omega \cos(\omega t - \varphi)$ має амплітуду $bx_0\omega$ і її вектор повернений на 90° в напрямі руху обертання. Інерційна сила

$m\ddot{x} = mx_0\omega^2 \sin(\omega t - \varphi)$ має амплітуду $mx_0\omega^2$, і її вектор повернений на 90° відносно сили опору, тобто перебуває у протифазі з силою пружності. Амплітуда змушувальної сили випереджає переміщення вібраційного млина на кут φ .

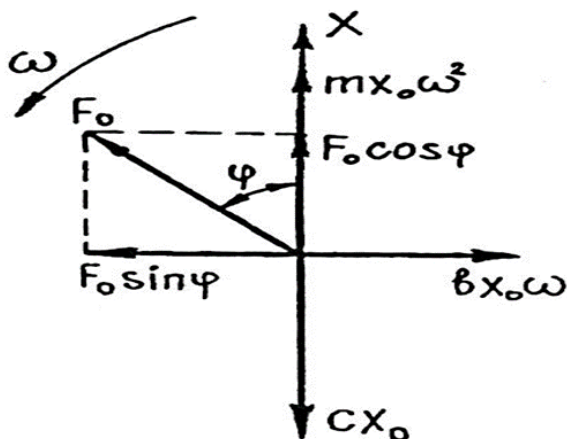


Рис.3.6 Векторна діаграма сил, що діють у вібраційному млині.

Для визначення амплітуди переміщення і кута зсуву фаз у вібраційному млині розглянемо умову рівноваги проекції сил на вертикальну і горизонтальні осі

$$\begin{aligned} \sum y &= cx_0 - mx_0\omega^2 - F_0 \cos\varphi = 0; \\ \sum x &= bx_0\omega - F_0 \sin\varphi = 0. \end{aligned} \quad (3.32)$$

Перепишемо ці рівняння в такому вигляді:

$$\begin{aligned} cx_0 - mx_0\omega^2 &= F_0 \cos\varphi, \\ bx_0\omega &= F_0 \sin\varphi. \end{aligned} \quad (3.33)$$

Піднесемо кожне рівняння (3.33) до квадрата, складемо їх і із отриманого виразу отримаємо формулу для визначення амплітуди коливань вібраційного млина у вигляді:

$$x_0 = \frac{F_0}{\sqrt{(c - m\omega^2)^2 + (\omega b)^2}} \quad (3.34)$$

Поділивши друге рівняння системи (3.33) на перше, дістанемо вираз для визначення фазового кута

$$tg\varphi = \frac{b\omega}{c-m\omega^2}. \quad (3.35)$$

Як впливає із векторної діаграми сил у вібраційному млині, кут зсуву фаз φ виражає собою опір системи, тобто розсіяння енергії у млині. При цьому змушувальна сила для дотримання рівноваги повинна мати складову $F_0 = \sin\varphi = bx_0\omega$. Цей кут може бути легко заміряний пристроєм, що фіксує в часі максимальне відхилення робочого органу і положення дебалансів. Через це деколи використовують формули для визначення амплітуди коливань, якщо опір враховується не коефіцієнтом b , а кутом φ . Скористаємося для цього першим рівнянням системи (3.33)

$$x_0 = \frac{F_0}{c-m\omega^2} \cos\varphi. \quad (3.36)$$

Формулу (3.36) можна записати у безрозмірному вигляді, для чого всі члени її поділимо на коефіцієнт жорсткості пружин вібраційного млина c і введемо позначення, що $\left(\frac{F_0}{c} = x_{ст}\right)$ — статична осадка вібраційного млина, а $\left(\frac{c}{m} = \omega_0^2\right)$ — власна частота коливань вібраційного млина.

Змушувальна сила вібраційного млина: $F_0 = m_0 r_0 \omega^2$ є функцією квадрата частоти, і підставивши її вираз у (3.36) і розділивши на $m\omega^2$, отримаємо:

$$x_0 = \frac{m_0 r_0 \omega^2 \cos\varphi}{c-m\omega^2} = \frac{m_0 r_0 \omega^2 \cos\varphi}{m\omega_0^2 - m\omega^2} = x'_0 \frac{\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}{1-\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} \cos\varphi; \quad (3.37),$$

Де

$$\lambda = \frac{\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}{1-\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2},$$

де λ — коефіцієнт динамічності коливань вібраційного млина, а

$$x'_0 = \frac{m_0 r_0}{m} \quad (3.39)$$

амплітуда коливань вібраційного млина без урахування сил опору і пружності.

Наявність коефіцієнта динамічності дає змогу прослідкувати за режимом руху по зміні цих коефіцієнтів залежно від частоти коливань робочого органу. Така залежність $\lambda = f(\omega)$ має назву амплітудно-частотної характеристики коливань вібраційного млина (рис.3.7).

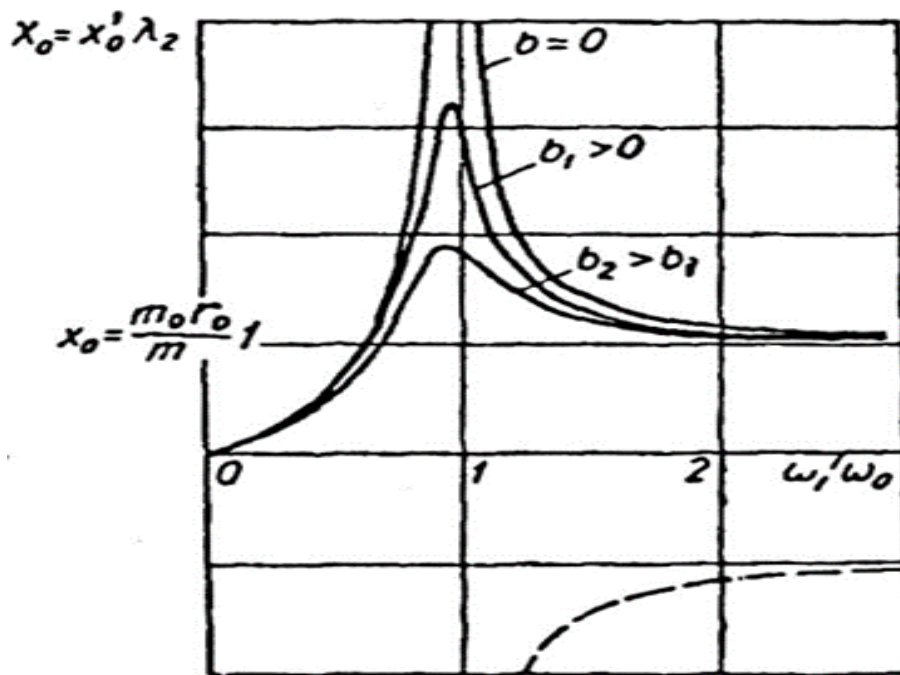


Рис. 3. 7. Амплітудно-частотна характеристика вібраційного млина.

Є три характерні зони: $\omega \rightarrow 0$ — дорезонансний; $\omega = \omega_0$ — резонансний і $\omega > \omega_0$ — за резонансний режим руху коливань вібраційного млина. Цілком слушний висновок, що у до резонансному режимі коливання вібраційного млина керується впливом пружних сил: $x_0 \approx \frac{F_0}{c}$, у резонансі, що відповідає куту $\varphi = 90^\circ$ (див. діаграму рис.3.6), амплітуда стримується тільки опором: $x_0 = \frac{F_0}{b\omega}$, оскільки інерційні та пружні сили зрівноважуються: $m x_0 \omega^2 = c x_0$, а у зарезонансному режимі впливовими є інерційні властивості: $x_0 = \frac{F_0}{m\omega^2}$, тому що сили $b x_0 \omega$ і $c x_0$ мізерно малі. При цьому m — маса вібраційного млина, яка

коливається і включає масу корпусу m_r , масу матеріалу m_m молотильних тіл m_m і масу дебалансного вала m_g тобто

$$m = m_k + m_g + \alpha(m_m + m_m). \quad (3.40)$$

Коефіцієнт a враховує приєднання завантаження до коливань ($\alpha \approx 0,2 \dots 0,3$).

Коефіцієнт опору b оцінює сили розсіювання енергії і в реальних умовах роботи млинів не впливає на динаміку машини. Коефіцієнт пружності c визначають з умов роботи млина: відношення частоти вібрації ω до частоти власних коливань ω_0 приймають у межах $\frac{\omega}{\omega_0} = 4 \dots 5$. Такий режим є за резонансним, оскільки власна частота менша від частоти вібрації, і тоді $c = m\omega_0^2$. За відомих x_0 і ω з технології послідовно визначаємо m , c і $m_0 r_0$. Потужність млина складається з потужності на коливання P_k і тертя в опорах $P_{тр}$. Потужність на коливання, Вт, визначимо як добуток сили F_0 на швидкість $x_0 \omega$:

$$P_k = \frac{F_0 x_0 \omega}{2}, \quad (3.41)$$

а потужність на тертя в опорах — за залежністю (3.14). Тоді загальна потужність двигуна вібраційного млина

$$P = \frac{P_k + P_{тр}}{\eta}, \quad (3.42)$$

де η — ККД привода вібраційного млина.

Виконано кількісний аналіз усіх статей витрати потужності, що підводиться до вібромлину: втрати потужності в електродвигуні; потужності, що повідомляється завантаженню; втрати потужності у вібраторі; втрати потужності у пружній опорі. На рисунку 3.8. наведена залежність продуктивності вібраційного млина Π від середньої споживаної потужності P .

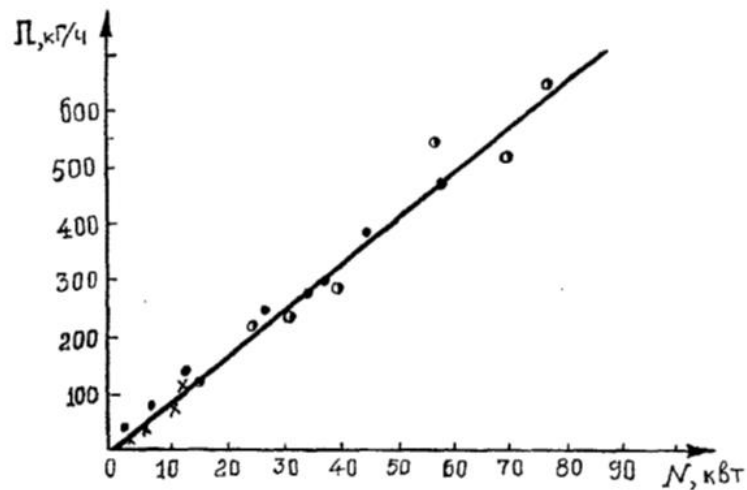


Рис.3.8. Залежність продуктивності вібромлина П від середньої споживаної потужності Р.

Таким чином запропоновано методику проектування нового вібраційного млина полягає в наступному. Проектування повного млина починається з визначення потужності Р, що витрачається на помел, по заданій величині продуктивності P і необхідної дисперсності q одержуваного продукту

3.4. Висновки по розділу

1. Здійсненим аналізом існуючого обладнання для помелу матеріалу обґрунтовані дві конструктивні схеми машин - барабанні із вільним обертанням робочого органу та вібраційні млини.
2. Дослідженнями робочого процесу барабанних млинів із вільним обертанням отримані аналітичні залежності для визначення кутової швидкості барабана, маси молотильних тіл, продуктивності та потужності електродвигуна, які відображають раціональний режим роботи процесу помелу клінкеру для отримання цементу.
3. Дослідженнями робочого процесу вібраційного млина отримані аналітичні залежності для визначення амплітуди коливань, співвідношення частот вимушених та вільних коливань, які забезпечують віброізоляцію млина від фундаменту та залежності для визначення потужності приводу.

Розділ 4. Конструкторська частина. Розрахунки параметрів

4.1. Розрахунок параметрів барабанного млина.

Вихідні дані для розрахунку параметрів барабанного млина наведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1. Технічні характеристики барабанного млина

№ п/п	Параметри	Числові значення
1	Продуктивність, <i>т/годину</i>	130
2	Розміри барабана млина: внутрішній діаметр, мм довжина, мм	4120 10000

Розрахунок параметрів:

- корисний об'єм млина;
- маса молотильних тіл;
- розрахункова продуктивність;
- потужність приводу трубного млина.

Корисний об'єм млина розраховуємо за формулою:

$$V_k = \pi R^2 L \quad (4.1)$$

Підставляючи вихідні дані, отримаємо:

$$V_k = 3,14 * 2,06 * 10 = 133,3 \text{ м}^3.$$

Масу молотильних тіл, що знаходяться у млині визначаємо за формулою:

$$G = V_k * \varphi * \rho_{нас}^{м.т} \quad (4.2)$$

де φ - коефіцієнт заповнення об'єму млина молотильними тілами ($\varphi = 0,25 \dots 0,32$); $\rho_{нас}^{м.т}$ - насипна щільність молотильних тіл, т/м^3 .

Після підстановки даних у формулу (4.2) визначаємо масу молотильних тіл:

$$G = 133,3 * 0,25 * 2,87 = 95,6 \text{ т.}$$

Розрахункову продуктивність визначаємо за формулою (3.7):

$$Q = 6,45\sqrt{D} \left(\sqrt{\frac{G}{V}} \right)^{0,8} qk, \quad (4.3)$$

де D — внутрішній діаметр млина, м; G — маса молотильних тіл, т; V — внутрішній об'єм млина, м³; q — питома продуктивність млина, що залежить від матеріалу та способу помелу (при помелі клінкеру $q = 0,04...0,06$ т/кВт · год); k — коефіцієнт, що залежить від тонкості помелу 0,09 мм ($k = 0,86... 1,17$).

Після підстановки числових значень параметрів, що входять у формулу (4.3) отримаємо, що розрахункова продуктивність становитиме в тонах матиме числове значення:

$$Q = 6,45 \cdot 133,25 \cdot \sqrt{4,12} \left(\frac{95,6}{133,25} \right)^{0,8} \cdot 0,05 \cdot 0,9 \cdot 1,1 = 66,2$$

Отже, розрахункова продуктивність трубного млина майже в два рази менше заданого значення. Це означає, що у прийнятту логістичну схему помелу цементного клінкеру (рис.2.14) необхідно поставити два млини. В результаті здійсненого за формулою (3.15) визначенню роботи A на помел ($A = A_1 + A_2 = 1,514(m + m_m)gR$) а потім і загальну потужність двигуна трубного млина за формулою (3.15) отримали значення: $P_d = 19575$ кВт. За каталогом довідника [3] параметри розрахованого трубного млина є прототипом серійного млина СММ-3.5(табл.4.2)

Таблиця 4.2 Технічна характеристика трубного млина

№ п/п	Параметри	Числові значення
1	Продуктивність, т/ч	130
2	Розміри барабана млина: внутрішній діаметр, мм довжина, мм	4120 10000
3	Частота обертання млина в режимі помелу, об/хв	15,6
4	Потужність приводу трубного млина, кВт	2000
5	Маса молотильних тіл, т	120

6	Загальна маса млина, т.	300
---	-------------------------	-----

4.2. Розрахунок параметрів вібраційного млина.

Вихідні дані для розрахунку параметрів вібраційного млина наведені в таблиці 4.3

Таблиця 4.3. Вихідні дані для розрахунку параметрів вібраційного млина

№ п/п	Параметри	Числові значення
1	Амплітуда коливань, мм	0,1...0.2
2	Частота коливань, $\omega, \text{с}^{-1}$	25...50

Розрахунок параметрів:

- маса млина, молотильних тіл та клінкеру цементу, що коливається;
- статичний момент маси дебалансів;
- зовнішня вимушена сила;
- потужність приводу.

Маса млина, молотильних тіл та клінкеру цементу, що коливається розраховується за формулою (3.40):

$$m = m_k + m_g + \alpha(m_m + m_m),$$

де m — маса вібраційного млина, яка коливається і включає масу корпусу m_r , масу матеріалу m_m молотильних тіл m_m і масу дебалансного вала m_g .

Використовуючи дані (табл. 4.4) будемо мати для вібраційного млина М400, що загальна маса коливальних частин всього млина має значення:

$$m = 1640 + 520 = 2160 \text{ кг.}$$

Статичний момент маси дебалансів для вібраційного млина М400 $m r_o = 240 \text{ кгсм.}$

Зовнішня вимушена сила $F_o = m r_o * \omega^2$ для вібраційного млина М400 дорівнює:

$$F_o = 240 \cdot 900 = 216 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Таблиця 4.4 Числові значення вібраційних млинів (частота 30 с^{-1}) при сухому помелі піску шарами д.10-20мм

№ п\п	Марка млина	Статичний момент маси вібратора. кгсм	Об'єм корпусу, дм^3	вага		Амплі -туда коливань, мм	Потужність, кВт		Потужність, кВт
				Завантаження, кг	Коливань частин млина		Вібратора	На помел	
1	М-1.5	8,6	10	42	37	1,2	0,08	0,18	0.29
		15.6				3,5	0,14	0,59	1.1
		19,4				4,3	0,17	0,92	1.3
		22				4,9	0,19	1,19	1.6
2	М 200 - 1,5	145	200	820	340	2,8	2.0	7.8	11
		175				3.3	11	15	
		230				4.4	19	27	
		250				4.7	22	30	
		260				4.9	24	32	
		280				5.3	28	37	
		340				6.5	42	55	
		360				6.7	46	60	
3	М 400 - 1,5	240	400	1640	520	2.5	3.9	13	19
		260				2.9	15	22	
		280				3.0	17	25	
		310				3.3	21	30	
		320				3.1	19	28	
		460				4.5	39	54	
		600				5.6	67	88	
		700				6.9	91	118	
4	М 1000 - 1,5	543	1000	4000	1160	2.4	9.2	30	46
		631				2.8	10.8	41	60
		686				3.2	11.7	48	60

Потужність приводу за розрахунками за формулою (3.42) при врахуванні потужності на тертя (3.14) та на коливання (3.41) складає величину $P = 20 \text{ кВт}$.

4.3. Розрахунки деталей.

У якості розрахунків вибрані деталі вібраційного млина, які суттєво впливають на режим та параметри руху. Такими деталями являються дебаланс та опори вібраційного млина.

4.3.1. Розрахунок дебалансів.

Конструктивну схему дебалансу приймаємо у вигляді кільцевого сектора

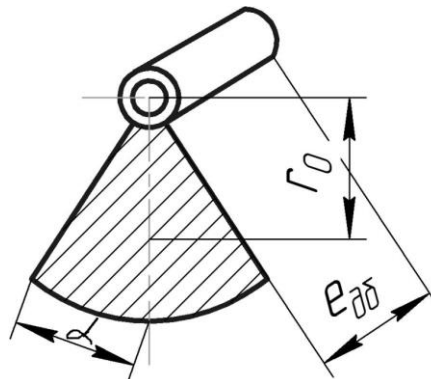


Рис.4.2 Конструктивна схема дебалансу

1.1. Площа дебалансу:

$$S = \alpha_{\text{род}} = (R^2 - r^2) = 3,14 \cdot \frac{90}{180} (0,08^2 - 0,04^2) = 7,53 \cdot 10^3 \text{ м}^2.$$

1.2. Ексцентриситет:

$$r_{01} = \frac{2}{3} \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \cdot \frac{\sin \alpha}{\alpha} = \frac{2}{3} \cdot \frac{0,08^3 - 0,04^3}{0,08^2 - 0,04^2} \cdot \frac{1}{1,57} = 38,8 \cdot 10^3 \text{ м}^2.$$

1.3. Маса дебалансу:

$$m_{\text{доб}} = \frac{m_0 \cdot r_{01}}{r_{01}} = \frac{0,114}{0,038} = 3 \text{ кг.}$$

1.4. Товщина дебалансу:

$$l_{\text{доб}} = \frac{m_0}{S_p} = \frac{3}{7,53 \cdot 10^3 \cdot 7,8 \cdot 10^3} = 51 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

4.3.2 Розрахунки опор вібраційного млина.

Стійкий режим роботи вібраційного млина в зарезонансній зоні реалізується при кутовій швидкості обертання дебалансів $\omega = (3.5...5)\omega_0$, (ω_0 - власна частота коливань вібраційного млина).

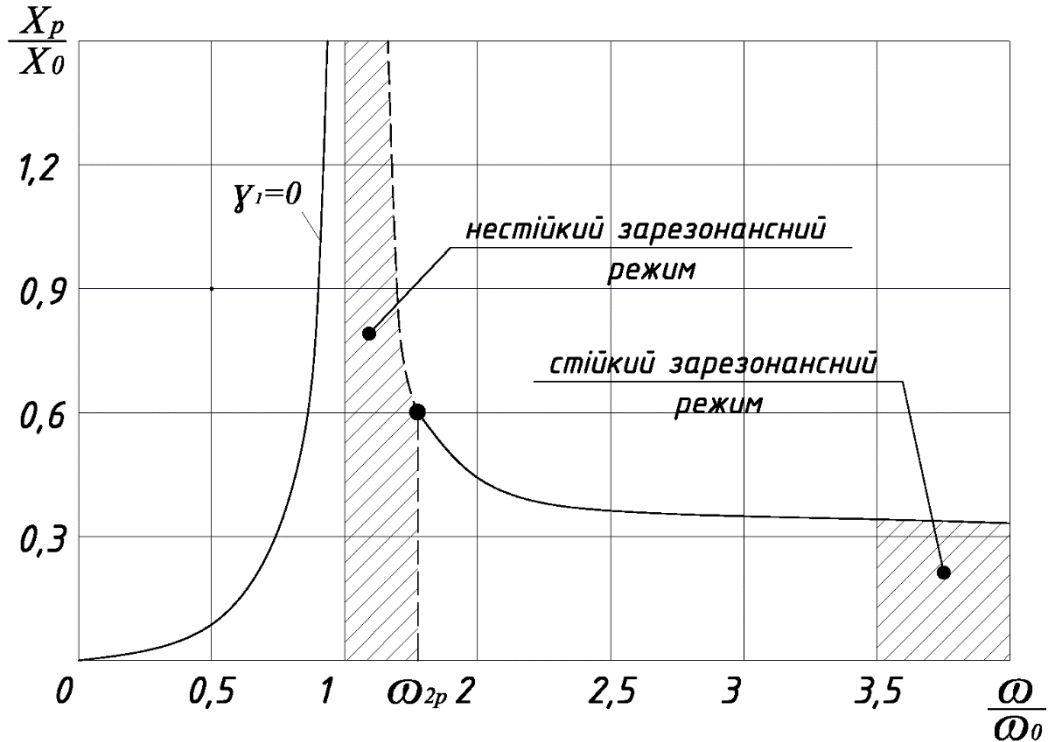


Рис.4.1. Схема роботи вібраційного млина, що працює в зарезонансному режимі: X_p/X_0 – відношення амплітуди коливань вібраційного млина із врахування всіх сил до його амплітуди коливань без врахування сил опору і пружності; ω/ω_0 - відношення частоти вимушених коливань вібраційного млина до частоти власних його коливань.

Пружні зв'язки й опори у вібраційного млина, що працює в зарезонансному режимі типу виконують роль амортизаторів, застосовують сталеві пружини або гумометалеві опори (рис.4.5).

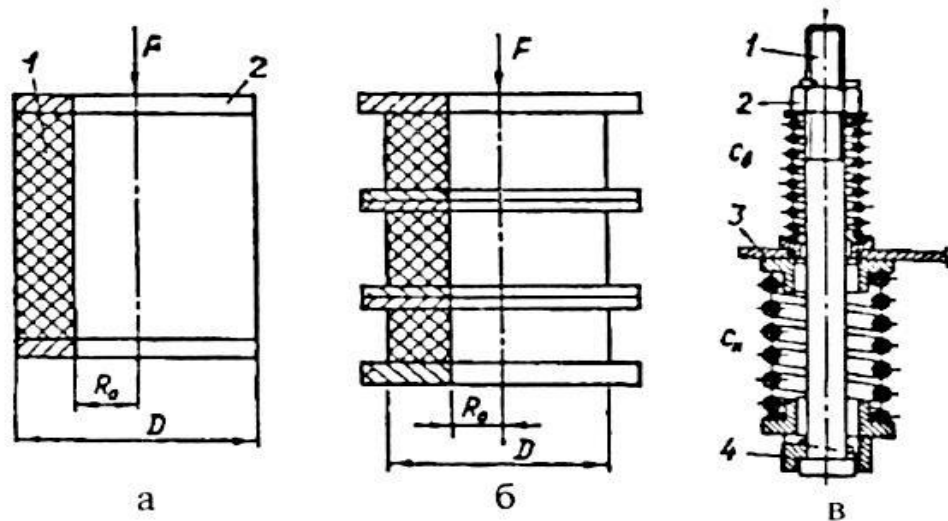


Рис.4.5. Конструкції пружних опор: а, б — гумометалеві; в — металеві

Гумометалеві пружні опори (рис.4.5,а) виконують у вигляді циліндричних або призматичних гумових елементів 1, що привулканізовані до сталевих шайб 2 за допомогою шару латуні 0,00125...0,0015 мм. Такий спосіб закріплення забезпечує добрий опір при вібрації й ударі. Для підвищення піддатливості та зменшення тепловіддачі при динамічному навантаженні у гумових елементах передбачений центральний отвір. Збірні конструкції гумометалевих амортизаторів (рис. 4.5,б) складаються з однакових елементів, зміною яких можливо регулювати жорсткість опори. Переваги такого типу амортизаторів у порівнянні з пружними полягають в суттєвому зменшенні маси, підвищенні довговічності за рахунок відсутності частин, що труться, а також в ефективнішому гашенні вібрації завдяки великому внутрішньому тертю гуми. Для виготовлення гумометалевих амортизаторів використовують гумові суміші на основі натурального або синтетичного каучуку з домішками. В залежності від співвідношення домішок механічні властивості гумових виробів змінюються: допустимі напруження при статичному стиску — від 80 до 250 Н/м², твердість — від 30 до 70 од.

Пружини виготовляють із конструкційної сталі з підвищеним вмістом кремнію 55С2; 60С2А; 70С3; 60С2Н2А. Рекомендована термообробка для цих сталей — гартування у воді з наступним середнім відпуском до твердості НВ 440—450.

У вібраційного млина з гармонійними коливаннями, конструкція пружної опори складається з двох сумісно працюючих пружин (рис.4.5,в), що мають

загальну жорсткість $C = C_H + C_B$. Рама робочого органа вібраційного млина 3 розташовується між нижньою і верхньою пружинами. Обидві пружини, з'єднані стяжним болтом 1, мають можливість заздалегідь затягуватись гайкою 2. Головка болта закріплена на опорній конструкції вібраційного млина 4. Співвідношення жорсткостей $C_H/C_B \approx 3$, завдяки чому забезпечується цілковита відсутність відриву конструкції робочого органу 3 від пружинних опор. Загальна маса вібраційного млина складається:

$$m = m_K + m_g + \alpha(m_M + m_m),$$

де m — маса вібраційного млина, яка коливається і включає масу корпусу m_r , масу матеріалу m_M молотильних тіл m_m і масу дебалансного вала m_g .

Жорсткість пружин c розраховують, виходячи з умов роботи вібраційного млина

$$c = m_e \omega_0^2,$$

де ω_0 — власна частота для зарезонансного режиму, що приймається рівною (рис.3.5):

$$\omega_0 = \omega / (3,5 \dots 5,0).$$

Жорсткість одного пакета пружин:

$$c_1 = c/n,$$

де n — кількість пакетів.

При визначеному c_1 за формулою:

$$c_1 = c_H + c_B,$$

де c_H, c_B — відповідно жорсткості нижньої і верхньої пружин) і за умови, що:

$$c_H/c_B \approx 3,$$

розраховують кількість робочих витків верхньої c_B , а потім нижньої пружини:

$$n_{рв} = \frac{Gd^4}{8D^3c_H},$$

де $G = 8 \cdot 10^8$ Па — модуль зсуву сталі; D — середній діаметр пружини, м; d — діаметр дроту, м.

Коефіцієнт пружності опор вібраційного млина, що проектується із гуми, знаходиться із умови віброізоляції:

$$c_0 = \omega_0^2 \cdot m_g = 36,0 \cdot 2160 = 7,8 \cdot 10^4 \text{ Н/м}.$$

Навантаження на одну опору:

$$F'_{on} = \frac{(m_g) g}{n} = \frac{2,16 \cdot 10^3 \cdot 9,81}{8} = 2,65 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

де m_1 і m_2 - маси рами вібромайданчика та форми з бетонною сумішшю

Тоді площа опори:

$$S = \frac{F'_{on}}{[\sigma]_o} = \frac{2,65 \cdot 10^3}{4,5 \cdot 10^5} = 0,6 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2.$$

де $[\sigma]_o$ — допустиме напруження на стиск, $[\sigma]_o = 4,5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$,

Знаходиться висота опори при значенні модуля пружності гуми:

$E_o = 3,5 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$, де E_o — динамічний модуль пружності опори,

значення якого залежить від твердості за Шором (рис.4.6).

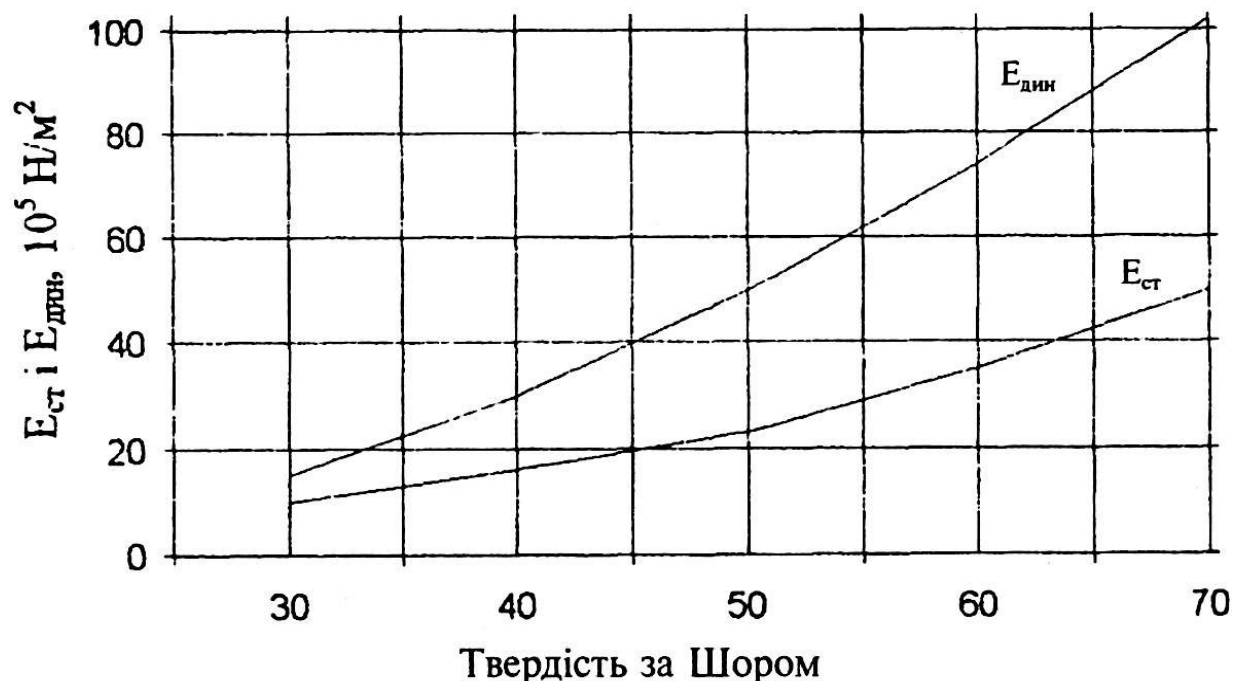


Рис.4.6 Залежність модуля пружності гуми від її твердості.

Для технічної гуми $E_{\text{дин}} = (1,5 - 2,0) \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$.

$$h = \frac{E_d S}{c'_0} = \frac{3,5 \cdot 10^6 \cdot 0,65 \cdot 10^{-2}}{0,4 \cdot 10^6} = 5,68 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2,$$

де c_0 – коефіцієнт пружності однієї опори:

$$c'_0 = \frac{c_0}{4} = \frac{7,8 \cdot 10^6}{4} = 1,95 \cdot 10^6 \text{ Н/м}.$$

4.4. Висновки по розділу.

1. Здійснено розрахунок параметрів барабанного млина та визначені раціональні режими його роботи.
2. Визначені основні деталі вібраційного млина, що забезпечують заданий режим його роботи та виконані розрахунки їхніх геометричних та конструкторських розмірів.

Розділ 5. Техногенна безпека

5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих чинників при роботі вібраційного млина

При роботі вібраційного млина найбільш небезпечними являються шум, вібрація, і можливість ураження електричним струмом.

Шум визначається як безпорядкове сполучення різних по частоті і силі звуків. Вібуючі частини вібраційного млина викликають коливання повітря дотичного до них. Ці коливання частинок повітря при проходженні звукової хвилі викликають по чергові стискання і розрядження, і тиск в даній точці простору становиться більшим або меншим атмосферного. Різниця між цим коливним тиском і атмосферним називається звуковим тиском. Згідно санітарних норм встановлені допустимі рівні звукового тиску в діапазоні частоти 45...1300 Гц і восьми октавних смуг. Значення рівня L_0 інтенсивності звука, що нормуються, для постійних робочих місць і робочих зон виробничих приміщеннях на території підприємства наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Значення рівня інтенсивності звука

$f_{cm}, \text{Гц}$	63	125	250	500	1000	2000	4000
$L_0, \text{дБ}$	99	92	86	83	80	78	76

де f_{cm} – середнє геометричне значення активної смуги

В залежності від місць впливу розрізняють загальну вібрацію, що передається на опорні частини тіла людини, яка стоїть, і місцеву вібрацію, що передається на кісті рук (наприклад від важелів управління). Загальна вібрація нормується в межах частот 0,7...89 Гц, а місцева – 5,7...1400 Гц. Більш великі значення нормованих величин для місцевої вібрації пояснюється доброю віброізолюючою здатністю руки.

Розглядаючи вібраційний млин, як джерело шуму і вібрації, визначаємо заходи по найбільшому зниженню їх рівня згідно норм, що створює більш сприятливі умови для роботи персоналу на ділянці сортування.

Небезпечні та шкідливі виробничі чинники за природою дії поділяються на такі групи: фізичні, хімічні та психофізіологічні.

До **фізичних** небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена чи понижена температура поверхонь устаткування, матеріалів чи повітря робочої зони; підвищений рівень шуму, вібрацій, підвищені чи понижені барометричний тиск, вологість;

- відсутність чи нестача природного світла; недостатня освітленість робочої зони;

- підвищена яскравість світла; пряме та відбите випромінювання, що створює засліплюючу дію.

До **хімічних** небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать хімічні речовини, які за характером дії на організм людини поділяються на:

- загальнотоксичні, що викликають отруєння всього організму;
- подразнюючі, що викликають подразнення дихального тракту та слизових оболонок;
- сенсibiliзуючі, що діють як алергени.

До **психофізіологічних** небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать фізичні (статичні та динамічні) і нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження органів чуття, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Аналіз небезпечних і шкідливих чинників зведений в таблицю 5.2 та профілактика запобігання цих чинників:

Таблиця 5.2

Найменування фактору	Джерела виникнення фактору	Кількісна оцінка фактору	Нормативний документ, що регламентує допустимі параметри
1. Шум (коливання частинок навколишнього середовища що сприймається органами слуху як небажаний сигнал)	Технологічний шум: Робота ДВЗ, механічні коливання машини; вплив ультразвукових хвиль.	Рівень звукового тиску до 89 ДБ при частотах 1000 Гц	ГОСТ 8.055-78 ГОСТ 12.1.003-83
2. Вібрація (рух матеріальної точки або механічної системи при якому по чергово зростають і спадають за часом значення величини що характеризує цей рух)	Від робочого органу	Ізольоване від впливу вібрації	ДСН 3.3.6.039-99
3. Освітлення	Недостатня освітлення робочої зони	200 лн(2ЛК)	ДБН В.2.5-28-2006
4. Мікроклімат (Сукупність погодних умов (температура,	Сукупність впливаючих на організм	Температурна зона комфорту 16-24 °С	ГОСТ 12.1.014-84

вогкість повітря і т. ін.), що створюються в приміщенні, на якій-небудь обмеженій території для нормального самопочуття людей, тварин, розвитку рослин)	температури, вологості, потоків повітря, температури, випромінювання		
5. Запиленість (Показник забрудненості повітряного середовища; виражається вагою пилу, що міститься в одиниці об'єму/повітря (у мг/м ³))	Робота робочого органу з землею	Гранично допустима концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони	ГОСТ 12.1.014-84
6. Враження електричним струмом	При електрозварювальних роботах	36 В	ГОСТ12.1.01 3-78

5.2 Технічні заходи з техніки безпеки, що передбачені в роботі.

5.2.1 Методи і засоби зниження вібрації

Розробляючи комплекс засобів по захисту персоналу від вібрації, перш за все слід оцінити можливість і доцільність зниження інтенсивності вібрації і шуму в джерелах їх збуджування.

Повне усунення вібрації в машинах неможливе. Більш того в багатьох машинах інтенсивна динамічна взаємодія виконавчих органів з об'єктами

обробки являється основою успішного технологічного процесу. Однак в багатьох випадках мають місце шляхи зниження вібрації.

Віброізоляція – метод захисту від дії вібрації шляхом розміщення між джерелом вібрації і об'єктом, що захищається (в нашому випадку це фундамент) пристроїв, що деформуються – віброізоляторів. Основний елемент віброізолятора пружний елемент відповідної жорсткості.

При необхідності знаходять використання засоби індивідуального захисту, основані на використанні віброізоляції. До цих засобів відносяться килимки з високоеластичних матеріалів, м'які сидіння, спеціальне взуття на товстій підшві, віброізолюючі рукавички тощо.

5.2.2 Методи і засоби зниження шуму

Не завжди засоби зниження вібрації являються достатніми для доведення шуму у виробничих приміщеннях до бажаного рівня. Універсальними методами зменшення інтенсивності шуму являються звукопоглинання і звукоізоляція.

В загальному випадку енергія звукових коливаючих хвиль, розподіляється на чотири частини.

Перша з них – енергія відбитих хвиль, друга – енергія поглинута перешкодою, третя – енергія звука, що пройшов через перешкоду, четверта – енергія хвилі, що обігнула перешкоду, якщо її розміри менше довжини хвилі, або близькі до неї.

Радикальним засобом захисту персоналу являється звукоізоляція, причому найбільш дешевим засобом зниження шуму у виробничих приміщеннях являється улаштування звукоізолюючих кожухів, які повністю закривають найбільш шумливі агрегати. Суттєва перевага цього засобу – можливість зниження шуму на будь-яку необхідну величину в розрахункових точках, розташованих на робочих місцях обслуговуючого персоналу.

Кожухи мають оглядові вікна, а також прорізи для вводу комунікації, а також можуть виконуватись знімними або розбірними.

Кожухи можуть виконуватись із сталі, дюралюмінію, фанери і інших листових матеріалів. В середині кожуха рекомендують облицьовувати звукопоглинаючими матеріалами завтовшки 30...50 мм.

5.3 Інженерні розрахунки з техніки безпеки, що передбачені в роботі

5.3.1 Визначення параметрів і побудування частотної характеристики звукоізолюючого кожуха

В якості матеріалу звукоізолюючого кожуха приймаємо сталевий лист з товщиною $d = 0,003$ м.

Визначення критичної частоти $f_{кр}$, Гц,

$$f_{кр} = \frac{6,4 \cdot 10^4}{d \cdot C_{пр}}, \quad (5.1)$$

де $d = 0,003$ м – товщина листа;

$C_{пр}$ – швидкість повздовжньої звукової хвилі в сталевому листі, м/с.

Приймаємо $C_{пр} = 5,2 \cdot 10^3$ м/с.

$$f_{кр} = \frac{6,5 \cdot 10^4}{0,003 \cdot 5,2 \cdot 10^3} = 4102,5. \quad (5.2)$$

На графіку (рисунок 5.1) відкладаємо значення абсцис, що дорівнюють $0,25f_{кр}$; $0,5f_{кр}$; $f_{кр}$; $2f_{кр}$. Визначаємо значення ординати до цих точок і записуємо в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 – Значення частотної характеристики звукоізоляційної здатності

f , Гц	$0,25f_{кр}$	$0,5f_{кр}$	$f_{кр}$	$2f_{кр}$
R , дБ	35	37	30	39

Отримані таким чином точки з'єднуємо прямими лініями.

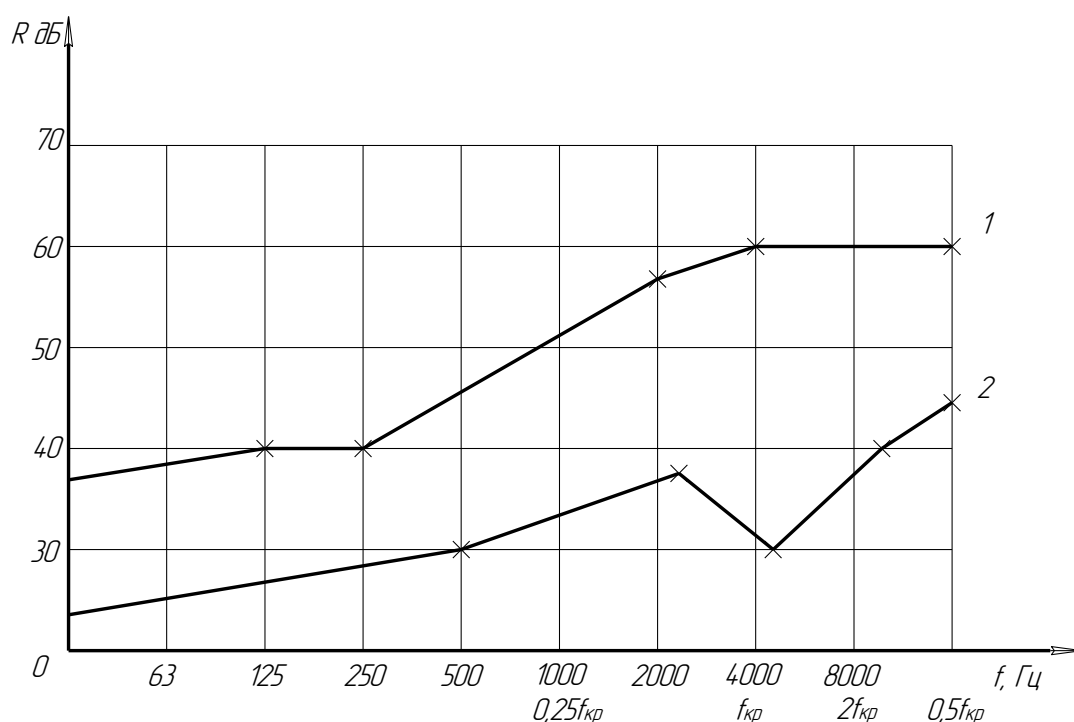
Із точки з значеннями ординати на частоті $0,25f_{кр}$ вліво проводимо пряму з нахилом 4 дБ на одну октаву, а з точки зі значеннями ординати по частоті $2f_{кр}$ – вправо із підйомом 8 дБ на 1 октаву. По цієї кривої визначаємо значення R для

середньгеометричних частот октавних смуг і будують частотну характеристику R в октавних смугах.

Мінімальний розмір одношарової перешкоди $l_{кр,м}$ повинен бути бажано більше довжини хвилі на критичній частоті $f_{кр}$, або практично

$$l_{кр} = \sqrt{\frac{1,8 \cdot C_{np} \cdot a}{f_{кр}}} \quad (5.3)$$

$$l_{кр} = \sqrt{\frac{1,8 \cdot 5,3 \cdot 10^3 \cdot 0,003}{4102,5}} = 0,083 \quad (5.4)$$



$$L_{\min} > 8f_{кр}; \quad L_{\min} > 0,664м \quad (5.5)$$

1 – огороження в отавних смугах частот;

2 – сталевого звукоізоляційного кожуха.

Рисунок 5.1 – Графік побудовання частотної характеристики звукоізоляційної здатності

Нижня границя розрахункового діапазону f_m , Гц, визначається з умови

$$f_m = \frac{340}{L_{\min}}, \quad (5.6)$$

$$f_m = \frac{340}{0,664} = 512, \quad (5.7)$$

$$f_m = \frac{4 \cdot C_{кр} \cdot a}{L_{\min}}, \quad (5.8)$$

$$f_m = \frac{4 \cdot 5,2 \cdot 10^3 \cdot 0,003}{0,664} = 93,9. \quad (5.9)$$

Найвища частота f_ϵ , Гц, залежить від товщини перешкоди і визначається

$$f_\epsilon = 0,05 \frac{C_{np}}{a}, \quad (5.10)$$

$$f_\epsilon = 0,05 \frac{5,2 \cdot 10^3}{0,003} = 86666. \quad (5.11)$$

Аналізуючи графік частотної характеристики (рисунок 5.1) можна зробити висновок, що кожух по своїм параметрам відповідає нормам.

5.3.2 Запобігання можливості ураження електричним струмом

У випадку пошкодження ізоляції струмоведучих частин на коробі і металоконструкції вібраційного млина може виникнути значний електричний потенціал відносно землі, а також можливе ураження електричним струмом внаслідок крикової напруги.

З метою усунення цих явищ застосовуємо заземлення металевих частин змішувача.

Розрахунок заземлюючого пристрою зводиться до визначення вертикальних і горизонтальних електродів заземлювача в залежності від вимогаємого відповідно нормам опору заземлення, питомого опору землі в місці спорудження заземлюючого пристрою, прийнятих розмірів електродів і конфігурації заземлювача.

Розрахунку заземлення повинне бути передбачене попереднє вимірювання питомого опору землі ρ в місці його улаштування. Залежність ρ від пори року являється досить складною, однак відомо, що восени і весною, коли вологість землі збільшується ρ зменшується, а взимку і влітку в період промерзання і висихання землі – збільшується. Тому в розрахунках необхідне значення вимірюваного питомого опору $\rho_{\text{вим}}$ помножують на коефіцієнт сезонності f .

Таким чином, знаходиться розрахунковий питомий опір землі, $\rho_{\text{роз}}, \text{ Ом}\cdot\text{м}$

$$\rho_{\text{роз}} = \rho_{\text{вим}} \cdot f = 100 \cdot 1,2 = 120, \quad (5.12)$$

де $\rho_{\text{вим}}$ – приблизне значення питомого опору для суглінка $\rho_{\text{сг}} = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$;

f – коефіцієнт сукупності, для вертикального електроду, довжиною 5м $f=1,2$.

До простих відносяться заземлювачі виконані у вигляді одного-двох вертикальних електродів, з'єднаних смуговою або кільцевою сталлю, прямокутник з вертикальних і горизонтальних електродів, променевого заземлювача тощо, які використовуються для пристроїв з напругою до 1000 В.

Мета розрахунку – визначення числа, розмірів і засобів розміщення горизонтальних і вертикальних електродів, виходячи з відомого питомого опору ґрунта, найбільшого допускаючого значення опору заземлювача, передбачаємої форми і розмірів електродів.

Опір розтіканню вертикального електроду з колової або кутової сталі

Для колової сталі $R_6 \text{ Ом}$

$$R_6 = \frac{\rho_{\text{роз}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \cdot \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot t + l_0}{4 \cdot t - l} \right), \quad (5.13)$$

де d – зовнішній діаметр електроду. Приймаємо $d = 0,012 \text{ м}$

l – довжина електроду. Згідно рекомендацій приймаємо $l = 5 \text{ м}$

t – глибина закладання (відстань від поверхні землі до середини електродів). Приймаємо $t = 3,1 \text{ м}$.

$$R_g = \frac{120}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,012} + 0,5 \ln \left(\frac{4 \cdot 3,1 + 5}{4 \cdot 3,1 - 5} \right) \right) = 27,2. \quad (5.14)$$

Відстань між вертикальними електродами a , м

$$a = x \cdot l, \quad (5.15)$$

де x – відношення відстаней між вертикальними електродами до їх довжини. Приймаємо $x = 1$.

$$a = 1 \cdot 5 = 5 \quad (5.16)$$

Орієнтовна кількість вертикальних електродів

$$n_{op} = \frac{R_d}{R_z \cdot n_a}, \quad (5.17)$$

де R_z – опір, що вимагається від заземлюючого пристрою: $R_z = 10 \text{ Ом м}$ – для пристроїв з напруженням до 1000 В.

n_a – коефіцієнт використання електродів гуртового заземлення, приймаємо $n_a = 1$.

$$n_{op} = \frac{27,2}{10 \cdot 1} = 2,72. \quad (5.18)$$

Фактична кількість вертикальних електродів n , шт

$$n = \frac{R_g}{R_z n_g} \quad (5.19)$$

де n_g – коефіцієнт використання вертикальних електродів гуртового заземлення без урахування впливу смуги зв'язку. $n_g = 0,806$

$$n = \frac{27,2}{10 \cdot 0,806} = 3,37 \quad (5.20)$$

Приймаємо кількість вертикальних електродів, що дорівнює 4.

Довжина горизонтального електроду L_r , м, якщо вертикальні електроди розташовані в ряд

$$L_r = a(n - 1), \quad (5.21)$$

$$L_r = 5(4 - 1) = 15. \quad (5.22)$$

Опір розсіканню горизонтальних електродів з колової сталі R_r , Ом

$$R_r = \frac{\rho_{роз}^*}{2 \cdot \pi \cdot L_r} \ln \frac{L_r^2}{\nu \cdot t_r}, \quad (5.23)$$

де $\rho_{роз}^*$ – розрахунковий питомий опір землі;

$$\rho_{роз}^* = \rho_{вим} \cdot f^*, \quad (5.24)$$

тут f^* - коефіцієнт сезонності для горизонтального електроду довжиною 15 м. $f^* = 2,5$

$$\rho_{роз}^* = 100 \cdot 2,5 = 250, \quad (5.25)$$

t_r – глибина закладання (відстань від поверхні землі до середини електроду) $t_r = 0,65$ м

ν – ширина смуги, м, для колової сталі

$$\nu = 2d = 2 \cdot 0,008 = 0,016, \quad (5.26)$$

де d – діаметр кола, м.

$$R_r = \frac{250}{2 \cdot 3,14 \cdot 15} \ln \frac{15^2}{0,016 \cdot 0,65} = 26,5. \quad (5.27)$$

Розрахункове значення опору заземлювача R , Ом

$$R = \frac{R_g \cdot R_r}{R_g n_r + R_r n_g n}, \quad (5.28)$$

де n_r – коефіцієнт використання горизонтального електроду, що з'єднає вертикальні електроди, для вертикальних електродів розташованих в ряд $n_r = 0,77$

$$R = \frac{27,2 \cdot 26,5}{27,2 \cdot 0,77 + 26,5 \cdot 0,806 \cdot 4} = 6,77. \quad (5.29)$$

Так як $R = 6,77$ Ом $<$ $R_z = 10$ Ом то форма, розміри, конфігурація заземлювача вибрані правильно.

Установка заземлюючого пристрою.

Для монтажу заземлюючого пристрою із вертикальних і горизонтальних електродів попередньо підготовлюється траншея глибиною 0,7 м.

Вертикальні електроди занурюють таким чином, щоб верхній кінець виступав над рівнем траншеї на висоту 0,1 м. Горизонтальний електрод прикладаємо по дну траншеї.

Електроди захищені від іржі і залишків масла не повинні бути пофарбовані. Електроди не слід розміщати в місцях, де ґрунт просочений нафтопродуктами. Після монтажу траншея повинна бути засипана землею, яка не містить каміння, щебеню, будівельного сміття з послідовним ущільненням.

5.4. Техніка безпеки при експлуатації вібраційного млина

Підчас роботи вібраційного млина утворюється небезпечна зона. Небезпечною зоною вважається простір обмежений відстанню в 5 м від рухомих органів машини, або простір в межах якого можуть діяти небезпечні фактори. Для усунення можливості травмування обслуговуючого персоналу деталі приводу (шків, муфти) закриті кожухами.

Вібраційний млин повинен мати огороження, що виключає можливість доступу сторонніх осіб безпосередньо до машини.

Завантажувальні і розвантажувальні перепуски мають суцільне огороження, що виключає можливість випадку кусків матеріалу за межі змішувача.

5.5. Пожежна безпека

Пожежна безпека - стан об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвиток пожежі і впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей. Правовою основою діяльності в області пожежної безпеки є Конституція, Закон України «Про пожежну безпеку», закони, постанови Верховної Ради України, укази і розпорядження Президента, постанови і розпорядження Президента, постанови і розпорядження Кабінету Міністрів

України, рішення органів державної виконавчої влади, місцевого і регіонального самоврядування, прийняті в межах їх компетенції.

Забезпечення пожежної безпеки — невід'ємна частина державної діяльності щодо охорони життя та здоров'я людей, національного багатства та навколишнього середовища. Відповідно до статті 4 Закону України „Про пожежну безпеку” державні органи виконавчої влади та органи самоврядування усіх рівнів в межах своєї компетенції організовують розроблення та впровадження у відповідних галузях і регіонах організаційних і науково-технічних заходів щодо запобігання пожежам та їх гасіння, забезпечення пожежної безпеки населених пунктів і об'єктів.

Пожежна профілактика

Чітке виконання встановленого протипожежного режиму гарантує безпечну експлуатацію промислових підприємств, окремих будівель, споруд, виробничих установок, машин, приладів та апаратів. Цей режим ґрунтується на заздалегідь розроблених правилах та інструкціях, які відповідають умовам роботи виробничого устаткування і технологічному процесу підприємства. Тому всім, хто працює на даному підприємстві, необхідно добре знати, насамперед, технологічний процес виробництва і причини відхилення від нормальних умов роботи устаткування.

Начальники цехів, опоряджувальних діляниць (майстерень, складів тощо) або особи, відповідальні за пожежну безпеку, перш ніж допустити до роботи новоприйнятого працівника, зобов'язані впевнитись у тому, що він пройшов первинний протипожежний інструктаж.

Крім проведених протипожежних інструктажів слід організовувати і проводити пожежно-технічні мінімуми.

Причини пожежі:

1. Несправність електропроводки. Найбільшу небезпеку представляють іскри, які можуть виникнути при поганій ізоляції або короткому замиканні. При попаданні на поверхню із залишками технічних рідин вони можуть призвести до займання.

2. Аварія, в результаті якої порушується цілісність проводки і герметичність різних з'єднань в конструкціях барабанних та вібраційних млинах внаслідок чого технічні рідини або пальне можуть потрапити на відкриті проводи.

Пожежа як правило починається непомітно. Від моменту тління до займання може пройти кілька хвилин. Таким чином, до появи характерних ознак (запаху і диму) виявити проблему практично неможливо. За цей час пожежа може досягти розмірів, коли річний вогнегасник виявиться безсилий.

Залежно від причини загорання, час, коли полум'я охопить салон транспорту, може зайняти від декількох секунд до 2-3 хвилин. За 10 хвилин повністю згорає легковий автомобіль. Тому сподіватися на приїзд пожежного розрахунку, особливо, якщо ви знаходитесь далеко від міста, не варто. Єдиний шанс врятувати транспорт - це постаратися самому загасити його. Для цього у машиніста повинен бути під рукою персональний вогнегасник.

Барабанні та вібраційні млини являють собою електричну систему, що знаходиться під напругою. Для гасіння пожеж такого роду необхідний спеціальний вогнегасний склад, здатний зупинити процес горіння.

Призначення вогнегасників

Залежно від типу зарядженого вогнегасної речовини вогнегасники використовуються для гасіння пожеж наступних класів:

Класи пожеж:

А - горіння твердих речовин;

В - горіння рідких речовин;

С - горіння газоподібних речовин;

Д - горіння металу і металомістких речовин;

Е - гасіння речовин, які знаходяться під електричною напругою.

Таким чином вогнегасника необхідно вибирати той, чий тип відповідає класам пожежі від А до Е.

Вогнегасники за видом вогнегасних засобів поділяють на рідинні, вуглекислотні, повітряно-пінні, хладонові, порошкові і комбіновані.

Для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, необхідно передбачити вогнегасники вуглекислотного (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8) (рис. 4.2) або порошкового (ОП-1, ОП-10А, ОП-250) типа, виконані по ГОСТ12.4.009-75.

Вогнегасник вуглекислотний (ОУ):

Вогнегасна речовина - діоксид вуглецю. Вуглекислота, потрапляючи на палаючу речовина, охолоджує його і виробляє гасіння.

Переваги:

- випаровуючись, кислота не залишає слідів;
- володіє хорошими діелектричними властивостями;
- не змінює властивостей в процесі зберігання;
- висока проникаюча здатність, навіть у важкодоступні місця.

Недоліки:

- можливість прояву значних теплових напружень в результаті гасіння (дуже сильно охолоджується розтруб, що може викликати опік руки. не рекомендується триматися за розтруб під час гасіння);

- накопичення зарядів статичної електрики (можливий легкий удар струмом);

- можливість токсичної дії вуглекислотних парів на людину;

Вогнегасники вуглекислотні (ОУ):

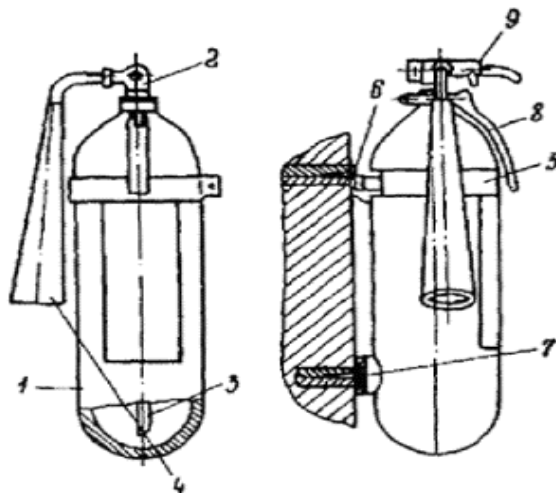


Рис. 5.3 Вогнегасник вуглекислотного типу ОУ-5 (ОУ-8)

1- балон; 2 - поворотний розтруб; 3 - опорна головка; 4 - сифона трубка;

5- хомут; 6 - крюк; 7 - упор; 8 - ручка; 9 – чека.

Вібраційний млин повинен бути укомплектований вуглекислотним вогнегасником.

Забороняється гасити водою палаючі паливно-мастильні матеріали. Для цього треба застосовувати порошкові або вуглекислотні вогнегасники, пісок або землю, брезент.

5.6. Висновки по розділу

1. Здійснено аналіз небезпечних і шкідливих чинників при роботі вібраційного млина.

2. Визначені та описані технічні заходи з техніки безпеки, що передбачені в роботі.

3. Наведені аналітичні залежності та виконані розрахунки з техніки безпеки, що передбачені в роботі.

4. Наведені заходи з техніки безпеки та пожежної безпеки при експлуатації вібраційного млина.

Загальні висновки

1. Використання системного підходу в логістиці означає, що логістичні процеси розглядаються у взаємозв'язку один з одним та з іншими видами діяльності. Логістика підприємства розглядається як певна логістична система із внутрішніми та зовнішніми зв'язками, яка складається з комплексу взаємозалежних підсистем.
2. Здійснена класифікація логістичних систем за рівнем логістичної інтеграції (кооперації) — інституціональна ознака; за видом логістичних ланцюгів; за характеристикою постачання і розподілу.
3. Сформульовані основні задачі дослідження: вибір та обґрунтування логістичної системи для диспергування матеріалів; здійснення огляду та оцінка обладнання для диспергування матеріалів; дослідження загальних параметрів логістичної системи для помелу матеріалів здійснення вибору обладнання, як підсистеми логістичної системи помелу матеріалів та дослідити його параметри та режими роботи; виконати розрахунки параметрів та режимів роботи обладнання; передбачити заходи техногенної безпеки при експлуатації обладнання
4. Серед існуючих машин і обладнання для помелу матеріалу домінуюче місце займають барабанні млини із вільним та вібраційним переміщенням молотильних тіл.
5. На ефективність роботи барабанних млинів значно впливає маса молотильних тіл. За малої кількості молотильних тіл не забезпечується достатній підпір і кулі скочуватимуться, не піднявшись на оптимальну висоту. За надмірної кількості молотильних тіл подрібнення матеріалу знижується через малий простір для переміщення тіл.
6. Вібраційні млини завдяки великій частоті коливань ($\omega=25\ldots 50$ с⁻¹) молотильні тіла інтенсивне діють на матеріал і подрібнюють його. Характерним з точки зору роботи машини є те, що тіла і матеріал, що є у млині поволі повертаються в бік, протилежний напрямку обертання

дебалансного вала.

6. Аналіз будови логістичних схем засвідчив ефективність застосування схеми установки для помелу цементу у багатокамерному млину за відкритим способом (рис.2.14), яка прийнята у якості основної із дослідженням роботи за за принципом проектування стадій та етапів формування (реінжинірингу) логістичної системи (рис.2.13).

7. Основними підсистемами логістичної схеми установки для помелу цементу прийнято багатокамерний трубний (рис.2.3) та вібраційний (рис.2.5) млини.

8. Дослідженнями робочого процесу барабанних млинів із вільним обертанням отримані аналітичні залежності для визначення кутової швидкості барабана, маси молотильних тіл, продуктивності та потужності електродвигуна, які відображають раціональний режим роботи процесу помелу клінкеру для отримання цементу.

9. Дослідженнями робочого процесу вібраційного млина отримані аналітичні залежності для визначення амплітуди коливань, співвідношення частот вимушених та вільних коливань, які забезпечують віброізоляцію млина від фундаменту та залежності для визначення потужності приводу.

10. Здійснено розрахунок параметрів барабанного млина та визначені раціональні режими його роботи.

11. Визначені основні деталі вібраційного млина, що забезпечують заданий режим його роботи та виконані розрахунки їхніх геометричних та конструкторських розмірів.

12. Запропоновані заходи техногенної безпеки та виконані відповідні розрахунки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Назаренко І.І. Основи моделювання і проектування логістичних систем та процесів будіндустрії: монографія. Київ: «Видавництво Людмила» 2019, 152 с
2. Назаренко І.І. Машини для виробництва будівельних матеріалів. – К.: КНУБА, 1999. – 488с.
3. Назаренко І.І., Берник І.М. Основи проектування і конструювання машин та обладнання переробних виробництв. Навчальний посібник для вищих навчальних закладів. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2012. – 590с
4. Назаренко І.І., Кузьмінець М.П., Босий О.Г., Малік Т.В., Сафронов В.К. Основи наукових досліджень в проектуванні: навч. посібник: Видавництво «МП Леся», Київ: 2020. –109с.
5. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем. Навчальний посібник (2-ге видання).- К.:Видавничий Дім «Слово», 2010. – 440с.
- 6 Назаренко І.І. та інш. Системний аналіз технічних об'єктів: Навчальний посібник / - К.: КНУБА, 2009.-164 с.