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 обробки матеріалів"

(назва)

Гергель Ігор Михайлович

(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 обробки матеріалів"

(назва)

Виконав студент групи: ІЛС-2маг

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»
(спеціальність)

Спеціалізація: Інженерія логістичних систем

Гергель Ігор Михайлович
(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.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: автоматизації і інформаційних технологій
Кафедра: машин і обладнання технологічних процесів
Освітній рівень: «магістр за ОПП»
Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Завідувач кафедрою МОТП
_____д.т.н., проф. І.І. Назаренко
"___"_____2022 р.

ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

Гергель Ігор Михайлович
(прізвище, ім'я, по батькові магістранта)

1.Тема АМР: " Дослідження логістичної системи обробки матеріалів"
Затверджена наказом ректора КНУБА № 625/2 від 27.06.2022 р.
2. Керівник роботи: Назаренко Іван Іванович, д.т.н., професор
(прізвище, ім.`я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
Науковий керівник і тема наукового дослідження затверджена рішенням Ради факультету, протокол № __ від 20 р.
3. Строк подання студентом роботи до захисту листопада 2022 року
4. Зміст пояснювальної записки за розділами:
Р.1. Огляд існуючих логістичних систем обробки матеріалів.
Р.2. Обґрунтування та дослідження визначеної логістичної системи обробки матеріалів.
Р.3. Визначення та дослідження параметрів та режимів логістичної системи.
Р.4. Конструкторська частина. Розрахунки параметрів.
Р.5. Техногенна безпека.
5. Графічний матеріал за розділами:
Р.1. Огляд існуючих логістичних систем -1л.
Р.2. Критерії ефективності. -1л.
Р.3. Дослідницька частина - 1л.
Р.4. Конструкторська частина -4л.
Р.5. Рекомендації по техногенній безпеці - 1л.
6. Календарний план виконання роботи

№	Види робіт та їх зміст	Дата виконання
	Розділ 1 Огляд та оцінка існуючих матеріалів, що підлягають обробці та вибір логістичної системи	Вересень 2022 р.
	Розділ 2. Дослідження способів обробки матеріалів та конструктивних рішень обладнання	Вересень 2022 р
	Розділ 3. Дослідження параметрів і режимів роботи обладнан для обробки матеріалів	Жовтень2022 р.
	Розділ 4. Конструкторська частина. Розрахунки параметрів	Жовтень2022 р.
	Розділ 5. Техногенна безпека.	Листопад 2022 р.
	Остаточне оформлення роботи	Листопад 2022 р.
	Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	15 листопада 2022 р.
	Попередній захист роботи на кафедрі	Грудень 2022 р.

7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

№	Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
			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_____ ____Гергель І.М.
(підпис)

РЕЗЮМЕ

Київський національний університет будівництва і архітектури

факультету автоматизації і інформаційних технологій

Гергель Ігор Михайлович

Група ІЛС-2маг

Тема атестаційної випускної роботи:

«Дослідження логістичної системи обробки матеріалів»

освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр,

спеціальність: 131 «Прикладна механіка»,

Науковий керівник: Назаренко Іван Іванович,

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

Обсяг випускової роботи. Атестаційна випускова робота магістра складається: розділів 5, стор. 91, таблиць 10, рис. 32, графічна частина – 1 слайдів (аркушів формату А4.) завдання, вступу, висновків, списку використаних джерел.

Актуальність теми. При дослідженні машин для обробки матеріалів, як складових підсистем більшої системи, наприклад, технологічної системи обробки чи виробництва того чи іншого матеріалу виникає питання визначення основних параметрів робочого процесу (час дії, швидкість, прискорення, продуктивність, потужність і інш.) та в розрахунках елементів обладнання (геометричні розміри, міцність, надійність і т.п.). Достовірність отриманих результатів залежить від необхідності врахування фізико-механічних властивостей оброблювальних матеріалів та їх компонентів. А доцільність їх врахування залежить від ступеня впливу на параметри машин, що обумовлено

видом технологічної операції робочого процесу - подрібнення, перемішування, ущільнення, різання, пакетування і т.п. Всі ці технологічні процеси в своїй більшості і здійснюють процес обробки матеріалів.Серед відмічених процесів найбільш вживаним є процес перемішування, який є присутнім в багатьох інших процесах в тому числі є і самостійним. Саме на вирішенні питання визначення ефективних та енергоощадних режимів і параметрів змішувача здійснюється дослідження, які є основними підсистемами загальної логістичної системи. Цій проблемі присвячена тема магістерської роботи, а саме « Дослідження логістичної системи обробки матеріалів». Тому завдання магістерської роботи полягає в досліджені логістичної системи для обробки матеріалів на прикладі обґрунтування та дослідження машин для перемішування матеріалів.

У вступі здіснено обґрунтування вибраного методу обробки матеріалів у вигляді найбільш вживаного процесу перемішування, який є присутнім в багатьох інших процесах в тому числі є і самостійним. Саме на вирішенні питання визначення ефективних та енергоощадних режимів і параметрів змішувача здійснюється дослідження, які є основними підсистемами загальної логістичної системи – змішувальної установки.

У першому розділі «Дослідження способів обробки матеріалів та конструктивних рішень обладнання» приведено класифікаційні ознаки матеріалів, здійснено обгунтування вибраного типу матеріалу та технології його виготовлення та огляд та вибір логістичної системи для технологічного процесу обробки матеріалів. Сформульвані задачі дослідження:

- дослідити фізичну сутність та описати процеси перемішування;
- здійснити порівняння конструктивних та технологічних параметрів змішувачів гравітаційної і безперервної дії;
- обґрунтувати розрахункову схему змішувачів;
- здійснити розрахунки у відповідності до завдання магістерської роботи;
- привести заходи техногенної безпеки та умови безпечної експлуатації змішувального обладнання.

У другому розділі «Огляд та оцінка існуючих матеріалів, що підлягають обробці та вибір логістичної системи» досліджено та приведено моделюванняпроцесів перемішування матеріалів. Для обгрунтування вибору машин для перемішування матеріалів виконані патентні дослідження та аналіз існуючих конструкцій обладнання для перемішування матеріалів.

У третьому розділі «Дослідження параметрів і режимів роботи обладнання для обробки матеріалів» огрунтувана конструктивна схема обладнання у вигляді одновального змішувача проимусової дії. Здійснено вибір критеріїв оцінки конструктивних та технологічних параметрів змішувачів примусової дії При дослідженнях параметрів змішувачів примусової дії обгрунтований підхід на основі застосування функціональних критеріїв. Критерій, який визначає продуктивність, що припадає на одиницю маси машини, прийнятий як основний, оскільки він враховує як ефективність конструкції машини, так і ефективність її робочого процесу. В результаті розрахунків конструкцій обладнання для перемішування визначені критерії і за їх значеннями побудовані гістограми.

У четвертому розділі «Конструкторська частина. Розрахунки параметрів» здійснено розрахунок параметрів частоти обертання лопатевого валу змішувача примусової дії, визначені сили опору перемішування,потужність приводу одновального змішувача, кінематичний розрахунок приводу змішувача,
розрахунок лопатевого валу, розрахунок підшипників, болтів кріплення лопаток на вал; ланцюгової муфти приводу.

У п’ятому розділі «Техногенна безпека» виконано аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, розглянуто заходи по охороні праці пов’язані з експлуатацією змішувача примусової дії.

Ключові слова: логістичні системи, матеріал, змішувачі примусової дії, перемішування, параметри, режими, охорона праці.

Key words: logistic systems, material, mixers of forced action, mixing, parameters, modes, labor protection.

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 авторові освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр». Робота виконана на високому рівні, студент продемонстрував високий рівень теоретичної підготовки тасформованих практичних навичок в області прикладної механіки та сучасних інформаційних технологій. Заслуговує оцінки «відмінно» за національною шкалою.

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 та оцінка існуючих матеріалів, що підлягають обробці та вибір логістичної системи. 13

1.1. Класифікаційні ознаки матеріалів 13

1.2. Обгунтування вибраного типу матеріалу та технології його виготовлення. . 13

1.3. Огляд та вибір логістичної системи для технологічного процесу обробки матеріалів. 15

1.4. Постановка задач магістерської роботи. 23

1.5. Висновки по розділу. 23

Розділ 2. Дослідження способів обробки матеріалів та конструктивних рішень обладнання 24

2.1. Дослідження та моделювання процесів перемішування матеріалів 24

2.1.1 Моделювання процесів перемішування матеріалів на основі термодинамічного моделювання. 24

2.1.2 Визначення критеріїв подібності для процесів змішування матеріалів у змішувачі. 26

2.2. Патентні дослідження та аналіз існуючих конструкцій обладнання для перемішування матеріалів 33

2.2 1 Загальна класифікація процесів змішування та обладнання 33

2.2.2 Патентні дослідження. 37

2.3. Аналіз існуючих конструкцій обладнання для обробки вибраних матеріалів. 39

2.4. Висновки по розділу. 43

Розділ 3. Дослідження параметрів і режимів роботи обладнання для обробки матеріалів 44

3.1. Огрунтування конструктивної схеми обладнання. 44

3.2. Вибір критеріїв оцінки конструктивних та технологічних параметрів обладнання. 44

3.3. Результати досліджень та їх аналіз. 47

3.4. Висновки по розділу 51

Розділ 4. Конструкторська частина. Розрахунки обладнання. 52

4.1. Визначення частоти обертання лопатевого валу змішувача примусової дії.. 52

4.2. Визначення сил опору перемішування та потужності приводу одновального змішувача примусової дії. 53

4.3. Визначення розрахункової потужності електродвигуна 56

4.4. Кінематичний розрахунок приводу змішувача. 57

4.5. Розрахунок клинопасової передачі. 58

4.6 Розрахунок лопатевого валу. 61

4.7. Розрахунок лопатей. 62

4.8. Розрахунок підшипників. 65

4.9. Розрахунок болтів кріплення лопаток на вал. 66

4.10 Розрахунок ланцюгової муфти приводу 68

Рорзід 5. Техногенна безпека 70

5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих чинників при роботі вібраційного змішувача 70

5.2. Технічні заходи з техніки безпеки передбачені в роботі 73

5.2.1 Методи і засоби зниження вібрації 73

5.2.2 Методи і засоби зниження шуму 74

5.3. Інженерні розрахунки з техніки безпеки 75

5.3.1 Визначення параметрів і побудування частотної характеристики звукоізолюючого кожуха 75

5.4. Аналіз небезпечних та шкідливих чинників, пов'язаних з експлуатацією гравітаційного змішувача. 81

5.4.1 Порядок розрахунку. 83

5.5. Пожежна безпека 86

5.6. Висновки по розділу 89

Загальні висновки 90

Список викристаних джерел 91

ВСТУП

При дослідженні машин для обробки матеріалів, як складових підсистем більшої системи, наприклад, технологічної системи обробки чи виробництва того чи іншого матеріалу виникає питання визначення основних параметрів робочого процесу (час дії, швидкість, прискорення, продуктивність, потужність і інш.) та в розрахунках елементів обладнання (геометричні розміри, міцність, надійність і т.п.). Достовірність отриманих результатів залежить від необхідності врахування фізико-механічних властивостей оброблювальних матеріалів та їх компонентів. А доцільність їх врахування залежить від ступеня впливу на параметри машин, що обумовлено видом технологічної операції робочого процесу - подрібнення, перемішування, ущільнення, різання, пакетування і т.п. Всі ці технологічні процеси в своїй більшості і здійснюють процес обробки матеріалів.

Серед відмічених процесів найбільш вживаним є процес перемішування, який є присутнім в багатьох інших процесах в тому числі є і самостійним. Тому в магістерській роботі досліджується процес перемішування, який здійснюється різними способами компонентів, що складаються із сипких і рідинних середовищ. Для здійснення змішування застосовуються змішувачи — машини й апарати механічного процесу, в результаті виконання якого початково роздільні компоненти після рівномірного розподілення кожного з них у робочому об’ємі змішувача утворюють однорідну суміш. Зазначені процеси здійснюють у машині, робочим органом якої може бути барабан, усередині якого закріплені лопаті, або вал з лопатками і т. п. Фізика процесу, що відбувається в результаті взаємодії робочого органу і компонентів надто складна. Під час змішування в робочому об’ємі механізму відбувається взаємне переміщення частинок різних компонентів, які до перемішування були кожний “сам по собі” або знаходились у неоднорідно впровадженому стані. У результаті переміщення можливо нескінченно різне розміщення частинок у робочому об’ємі змішувача. Для виробництва якісного продукту за сучасними рецептами змішувач має бути досить потужним та ефективним, універсальним

та якісним. Безумовно кожна модель має свої характеристики, такі як габарити, об'єм, потужність, вага, цільове призначення та застосовувані технології.Вибір тієї чи іншої моделі змішувача визначає багато інших характеристик конкретної змішувальної установки, як логістичної системи.

Розділ 1. Огляд та оцінка існуючих матеріалів, що підлягають обробці та вибір логістичної системи.

1.1. Класифікаційні ознаки матеріалів

Важливим аспектом дослідження процесу обробки є класифікація матеріалів з наступним етапом визначення тих властивостей, що необхідно враховувати в моделях. В таблиці 1.1 наведена спрощена класифікація дисперсних середовищ.

Таблиця 1.1 Класифікація дисперсних систем

Дисперсне середовище	Дисперсна фаза	Назва системи	Приклад
Рідина	Тверда Рідка Газоподібна	Суспензія Емульсія Піна	Частинки в розчинах розчини
Тверде тіло	Тверда Рідка Газоподібна	Тверда суспензія, сплав Тверда емульсія Пористе тіло	Заповнювачі сумішей(щебінь, керамзит); мінеральна вата

Із наведеної таблиці слідує, що технологічне середовище в залежності від концентрації дисперсної фази можна віднести до тієї чи іншої групи: сипуче, рідино- і твердоподібне або тверде.

1.2. Обгунтування вибраного типу матеріалу та технології його виготовлення.

Моделювання сипких матеріалів. Під сипким матеріалом (чи сипким тілом) мають на увазі дисперсну систему, що складається з твердих часток довільної форми, що знаходяться в контакті. Простір між частками заповнений газом, а іноді, частково, і рідиною. Залежно від діаметру d часток сипкий матеріал може бути в наступних станах: пилоподібному ($d > 0,05мм$); порошкоподібному ($0,05мм < d < 0,5мм$); дрібнозернистому ($0,5мм < d < 2мм$); крупнозернистому

($2мм < d < 10мм$); кусковому ($d > 10мм$).Сипким матеріалом є продукція багатьох виробництв сумішей. Сипкі матеріали отримують подрібненням твердих речовин, виділенням з суспензій, спалюванням газів, кристалізацією, з добуванням із природних кар'єрів, шахт. Гранулометричний або дисперсний склад сипкого матеріалу - характеристика, що показує, яку долю або відсоток по масі, об'єму, поверхні або числу часток складають певні частки або групи часток в усій масі аналізованої проби. Для експериментального визначення гранулометричного складу найчастіше використовують ситовий, седиментаційний, гідро аеродинамічний і мікроскопічний методи аналізу. Діаметр часток сипкого матеріалу розглядають як одновимірну випадкову величину. У зв'язку з цим гранулометричний склад сипких матеріалів описують найчастіше методом математичної статистики. До використовуваним в магістерській роботі фізичним властивостям сипких матеріалів відносяться щільність та насипна щільність Щільністю ρ сипкого матеріалу називають масу одиниці об'єму речовини, з якої складаються частки. Насипною щільністю ρ_n сипкого матеріалу називають масу одиниці об'єму, займаного матеріалом при вільному засипанні його у вимірювальну ємність.

Моделювання рідин. До основних фізико-механічних властивостей рідин відносять в'язкість μ, щільність ρ і поверхневе натягнення σ. Від значення в'язкості залежить деформаційна поведінка рідини під дією зовнішніх навантажень, а отже, і конструкція робочого органу машини. При дослідженні машин для обробки матеріалів, як складових підсистем більшої системи, наприклад, технологічної системи обробки чи виробництва того чи іншого матеріалу виникає питання визначення основних параметрів робочого процесу (час дії, швидкість, прискорення, продуктивність, потужність і інш.) та в розрахунках елементів обладнання (геометричні розміри, міцність, надійність і т.п.). Достовірність отриманих результатів залежить від необхідності врахування фізико-механічних властивостей оброблювальних матеріалів та їх компонентів. А доцільність їх врахування залежить від ступеня впливу на параметри машин, що обумовлено видом технологічної операції робочого

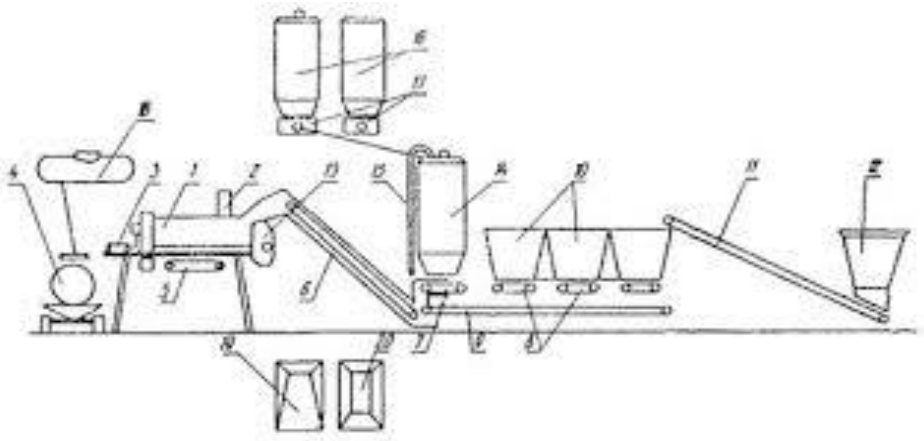
процесу- подрібнення, перемішування, ущільнення, різання, пакетування і т.п. Всі ці технологічні процеси в своїй більшості і здійснюють процес обробки матеріалів.

Серед відмічених процесів найбільш вживаним є процес перемішування, який є присутнім в багатьох інших процесах в тому числі є і самостійним. Тому в магістерській роботі досліджується процес перемішування, який здійснюється різними способами компонентів, що складаються із сипких і рідинних середовищ.

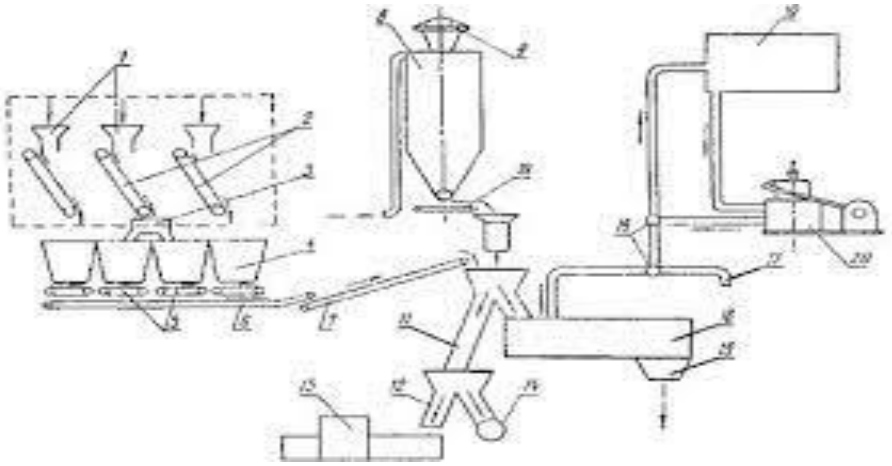
У якості матеріалу вибрані два типи матеріалів: бетонна суміш та розчин цементно - водяної суспензії.

1.3. Огляд та вибір логістичної системи для технологічного процесу обробки матеріалів.

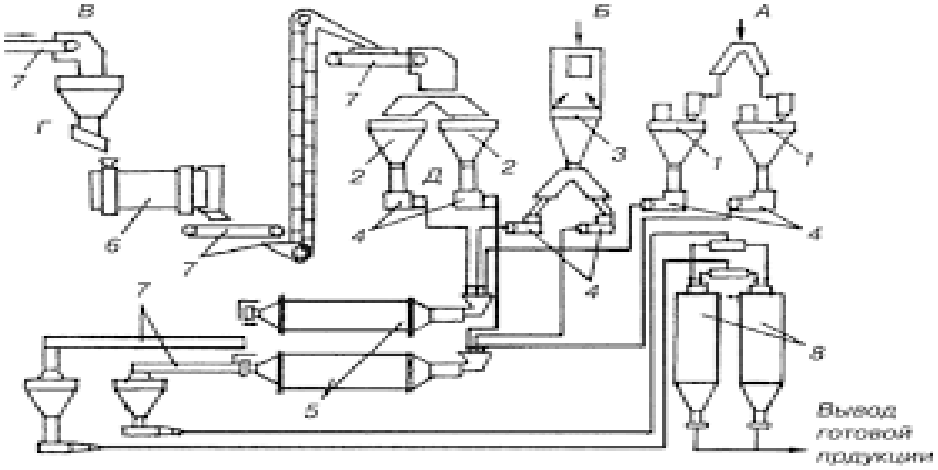
Розглянемо існуючі логістичні системи технологічного процесу перемішування компонентів для виготовлення бетонних сумішей (рис.1.1)



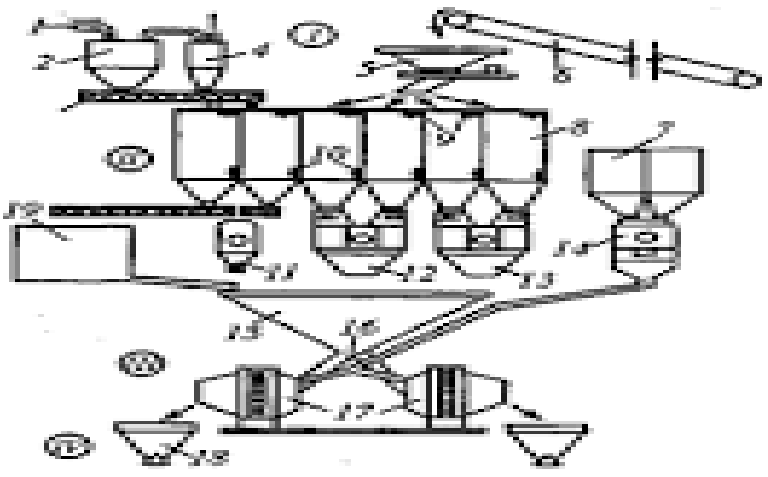
а



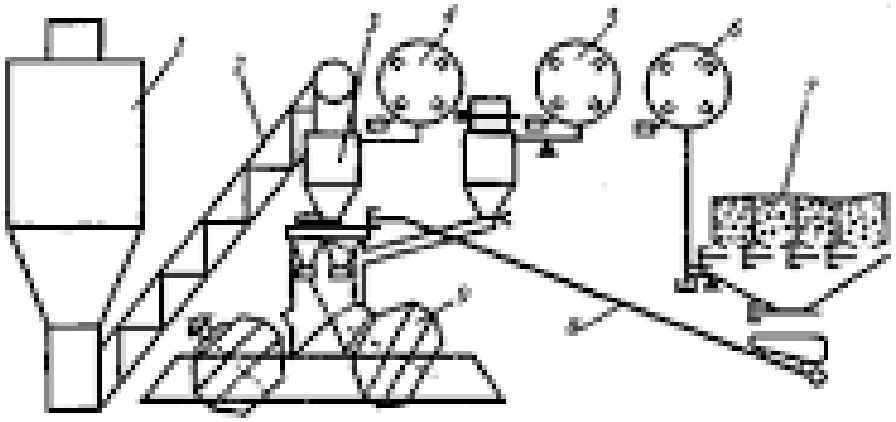
б



в



г



д

Рисунок 1.1 Логістичні системи технологічного процесу перемішування компонентів для приготовлення бетонних сумішей: а, б, в - із застосуванням змішувачів примусової дії; г, д – змішувачів гравітаційної дії; 1- бункери заповнювачів; 2- бункери цементу, дозатори заповнювачів дозатори води, видаткові бункери бетонної суміші, змішувачі. Конвеєри

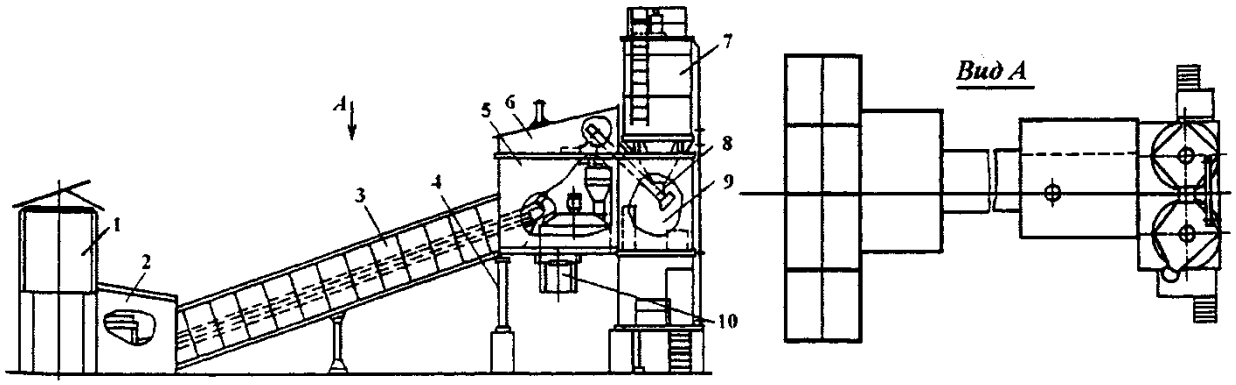


Рисунок 1.2. Логістична система технологічного процесу бетонозмішувальної установки СБ-145-2: 1 - блок бункерів; 2 – блок завантаження; 3 – галерея; 4 – стійка; 5 – змішувальний блок; 6, 7 – силоси; 8 - гвинтовий живильник; 9 – блок управління; 10 - розвантажувальний лоток

Таблиця 1.2.Технічна характеристика бетонозмішувальних установок циклічної дії.

Показники	МСУ	БСУ	СБ-145-2	СБ-145-4	СБ-171
Продуктивність, м3/год	20	12	40	40	60
Найбільший розмір великого заповнювача, мм	70	70	70	70	70
Місткість бетонозмішувача, л	1500	750	1500	1500	1500
Об'єм бункерів, заповнювачів, м3	60	30	40	40	85
Об'єм силосів цементу, т	24	24	40	40	52

Встановлена потужність, кВт	116	51	90	90	110
Маса, т		52	75	70	90

Установки МСУ та БСУ виготовляються в Росії, а установки СБ-145-2 СБ-145-4 та СБ-171 в Україні на підприємстві ВАТ «Бетонмаш». Установки СБ-109 та СБ-118 (рис.1.3) складаються з окремих блоків змішувального дозування кам'яних матеріалів, похилого транспортера дозування цементу з видатковим бункером цементу, дозування добавок, блоку керування та трьох живильників зі стрічковими транспортерами. До складу установки входить інвентарний склад цементу.

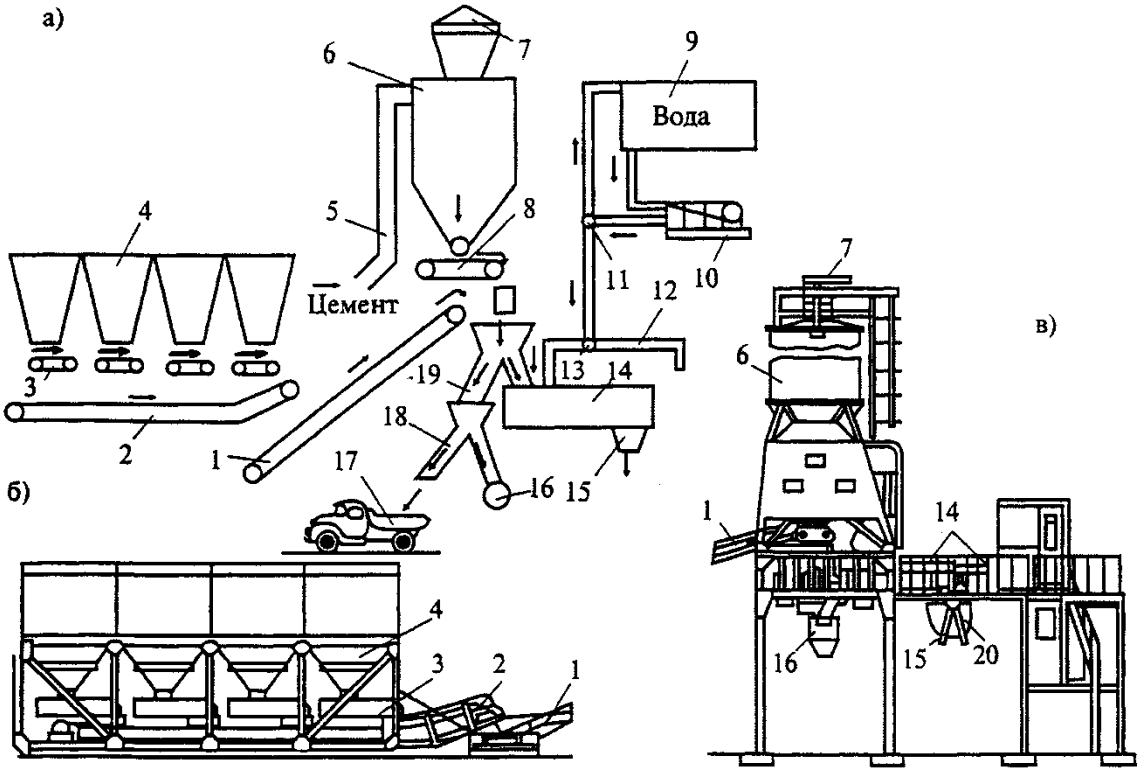


Рисунок 1.3. Логістична система технологічного процесу бетонозмішувальної установки безперервної дії:
а) технологічна схема роботи бетонозмішувальної установки; б) блок дозування кам'яних матеріалів; в) змішувальний блок
1 - похилий стрічковий транспортер; 2 – горизонтальний збірний транспортер; 3 - дозатор безперервної дії; 4 – бункери для заповнювачів; 5 – цементопровід; 6 – видатковий бункер цементу; 7 – фільтр; 8 – дозатор цементу; 9 - резервуар води; 10 – насос-дозатор; 11, 13 – триходові крани; 12 – рукав для відведення води; 14 - двовальний змішувач; 15 – накопичувальний бункер; 16 - перевірочний дозатор; 17 - автомобіль-самоскид; 18 - нижня двурукавна тічка; 19 - верхня дворукавна тічка; 20 - щелепний затвор накопичувального бункери

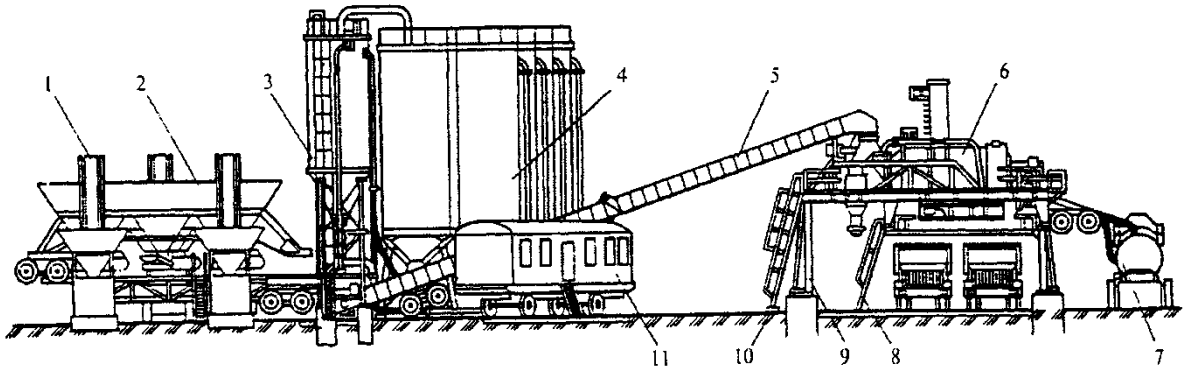


Рисунок 1.4. Логістична система технологічного процесу бетонозмішування С Б-109 та СБ-118:

1 - живильники зі стрічковими транспортерами; 2 – блок дозування кам'яних матеріалів; 3 – блок дозування цементу; 4 – склад цементу; 5 – похилий транспортер; 6 - змішувальний блок; 7 – блок дозування добавок; 8, 10 - сходи, що знімаються; 9 - рама бетонозмішувача; 11 - блок керування.

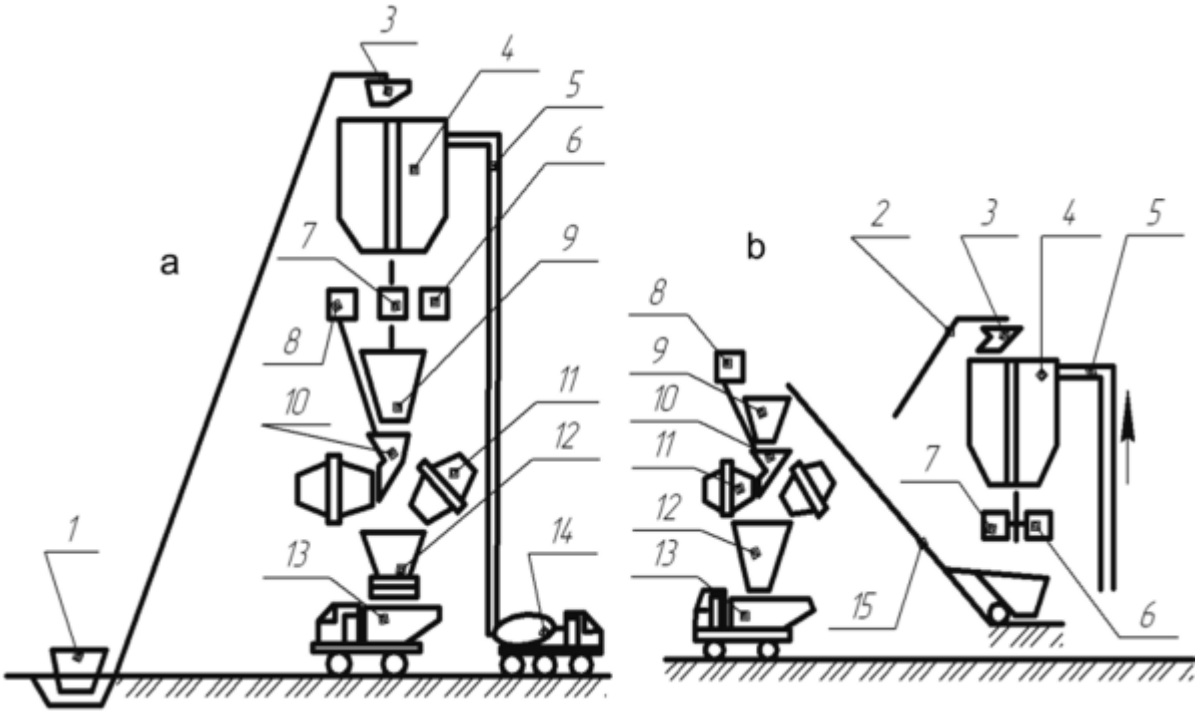


Рисунок 1.5. Технологічні схеми бетонозмішувальних установок:

a – одноступінчаста; b - двоступінчаста; 1 – конвеєр заповнювачів; 2 - конвеєр подачі заповнювачів у видаткові бункери; 3,9,10 - поворотна напрямна, розподільна лійка; 4 - видаткові бункери; 5 - труба пневмоподачі цементу; 6 – дозатор цементу; 7 - дозатор; 9 – дозатор води; 11- змішувач; 12 – бункер; 13 – автобетоновоз; 14 – автоцементовоз; 15 - скіповий під'ємник.

Закордонні логістичні системи технологічного процесу перемішування

Німецька фірма «ELBA» випускає широкий спектр баштового (вертикального) та партерного (горизонтального) типів бетонозмішувального обладнання у

стаціонарному та мобільному виконанні. У базовій установці (модель ЕМС-38) при використанні додаткових елементів можна змінювати висоту видачі бетонної суміші в автотранспорт. Крім того, можлива і видача бетонної суміші в накопичувальний бункер або проміжну ємність . Одна з останніх розробок фірми "ELBA" - високомобільна установка "SupermobilESM" продуктивністю 45-110 м3/год. За даними компанії, монтаж установки на будівельному майданчику складає всього один день. Установки фірми «ELBA» примусової дії оснащені одновальним проти потоковим змішувачем оригінальної конструкції місткістю 500-3500 л.

Змішувачі фірми «ELBA» з двома витками як лопаті призначені для приготування важких і легких бетонів, можуть змішувати й інші матеріали, у тому числі різні шлами, скло, пластмасові гранулятори і т.д.

Одновальна конструкція змішувача завдяки утворенню відцентрового ефекту виключає розшарування суміші, забезпечуючи швидке та повне вивантаження бетонної суміші. Завантаження бетонозмішувальних установок баштового типу здійснюється елеватором або стрічковим транспортером. Фінська фірма "Lohia" випускає комплекти обладнання, спеціально призначеного для роботи з урахуванням рельєфу місцевості. Випускаються спеціальні комплекти для роботи на схилах. При такому розташуванні обладнання досягається значний економічний ефект завдяки розвантаженню машин із заповнювачами безпосередньо у видаткові бункери та силосі.

Більшість бетонозмішувальних установок фірми «Lohia» випускаються із змішувачами вільного перемішування у вигляді барабанів циліндричної чи грушоподібної форми. Як правило, випускаються установки циклічної дії. При цьому зважування мінеральних матеріалів, цементу та води здійснюється за допомогою тензометричних систем. Нагрівання матеріалів у зимовий час виконується гарячим повітрям, парою або трубчастими радіаторами. На всіх установках зазвичай застосовуються мікропроцесорні системи управління. Окрім традиційних установок із випуску цементобетонних сумішей, фірма

«Lohia» випускає заводи з виробництва сухих сумішей, які затарюються у паперові мішки/.

Фінська фірма «Rala» корпорації «Раккенуслайте» випускає широкий спектр стаціонарних та пересувних бетонозмішувальних установок. Більшість установок фірми Rala (і фірми Lohia) випускаються в зимовому виконанні, тобто з можливістю цілорічного застосування.

Фірма Rala також воліє застосовувати змішувачі з вільним перемішуванням як менш енергоємні. Однак для жорстких сумішей застосовуються вертикальні змішувачі чашкового типу з примусовим перемішуванням. З метою виключення налипання суміші внутрішня поверхня змішувачів з вільним перемішуванням футерується листовою гумою.

Пересувні установки загальної групи Rala-MOBIL збираються з великих, повністю укомплектованих блоків. На місці монтажу потрібно лише з'єднати штекерні роз'єми. Монтаж установок виконується на забетонованих робочих майданчиках без фундаменту. Технічні характеристики наведених фірм приведені в таблиці 1.3

Таблиця 1.3.

Технічна характеристика бетонозмішувальних установок закордонного виробництва

Продуктивність-держава	Індекс установки	Тип установки	Тип змішувача	Продуктивність $м^3/ч$	Склад мінеральних матеріалів	Установлена потужність кВт	Вміст суміші, $м^3$
LOHIA, Фінляндія	МБ-750 МД1-1000	Циклічний, вертикальний	Чашковий	20 40	Закриті вертикальні бункери	50,8 150	0,3 0,5
RALA Фінляндія	ММС-350Р-И ММС-500Р-И	Циклічний, партерний, мобільний	Чашковий	5 15	Відкриті бункери	40 50	0,5 0,5
	SMC-1000P-E SMC-1500P-E SMC-2000P-E	Циклічний, Партерний, пересувний	Чашковий або Барабанний	15 25 40	Закриті зверху бункери	100 100 100	0,75 1,0 2,0
	CMC-2000F-S CMC-	Циклічний, вертикальний, контеєрний	Барабанний	40 60	Закриті бункери типу	125 180	2,0 3,0

	3000F-S CMC-4000F-S			80	«Силос»	250	4,0
TECWILL, Фінляндія	Cobra C-30 Cobra C-40 Cobra C-60 Cobra C-80 Cobra C-100	Мобільний	Чашковий	30 40 60 80 120	Закриті бункери типу «Силос»	80-100 100-130 120-150 150-180 180-200	0,5 1,0 1,5 2,0 2,5
LINTEC, Німеччина	CC-1000 CC-2000 CC-3000 CC-3000D	Пересувний,	Чашковий Лопатковий Двувальний	50 90 120 240	Відкриті бункери в 1 ряд	110 130 180 240	1,5 3,0 4,5 4,5×2
LIEBBHER, Німеччина	Betomix 0,5R Betomix l,0R Betomix l,5R Betomix 2,25R Betomix 3,0R Betomix 4,5R	Пересувний, перебазуємий	Тарілковий Тарілковий двувальний Лопатевий двовальний	30 55 75 100 120 160	Відкриті бункери, розділений конус або закриті бункер типу «Силос»	50 75-100 110-120 120-130 160 190	0,5 1,0 1,5 2,25 3,0 4,5
ELBA WERK, Німеччина	ELMC-38 ESM-60 ESM-85	Мобільний, пересувий	Одновальний	38 59 83	Відкриті бункери із підігри вом	54 80 125	0,5 1,0 1,65
	ESM-105 ESM-110			100 125		140 155	2,0 2,5
STETTER, Німеччина	M0,5 M1 M1,25 M1,5 M2	Мобільний, партерний,	Чашковий	30 56 71 75 93	Відкриті бункери в 1 або 2 ряди	50 80 100 130 150	0,5 1,0 1,25 1,5 2,0
	H1 H1,25 H1,5 H2	Передвижний партерний,	Лопатевий двувальний	58 70 79 93	Відкриті бункери в 1 або 2 ряди	75-100 90-120 110-140 120-160	1,0 1,25 1,5 2,0
	CP30 CP60 CP90 CP110 CP120 CP130	Передвижний,	Тарілковий	32 56 81 95 109 120	Відкриті бункери в 1 або 2 ряди	60 100 120 140 160 180	0,5 1,0 1,25 1,5 2,0 3,0

На основі виконаного огляду та оцінки технологічних параметрів логістичних систем технологічного процесу бетонозмішувальних установок циклічної та безперервної дії за прототип в магістерській роботі прийнята схема, що представлена на рисунках 1.1, в і г.

1.4. Постановка задач магістерської роботи.

В результаті виконаного огляду та оцінки технологічних параметрів логістичних систем технологічного процесу бетонозмішувальних установок циклічної та безперервної дії за прототип в магістерській роботі прийняті дві схеми, що представлені на рисунках 1.1., в і г. На основі цього визначені наступні висновки по розділу та задачі дослідження в наступних розділах магістерської роботи.

1.5. Висновки по розділу.

1. Серед відмічених процесів найбільш вживаним є процес перемішування, який є присутнім в багатьох інших процесах в тому числі є і самостійним.
2. В магістерській роботі досліджується процес перемішування, як один із найбільше розповсюджений в технології обробки матеріалів.
3. Застосування логістичної системи технологічного процесу перемішування визначиться на основі порівняння конструктивних та технологічних параметрів змішувачів гравітаційної або безперервної дії.

Задачі дослідження:

- дослідити фізичну сутність та описати процеси перемішування;
- здійснити порівняння конструктивних та технологічних параметрів змішувачів гравітаційної і безперервної дії;
- обґрунтувати розрахункову схему змішувачів;
- здійснити розрахунки у відповідності до завдання магістерської роботи;
- привести заходи техногенної безпеки та умови безпечної експлуатації змішувального обладнання.

Розділ 2. Дослідження способів обробки матеріалів та конструктивних рішень обладнання

2.1. Дослідження та моделювання процесів перемішування матеріалів

2.1.1 Моделювання процесів перемішування матеріалів на основі термодинамічного моделювання.

Питання термодинамічного моделювання процесів до теперішнього часу зустрічалися в основному для опису теплових процесів і силових установок. У практиці технологічних процесів моделювання використовувалися лише методи реологічної, гідродинамічної і механічної подібності для окремих процесів і машин [18].

Характеристикою повного моделювання може бути прийняте співвідношення параметрів моделі R_{iM} і оригіналу R_{iH}

$$R_{iH} = K_i R_{iM}, \qquad (2.1)$$

де K_i – технологічний оператор або масштабний коефіцієнт, який є постійною величиною.

В окремому випадку він може бути змінним, що залежить від режиму, часу і просторових координат:

$$R_{iH} = R(r_1, r_2, ..., r_{k-1}, l_R, t),$$

де r_k – польові параметри системи і режиму;

l_R – геометричний розмір;

t – час.

Аналіз взаємозв'язків між механічними і макроскопічними параметрами системи «робочий орган – середовище» здійснюється методами статистичної механіки. варіаційних принципів і системи багатьох частинок, котрі знаходяться у фазовому просторі. Фазовим простором визначається багатовимірний евклідовий простір, в якому розподілені точки, що характеризують стан елементарних об'ємів даної системи.

При цьому кожна частка характеризується її просторовими координатами r_i і t – складовими імпульсів руху у відповідний момент часу. Якщо

розглянута фізична системама є «*f*» ступені свободи, то кожна фазова точка технологічного простору буде мати $2f$ координат. З плином часу при русі матеріальних систем стан середовища зміниться, що відіб'ється шляхом переміщення фазових точок у просторі по траєкторіях, визначеним співвідношенням Гамільтона [13]. Система у фазовому просторі в будь-який момент часу відображає сукупність фазових точок, кількість котрих в кожній одиниці об'єму пропорційна значенню в цьому місці функції розподілу щільності. При зміні системи змінюється щільність розподілу у фазових точках простору. По зміні щільності можна судити про зміни у всій системі [19 – 21]. Так як фазовий простір відображає всі особливості розглянутого стану процесу, то при зміні системи можна розглядати і порівнювати не самі системи, а їх відображення в фазовому просторі. Це означає, що системи подібні, якщо подібні відображення цих систем і навпаки. У свою чергу, фазові простори відповідно до сутності поняття про подібність будуть подібні, якщо відношення щільності розподілу матиме цілком визначене постійне значення для будь-яких зіставляючих об’ємів, розташованих подібним чином в просторі-часі. У зв'язку з цим для того,щоб забезпечити подобу між двома системами, достатньо виконати умову

$$\frac{\rho_M}{\rho_H} = const \quad ; \quad \frac{\rho_M}{\rho_H} = idem. \tag{2.2}$$

Як правило, всі фазові зміни системи супроводжуються перетворенням елементарного вихідного продукту в кінцевий продукт (бетонна суміш, дорожній бетон) та є незворотними, що приводять до створення більш складних структур. В термодинаміці і статистичній механіці подібний процес відповідає принципу Карно-Клаузиса [20].У сучасній формі він виражається рівнянням

$$TdS = dU + dF, \tag{2.3}$$

де $TdS = d\Theta$ - ентропія (тепло,енергія), підведена зовні.

Існуюча функція dS - ентропія системи має такі властивості:

– ентропія є екстенсивною величиною. Якщо система складається з декількох частин, повна ентропія дорівнює сумі ентропії вхідних елементів. Зміна ентропії dS розпадається на виробництво ентропії $d_i S$, що викликається змінами у середині системи, і потік ентропії $d_e S$, що виникає за рахунок дії робочих органів [18, 19].

– виробництво ентропії $d_i S$, пов'язане із змінами всередині системи завжди нейтрально $d_i S \geq 0$. Поняття «ентропія» дозволяє розрізняти зворотні $S = 0$ і незворотні $S \geq 0$ процеси.

При протіканні необоротних процесів перемішування виробництво ентропії не припиняється і має місце класична нерівність Карно- Каузіса

$$d_i S = dS - \frac{d\Theta}{T} \geq 0 . \qquad (2.4)$$

Виходячи з фазової щільності при нестаціонарному русі фазових частинок і приведеного вище як загальний критерій термодинамічної подоби для процесу перемішування може бути використаний критерій, що при моделюванні процесів обробки ґрунтів [18]. Для перетворення його рівняння стосовно процесу перемішування скористаємося наступною методикою: визначимо вирази для основних термодинамічних функцій системи (ентропії, вільної енергії і повної енергії):

– отримані функції виражаються через єдину систему розмірностей;

– встановлюються диференціали функцій ентропії вільної енергії, а також часткова похідна від повної енергії за обсягом при постійній температурі і потім підставляються в рівняння (2.2), (2.4);

– шукані критерії подібності знаходяться шляхом запису зазначеного виразу у відносних одиницях.

2.1.2 Визначення критеріїв подібності для процесів змішування матеріалів у змішувачі.

При взаємодії робочих органів із змішувальним матеріалом найбільш яскраво вираженими термодинамічними і механічними проявами є пружне і

пластичне деформування, хімічні перетворення та ін. Робочий орган змішувача, рухаючись з деякою швидкістю, створює в зоні контакту з середовищем поле напружень, залежне від величини постачання навантажувальної системи механічною енергією dS. Отже, якщо запас потенційної енергії пружно - деформованого середовища та навантажувальної системи на елемент об'єму dV пропорційна d_eS (постачання), а енергія порушення стабільності пропорційна d_iS (поглинання), то їх різниця $d_eS - d_iS$ для матеріального елементарного об'єму середовища, на відміну від усіх можливих шляхів протягом усього циклу навантаження, повинна бути мінімальною. Описаний сценарій інтегрований, поширимо його на загальний об'єм матеріальної субстанції, що піддається переробці. Звідси очевидно, що вільна енергія розглянутої системи складається з кінетичної енергії руху елементарного об'єму середовища dA_t, пружної енергії деформації $\partial A_{ПР}$, потенційної енергії $dA_П$, що витрачаються на забезпечення руху середовища, а також енергії забезпечення фізико-хімічних перетворень по поверхнях локальних об'ємів дисперсій (поверхнева енергія хімічно активного компонента dA_B. Тоді відповідно до закону збереження енергії можна записати

$$\partial F = \partial A_t + \partial A_П + \partial A_{ПР} + \partial A_B . \qquad (2.5)$$

Враховуючи, що щільність системи ρ і зведена швидкість узагальненого руху системи в момент часу t дорівнює υ, два перші доданки, віднесені до одиниці об'єму, будуть дорівнювати

$$dA_t = \frac{\rho d\upsilon^2}{2}; \qquad dA_П = \rho q dh, \qquad (2.6)$$

де q – прискорення сили тяжіння;

dh – величина переміщення маси в момент часу dt.

Робота, витрачена на виробництво ентропії d_eS в системі при рівномірному полі пружних деформацій в елементарному об'ємі визначиться як

$$dA_{ПР} = A_m + A_{ВН} = P\alpha dT + \frac{PdP_i}{l^2 E}, \qquad (2.7)$$

де A_m - робота деформації за рахунок температурного розширення мікрооб'єму середовища;

$A_{ВН}$ – робота зовнішніх сил, витрачається на пружне деформування середовища;

P – узагальнене питоме зусилля на робочому органі, *Па*;

dT – приріст абсолютної температури, *град*;

dP_i – елементарний опір змішуванню мікрооб'єму, *Н*;

α – коефіцієнт температурного розширення;

E – модуль пружності середовища, *Па*;

l^2 – поперечний переріз навантажуваного мікрооб'єму, $м^2$.

Поверхнева енергія дисперсної частинки, що входить в систему відповідно до дифузійної теорії розчинення речовини, визначається за формулою

$$dA_B = \frac{RT}{V_m} \ln \alpha dV, \qquad (2.8)$$

де $\alpha = C$ – ступінь пересищення системи при розчиненні;

V_m – об'єм молярозчинної речовини.

Замінивши в останньому рівнянні $\ln\alpha$ через $\frac{2V_m\sigma_\alpha}{RTr}$ і V через l^3, отримаємо

$$dA_B = \frac{4\sigma_\alpha}{l} dl^3. \qquad (2.9)$$

Якщо знехтувати зміною температури в системі, то питома енергія, привнесена в систему, може бути записана у вигляді співвідношення

$$dE_c = \rho \frac{d\upsilon^2}{2} + \rho q dh + \frac{P dP_i}{l^2 E} + \frac{4\sigma_\alpha}{l} dl^2. \qquad (2.10)$$

Пов'язана енергія системи $d\Theta = TdS$ складається з суми різних робіт, витрачених на подолання опорів руху мікрооб'ємів середовища (тертя, непружна енергія деформації мікрооб'ємів середовища, проявлення поверхневої енергії та інші види). Позначивши відповідну силу опору на деформування об'ємів dl_i^3 за час dt через P_i,отримаємо при $T = const$

$$TdS = A_i P_i d(\frac{1}{\rho}). \qquad (2.11)$$

Приріст внутрішньої енергії системи в загальному випадку може бути визначено як

$$\left(\frac{\partial u}{\partial \upsilon}\right)_T = A\left[T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P\right]. \qquad (2.12)$$

Нехтуючи прихованою теплотою розширення, отримаємо

$$\frac{\partial u}{\partial \upsilon} = -AP \qquad (2.13)$$

.

Підставляючи вираз (2.13) у рівняння (2.5) з урахуванням переходу всієї енергії в механічну роботу, отримаємо

$$\frac{Pd\left(\frac{1}{\rho} + P\right)}{d\left(\frac{\rho\upsilon^2}{2}\right) + d(\rho q h) + \frac{P_i dP_i}{dE} + \frac{4\sigma_\alpha}{l} dl} = idem \qquad (2.14)$$

.

Розділивши чисельник і знаменник на $\frac{\rho\upsilon^2}{2}$ і переходячи до відносних величин, отримаємо

$$\frac{P}{\left[1+\frac{ql}{\upsilon^2}+\frac{P_i P}{l^2 E\rho\upsilon^2}+\frac{\sigma l^2}{\rho\upsilon^2}\right]\rho\upsilon^2}=idem \qquad (2.15)$$

З цього рівняння критерії подібності можуть бути записані у наступному вигляді [19, 20]:

$$K_{П_1}=\frac{P}{\rho\upsilon^2};\quad K_{П_2}=\frac{ql}{\upsilon^2};\quad K_{П_3}=\frac{P_i}{l^2E};\quad K_{П_4}=\frac{\sigma_\alpha l^2}{\rho\upsilon^2}. \qquad (2.16)$$

Критерії $K_{П_3}$ і $K_{П_4}$ представляються як добуток двох інваріантів:

$$K_{П_2}=\frac{PK_{П_1}}{l^2E};\qquad K_{П_4}=\frac{\sigma_\alpha \partial^2}{3}K_{П_1}. \qquad (2.17)$$

Система критеріїв подібності для опису узагальненого процесу взаємодії робочих органів апарату для змішування і диспергування будівельних матеріалів може бути записана у вигляді

$$K_{П_1}=\frac{P}{\rho\upsilon^2};\ K_{П_2}=\frac{ql}{\upsilon^2};\ K_{П_3}=\frac{P_i}{l^2E};\ K_{П_4}=\frac{\sigma_\alpha l^2}{\rho\upsilon^2};$$
$$K_{П_5}=R_e=\frac{\rho n\delta^3}{\eta}. \qquad (2.18)$$

Отримані критерії, встановлені на основі загальних закономірностей, характерних для процесів взаємодії робочих органів з середовищами, можна розглядати як вихідні для отримання критеріїв подібності іншого виду і в іншій формі запису. Вміст у критеріальних співвідношеннях таких параметрів, як σ – поверхнева активність речовини, ρ – щільність середовища, P_i – узагальнений опір і P – узагальнений питомий тиск з боку робочого органа, дозволяє перейти до критеріїв, що містять у своїй структурі параметри механічних і реологічних характеристик середовища τ,η,R_e і ряд інших, що входять в умови однозначності. Аналіз виразу для узагальненого критерію подібності (2.16) і отриманих на його основі часткових значень критеріїв (2.18) дозволяє

зробити висновок, що останні відповідають безрозмірним комплексам, які розглядаються багатьма авторами при виведенні, наприклад, критеріїв гідродинамічної подібності процесів змішування матеріалів [18, 22]. Для повної систематизації критеріальної системи поряд з параметрами силового характеру варто враховувати комбінації критеріїв термодинаміки, що отримані на основі теплофізичного аналізу системи «робочий орган – середовище» [20]. При цьому враховуються такі параметричні характеристики, як теплопровідність, температуропровідність λ, час термовпливу t, температура джерела $T_д$, коефіцієнт тепловіддачі α_T, геометричні параметри Γ_i і змінна координата Y. Критерії містять такі теплові характеристики, які в сукупності дають безрозмірну величину. Основними критеріями в термодинаміці визнані наступні.

Критерій Фур'є враховує зміну в системі при постійних геометричних і температуропровідних R_i параметрах при змінних значеннях t і координаті Y ,тобто:

$$F_0 = \frac{R_t t_0^2}{y^2}; \qquad F_0 = \frac{R_t t_0^2}{r^2}. \tag{2.19}$$

У випадках з періодично змінюваними граничними умовами, наприклад, при використанні ефектів теплового розширення або нагрівання різних середовищ, критерій Фур'є показує співвідношення швидкості зміни граничних умов і швидкості протікання теплових процесів в середині середовища і записується у вигляді $F_0 = \frac{R_t t_0}{\Gamma}$, де t_0 – час або період зміни температури на поверхні середовища. Зворотна величина $\frac{1}{F_0} = \frac{Y}{\sqrt{R_t t}}$ може розглядатися як відносна форма поточної координати при конкретному значенні t.

Критерій Біо використовується при вирішенні задач теплопровідності з граничними умовами третього роду, тобто технологічний перерозподіл при пароразігріванні або різними потоками розігрітих газів:

$$B_i = \frac{\alpha_T Y}{\lambda}. \qquad (2.20)$$

Так, наприклад, для заданої температури джерела нагріву (перегрітий пар або газ) і заданого закону теплообміну по поверхні тіла граничні умови записуються у вигляді

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial Y}\Big|_{y=0} = \alpha_T (T_Д - T_C), \qquad (2.21)$$

де T_C - температура середовища.

Граничні умови першого роду приймаються в тому випадку, якщо відомий закон зміни температури нагріваємого середовища в часі, тобто $T_C = f(t)$.

Якщо відома закономірність зміни теплового потоку надходить через поверхню в часі, то говорять про граничні умови другого роду:

$$q_П = \varphi(t); \qquad \lambda \frac{\partial T}{\partial y}\Big|_{y=0} = \varphi(t). \qquad (2.22)$$

Граничні умови четвертого роду записуються у разі контакту двох тіл, що мають різні теплофізичні властивості та однакову температуру в місці контакту.

Подібна умова записується у наступному вигляді:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial Y}\Big|_{y=0} = \lambda \frac{\partial T}{\partial y}\Big|_{y=0}. \qquad (2.23)$$

Критерій Біо характеризує ставлення внутрішньої енергії теплового опору до зовнішньої і визначає швидкість введення теплоносія на поверхню розігрітого середовища.

Безрозмірний оператор

$$\Theta = \frac{T - T_Д}{T_C - T_Д} \qquad (2.24)$$

характеризує надлишкову температуру.

Безрозмірний градієнт температури

$$G = \frac{\partial \Theta}{\partial \eta_{\Theta}}. \qquad (2.25)$$

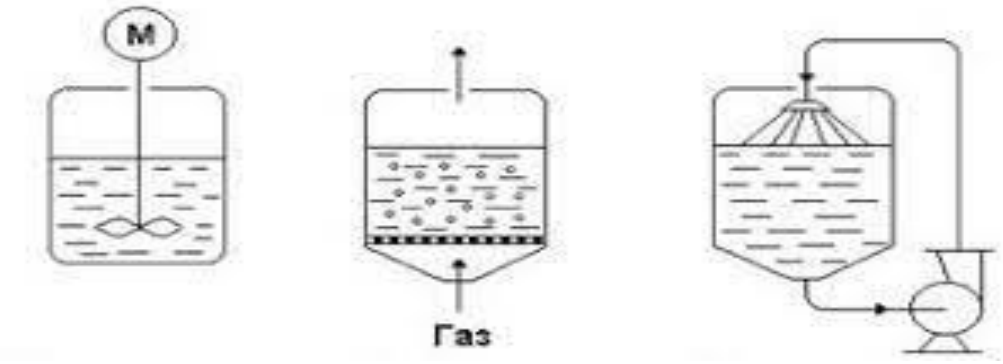
Цей критерій характеризує відношення безрозмірної температури при фіксованому часі до безрозмірної координати в даній точці.

Отримані критерії (2.16) - (2.25) дають можливість оцінити ефективність процесів перемішування матеріалів.

2.2. Патентні дослідження та аналіз існуючих конструкцій обладнання для перемішування матеріалів

2.2 1 Загальна класифікація процесів змішування та обладнання

Під час змішування в робочому об'ємі механізму відбувається взаємне переміщення частинок різних компонентів, які до перемішування були кожний "сам по собі" або знаходились у неоднорідно впровадженому стані. У результаті переміщення можливо нескінченно різне розміщення частинок у робочому об'ємі змішувача. Існують три способи перемішування матеріалів (рис.2. 1)



а *б* *в*

Рисунок 2.1 . Способи перемішування: а – механічне;

б – барботажне; в –циркуляційне.

Класифікація змішувачів за прнципом дії на оброблювальний матеріал приведена на рисунку 2.2.

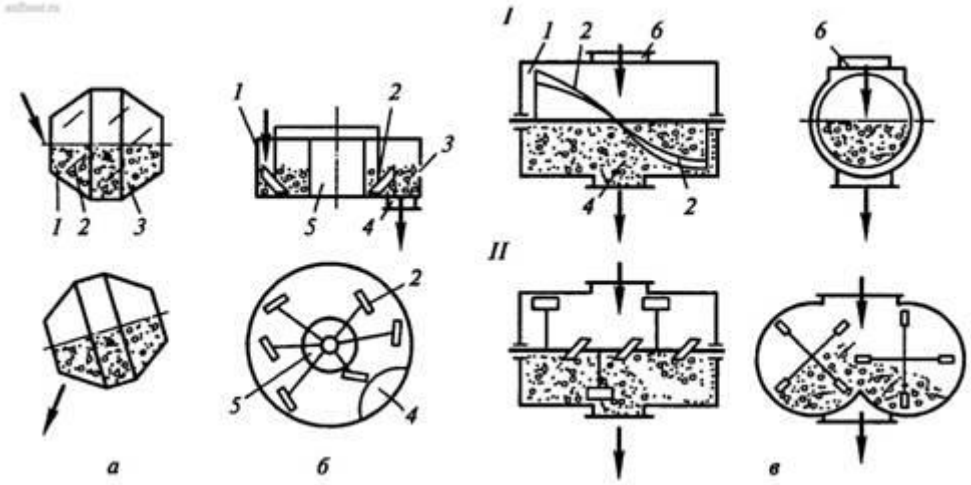


Рисунок 2 Класифікація змішувачів за прнципом дії:
а- змішувачі гравітаційної дії; б, в - змішувачі примусової дії.

Механічне примусове перемішування має дві коструктивні рішення: з вертикально розташованими одним або декількома змішувальними валами (рис.2.1), або з коритоподібним корпусом, з горизонтально розташованим одним або двома змішувальними валами. Схеми реалізації механічно примусового перемішування приведені на рисунку 2.3.

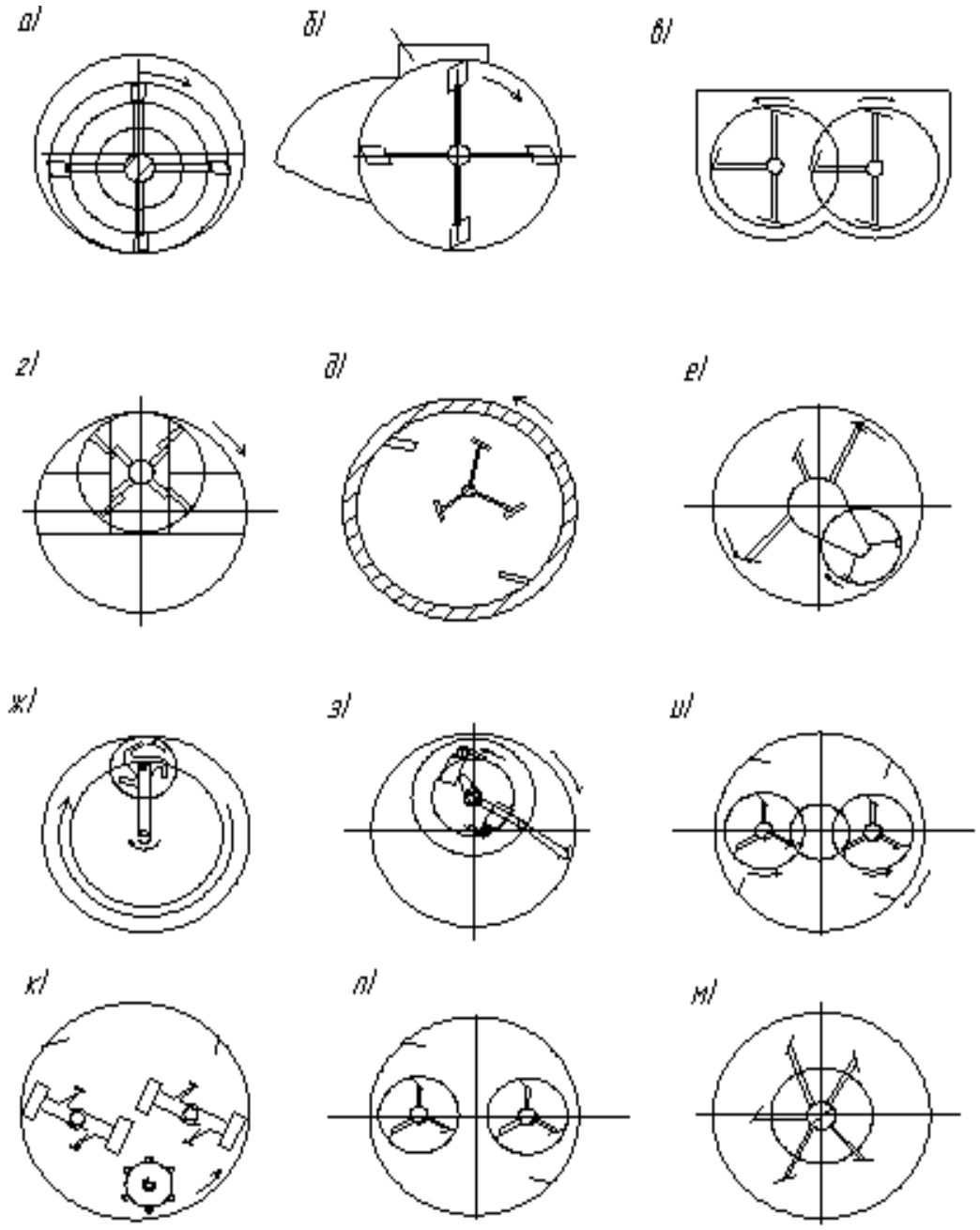


Рис.2.3. Основні типи обладнання з примусовим змішуванням матеріалів.

Першу групу класифікації складають циклічні змішувачі з коритоподібним корпусом і горизонтально розташованими змішувальними валами: з одним змішувальним валом і вивантаженням шляхом перекидання (рис. 2.3, а); з одним змішувальним валом і вивантаженням через люк, що знаходиться в нижній частині корпусу (рис. 2.3, б); з двома змішувальними валами і з донним розвантаженням через люк (рис. 2.3, в).

Другу групу класифікації складають циклічні змішувачі з циліндричним корпусом-чашею із вертикально розташованими валами. Такі змішувачі

застосовуються переважно на стаціонарних, великої продукивності заводах. У них здійснюється протипотоковий із одночасним обертанням чаші і змішувальних валів. Чаша в іншому виконанні може бути і нерухомою. Очищення вертикальної поверхні чаші від налипання суміші може відбуватися або нерухомими шкребками при обертанні чаші, або при нерухомій чаші шкребками, або при нерухомій чаші шкребками, що обертаються. Вивантаження суміші здійснюється перекиданням (рис.2.3,г); із обертовою чашею(рис.2.3, д), лопаті можуть мати свій привід, а якщо такого приводу немає то лопаии обертатися тільки від контакту з рухомої сумішшю. Налипання суміші здійснюється нерухомими шкребками, а вивантаження шляхом перекидання чаші. Наступним прикладом другої класифікації є змішувач(рис.2.3,е), чаша якого є нерухомою, а лопаті обертаються на центральному валу. Одна з лопатей замінена на вал зі своїми лопатями і має планетарний привід від центрального валу. Налипання суміші здійснюється обертаючими лопатями, а вивантаження через люк, який розташованний на днищі корпусу; є конструкція змішувача із нерухомою чашою (рис.2.3, ж). Дві системи змішувальних лопатей обертаються за принципом протитечії. Очищення суміші здійснюється обертовою лопаттю, що подає матеріал під другу систему лопатей, а вивантаження через люк, як і в попередній конструкції; на рисунках 2.3,з і 2.3,и приведені схеми протипотокового змішувача з обертовою чашею і лопатями. Очищення відбувається нерухомою лопаттю зі змінним радіусом. А змішувач (рис.2.3,к) відрізняється від попередніх наявністю протипотокового бігункового механізму із обертовою чашею. Додатково всередині чаші встановлений ротор з пальцями, що має окремий привід. Планетарний змішувач (рис. 2.3, л) має один обертовий центральний вал, від якого за допомогою планетарної передачі провидиться в обертання навколо своїх осей два вала зі змішувальними лопатями в нерухомій чаші. Очищення здійснюється лопатями, що обертаються від центрального вала, а вивантаження як і в попередній конструкції через люк.

І остання конструкція розглянутої класифікації представляє собою турбінний змішувач (рис.2.3, м) з нерухомою чашею.

Аналіз зійсненої класифікації обладнання для примусового перемішування. Перевагою примусового змішування є можливість забезпечення приготування сумішей більш високої якості за ступенем однорідності будь-яких матеріалів. Обгрунтовується це тим, що в процесі змішування компоненти, що знаходяться в корпусі піддаються механічному впливу і рух кожної частинки що найменше має обертальний та переносний характер на відміну від процесу гравітаційної дії. Так, найбільший ефект при змішуванні слід очікувати саме застосуванням примусового змішування матеріалів, що і прийнято в данній роботі.

2.2.2 Патентні дослідження.

Схема апарату для перемішування в системах рідина- тверда речовина приведено на рисунку 2.4. Тут 1 ємність зі встановленими відбивними перегородами 2 та патрубком 5, в центрі якої встановлено вал 3 зі змінними мішал- ками 4. Апарат для перемішування працює наступним чином. Речовина загружається в посудину 1, відбувається процес перемішування мішалкою 4, через патрубок 5 вивантажується. Необхідна кількість відбивних перегородок залежить від параметрів речовини та технологічного процесу і визначається розрахунками.

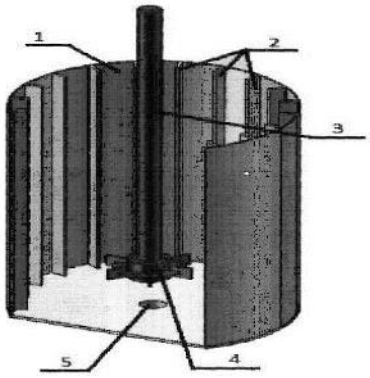


Рисунок 2.4. Схема апарату для перемішування в системах рідина- тверда речовина.

Патент UA (11) 7013 являє собою логістичну систему (рис.2.5), яка включає міксер 1 або блендер промислового виробництва, в якому вал обертання 2 виконаний порожнистим для підведення рідини чи газу.

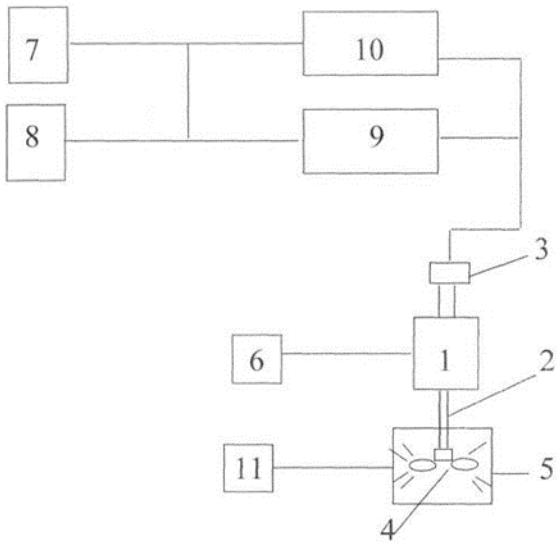


Рисунок 2.5 Логістична система схеми примусового перемішування матеріалів (патент UA (11) 7013- Україна).

Підводиться трубка з порожнистим валом, які з'єднані за допомогою рухомого з'єднання 3, щоб уникнути прокручування трубопроводу. На кінці вала розташований трилопатевий гребний гвинт 4, що опускається в ємність 5 для перемішування суміші. Гвинт 4 забезпечений струминними насадками 5, через які подається повітря або рідина. Повітря або рідина подається як на гребному гвинті судна (1). Міксер 1 забезпечений регулятором обертів 6 з двигуном постійного струму для плавної зміни частоти обертання.

Для подачі повітря або кисню передбачений балон 7 з редуктором тиску. Рідина, що 30 подається по трубопроводу, рухається з гідрофора 8, розташованого поблизу балона, а повітря подається в гідрофор 8 від того ж балона 7 через інший редуктор. Подаваючі повітря і рідина проходять по трубопроводах, що йдуть спочатку через терморегульовану шафу 9, а потім через холодильник 10 або окремо, в залежності від необхідної операції. Якщо потрібен режим барботування, то повітря або газ пропускається через насадки гвинта, а якщо режим кавітації - то вводиться кавітаційний пристрій 11.

Проточно-кавітаційний змішувач (рис.2.6 - Патент України № 44179) має конфузор 1, який з'єднаний з камерою 2. Через патрубок 11 компоненти перемішення подаються в зону кавітатора 7, 8, де і відбувається процес перемішування і отриманий матеріал виводиться із змішувача через дифузор 9 і патрубок 10.

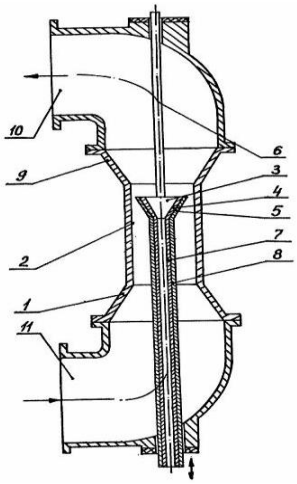


Рисунок 2.6. Проточно-кавітаційний змішувач (Патент України № 44179)

2.3. Аналіз існуючих конструкцій обладнання для обробки вибраних матеріалів.

У відповідності до прийнятого рішення аналізу існуючих конструкцій обладнання для обробки вибраних матеріалів розглядаються примусові змішувачі приведені на рисунках 2.7 – 2.13. Роторний змішувач з нижнім розташуванням приводу (рис.2.7) має місткість 1500 л.

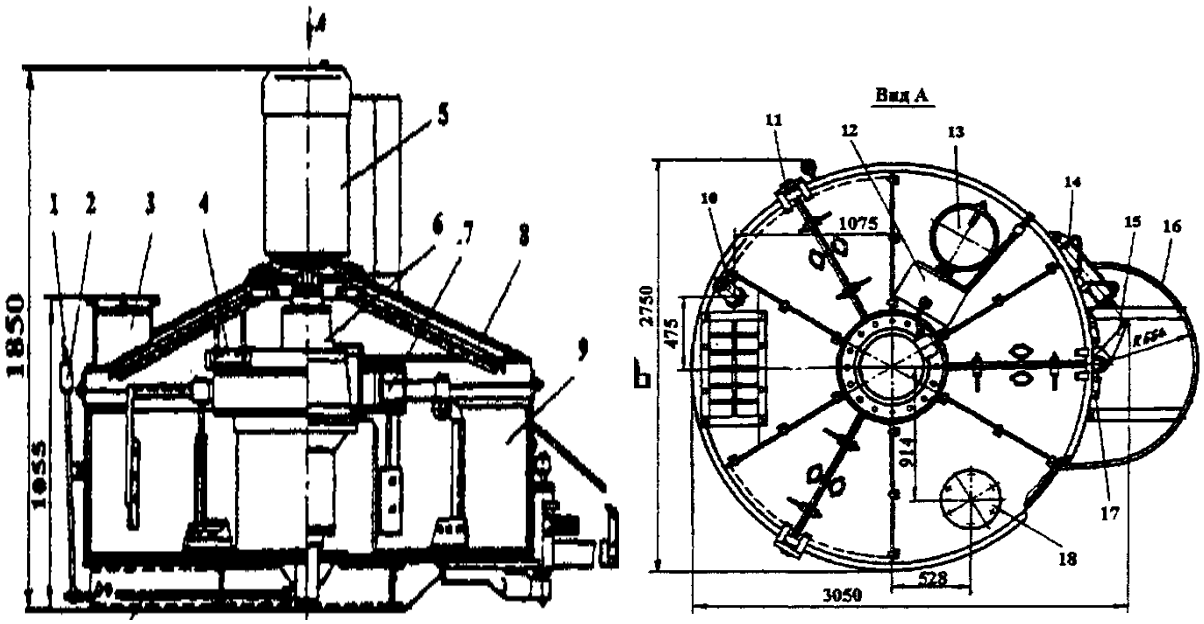


Рисунок 2.7. Роторний змішувач з нижнім розташуванням привода:

1– щуп; 2 - заливна трубка; 3 - завантажувальний патрубок; 4 - очисний пристрій; 5 – електродвигун; 6 – редуктор; 7 – ротор; 8 – кришка; 9 – чаша; 10 – труба; 11, 17 - колійні вимикачі; 12 – пульт управління; 13 - оглядовий люк; 14 – пневмоциліндр; 15 - затвор; 16 - огорожа; 18 - витяжний патрубок; 19 - зливна трубка.

Змішувачі безперервної дії з горизонтальними лопатевими валами мають різну продуктивність, яка коливається в межах 5, 10, і 30 м^3/год. Конструкція змішувача безперервної дії із примусовим перемішуваням СБ-75 (рис.2.8) складається з коритоподібного барабана, змонтованого на рамі 1, клинопасової передачі 2, гнучкої муфти 3,лопаті 4, розпірної втулки 5, кота зубчастої передачі.Компоненти сумішрпусу 6, лопатевого валу 7, електродвигуна 8, редуктора 9 і перемішуються двома гвинтовими лопатями, закріпленими на валу. Вал установлений на підшипниках і приводиться в обертальний рух двигуном через пасову передачу шківом та редуктором. При перемішуванні компонентів барабан закривають кришкою, вивантажують готову суміш через люк, який відкривається затвором пневмоциліндром.

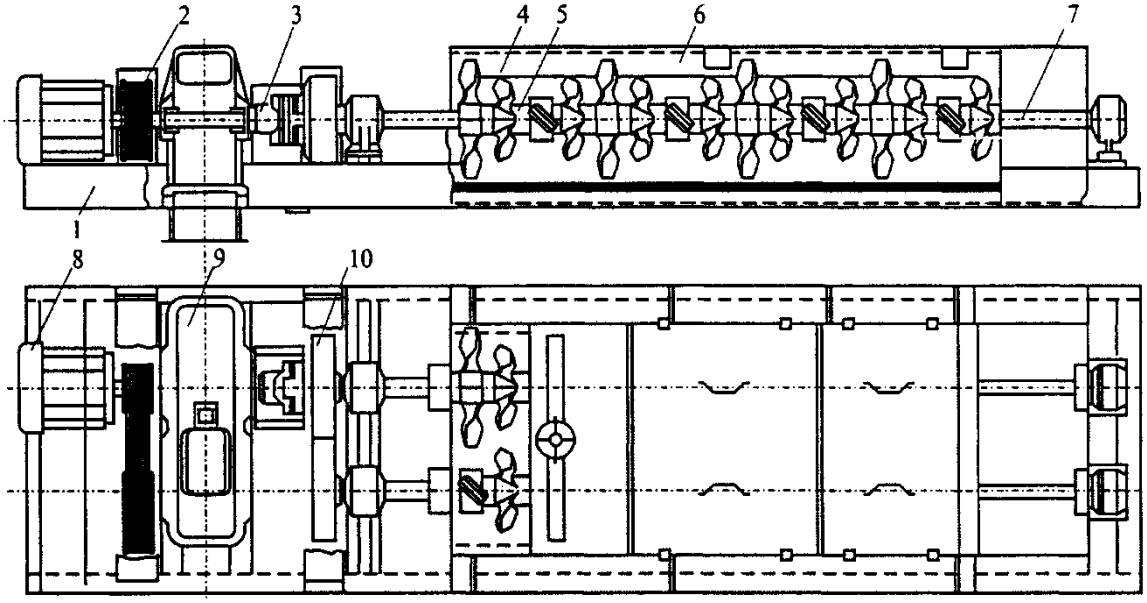


Рис. 2.8 Змішувач безперервної дії із примусовим перемішуваням СБ-75:
1 – рама; 2 - клинопасова передача; 3 – гнучка муфта; 4 - лопаті; 5 – розпірні втулки; 6 – корпус; 7 - лопатевий вал; 8 – електродвигун; 9 – редуктор; 10 - зубчаста передача.

Дещо іншу конструкцію має змішувач СБ-163 (рис. 2.9) із тим самим принципом, як і в змішувачі СБ-75.

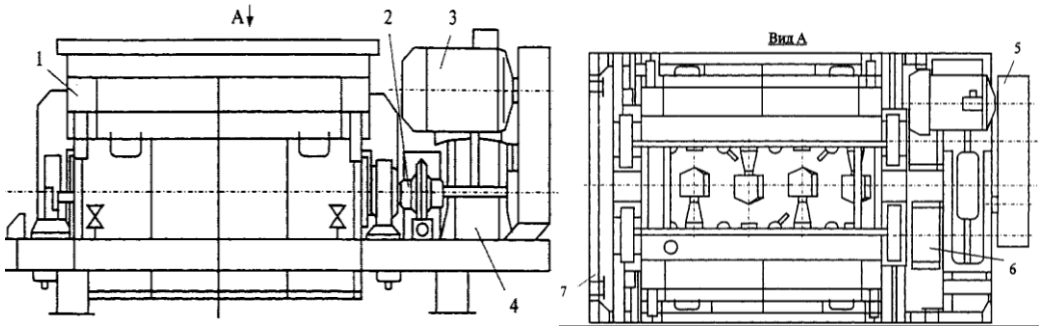


Рисунок 2.9 Бетонозмішувач СБ-163 примусової дії:
1 - змішувальна чаша; 2 – ланцюгова муфта; 3 – електродвигун;
4 – редуктор; 5, 6 – кожухи; 7 – рама.

На рисунку 2.10 приведені різновиди лопатового змішувача, а на рисунку 2.11- різні конструктивні рішення турбінних змішувачів.

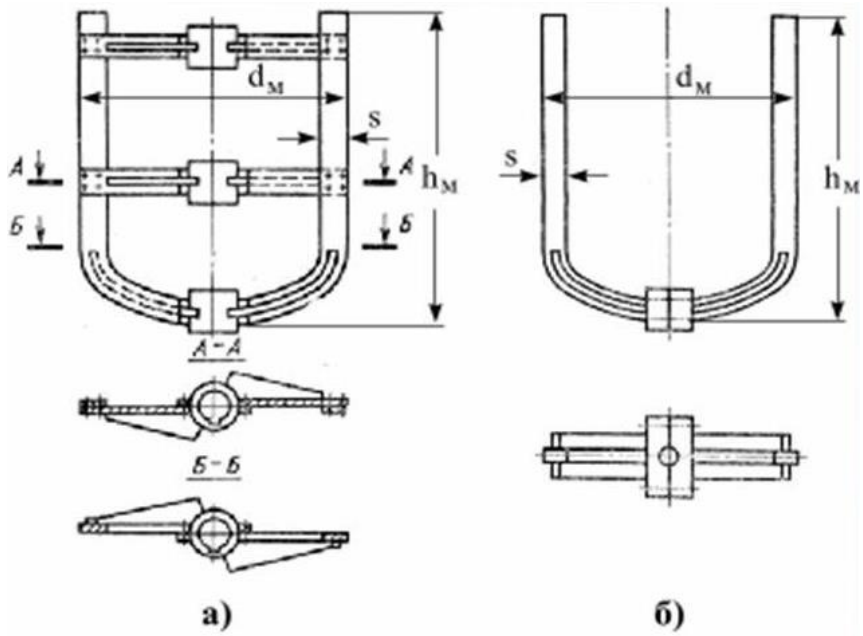


Рисунок 2. 10.Різновиди конструкцій лопатового змішувача:

а – рамна; б –якорна.

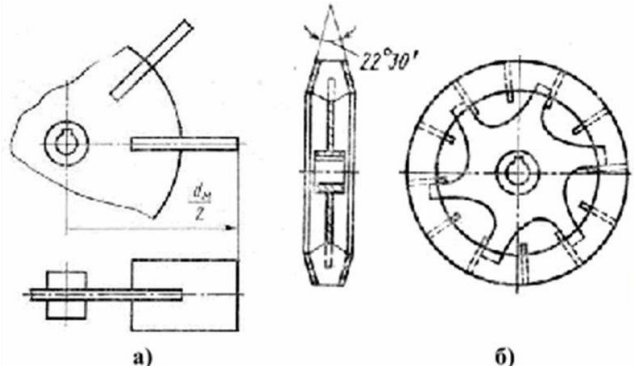


Рисунок 2.11. Різні конструктивні рішення турбінних змішувачів:

а відкрита; б-закрита.

На рисунку 2.12 приведена одна із конструкцій турбінного змішувача

Рисунок 2.12. Турбінний змішувач:1,15 - опори: стійка та лапа; 2- днище; 3-змішувач; 4-корпус; 5 - рубашка; 6-кришка; 7- труба для тиску; 8- ущільнення; 9- редуктор; 10-електродвигун; 11-муфта; 12-стійка приводу; 13-люк; 14- вал.

Існує низка зізних конструкцій спеціалізованих змішувачів(рис.2.13)

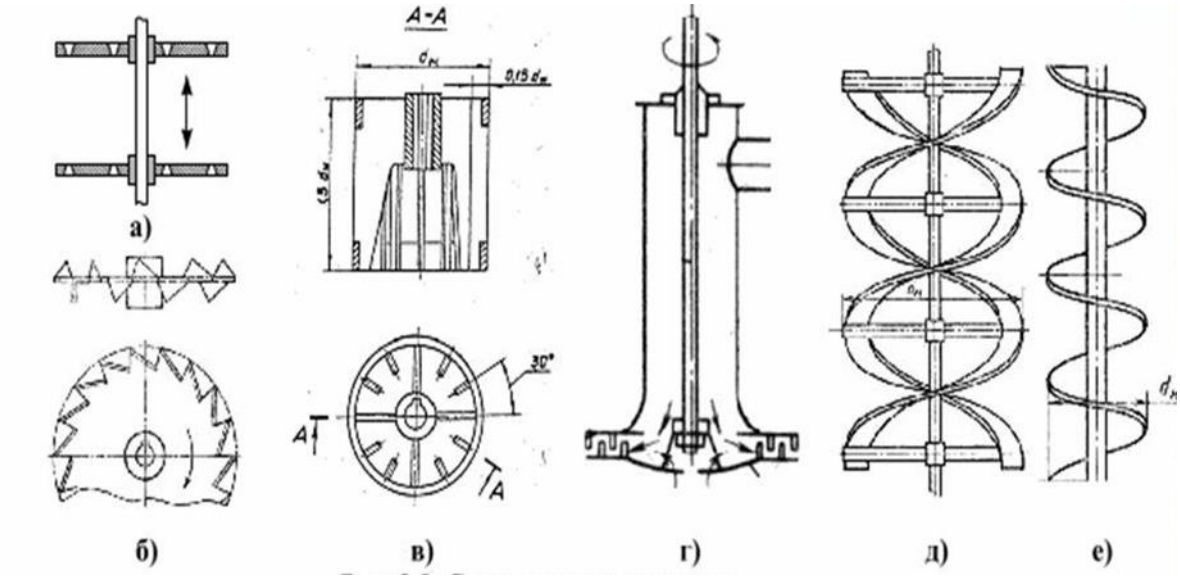


Рисунок 2.13. Спеціалізовані змішувальні апарати:

а-вібраційна; б-фрезерна; в-клітьова; г-імпелерна; д- стрічкова; е- шнекова.

Деякі конструкції змішувачів примусової дії невеликих об’ємів приведено на рисунку 2.14.

а *б* *в* *г*

Рисунок 2.14 Змішувачі примусової дії невеликих об’ємів:

а,б- **V**=74л; в- **V**=200л; г- **V**=90л.

2.4. Висновки по розділу.

1. Здійснено дослідження та моделювання процесів перемішування матеріалів, внаслідок чого отримано аналітичні залежності критеріїв перемішування сумішей (2.18 – 2.19).
2. Патентнми дослідження та аналізом існуючих конструкцій обладнання для перемішування матеріалів дана оцінка конструктивних та технологічних параметрів.

Розділ 3. Дослідження параметрів і режимів роботи обладнання для обробки матеріалів

3.1. Огрунтування конструктивної схеми обладнання.

Огрунтування конструктивної схеми обладнання здіснені раніше дослідження (розділи 1 і 2) дозволили визначити розрахункову схему (рис.3.1).

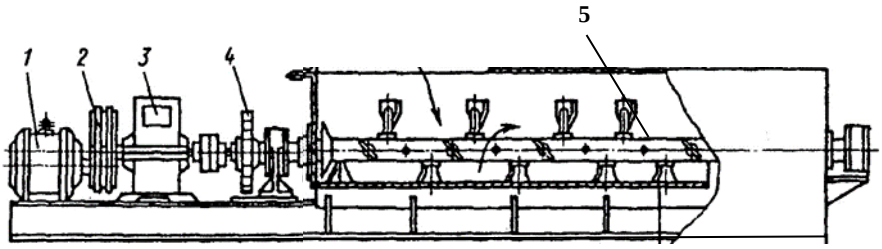


Рисунок 3.1 Схема вибраної схеми змішувача:
1 - двигун; 2- муфта; 3-редуктор; 4 - муфта; 5-вал змішувача

Змішувач відноситься до класу змішувачів примусової дії із горизонтальним розташуванням лопатевого валу.

3.2. Вибір критеріїв оцінки конструктивних та технологічних параметрів обладнання.

При дослідженнях різних технологічних процесів та технічного обладнання застосовується підхід, оснований ра застосуванні критеріїв [ ]. Застосування функціональних критеріїв при оцінці конструктивних і технологічних параметрів здійснюється за відповідною методикою [8].

Сутність методики полягає у оцінці параметрів однотипних машин з використанням технічних характеристик.

На основі огляду конструкцій прототипів машин визначаються ключові параметри, що впливають на протікання основного технологічного процесу (табл.3.1)

Таблиця 3.1

Технічні характеристики обладнання

Тип № п/п	Продуктивність П, м^2/год	Маса m, кг	Потужність P, кВт	Технологічні параметри		
				n, об/хв	h, м	X_0, мм
1	$П_1$	m_1	$Р_1$	n_1	h_1	x_{01}
2	$П_2$	m_2	$Р_2$	n_2	h_2	x_{02}
3	$П_3$	m_3	$Р_3$	n_3	h_3	x_{03}

Можуть прийматися і інші параметри, які є визначальними для Далі вибираються критерії оцінки цих параметрів – це питомі показники або безрозмірні параметри, за числовим значенням яких і відбувається оцінка необхідних параметрів. Такими критеріями можуть бути:

1) $\frac{П}{m} = K_1 -$ критерій оцінки впливу маси на продуктивність; (3.1)

2) $\frac{П}{P} = K_2 -$ критерій впливу витрат енергії на продуктивність; (3.2)

3) $\frac{P}{m} = K_3 -$ критерій впливу потужності на масу; (3.3)

4) $\frac{a}{g} = K_4 -$ критерій динамічності; (3.4)

(a – прискорення, g – прискорення вільного падіння).

Таблиця 3.3

Числові значення критеріїв

Тип машин	K_1	K_2	K_3	K_4
1	K_{11}	K_{21}	K_{31}	K_{41}
2	K_{12}	K_{22}	K_{32}	K_{42}
3	K_{13}	K_{23}	K_{33}	K_{43}

Отримані розрахункові значення критеріїв заносять в табл. 3.3 і роблять висновки щодо ефективності тих чи інших параметрів.

Енергоємність є відносним питомим показником, що характеризує ефективність машини в сенсі зменшення витрат енергії на одиницю продукції, але повну характеристику ефективності конструкції машини і її роботи вона не може дати. Існують і інші критерії, що є показниками досконалості технічних систем, а саме матеріаломісткість, коефіцієнт використання об'єму, які визначають відносну ефективність конструкції машини. Питома потужність визначає відносну енергонасиченість машини, але по ній не завжди можна судити про загальну ефективність техніки. Відносні питомі енергетичні конструктивні параметри можуть бути визначені інтегральним відносним питомим показником оцінки ефективності машини – питома енергоємна потужність $P_{\text{пе}}$, що становить питому потужність, яка припадає на одиницю енергоємності роботи машини і визначається відношенням сумарної потужності двигунів машини, до добутку її маси і енергоємності

$$P_{\text{пе}} = \frac{P}{m \cdot e}. \tag{3.5}$$

Зменшення енергоємності роботи машини і її маси діють в одному напрямку підвищення загальної ефективності машини.

В теперішній час ефективність машин, оцінюють за двома відносними питомими критеріями:

- енергоємністю обробки матеріалу,

$$e = \frac{P}{\Pi}, \tag{3.6}$$

де P – потужність на обробку матеріалу ; Π – продуктивність машини,

- питомою продуктивністю

$$\Pi_{\text{пит}} = \frac{\Pi}{P}. \tag{3.7}$$

Зв'язок між цими параметрами визначається з співвідношення

$$\Pi_{\text{пит}} = \frac{1}{e}. \tag{3.8}$$

Аналізуючи залежності (3.6), (3.7) і (3.8) можна зауважити, що, незважаючи на те, що у формулу для визначення питомої енергоємної потужності не входить в параметр Π, все ж вона в оцінці ефективності машини приймає участь, тому що продуктивність опосередковано задіяна в енергоємності. Це випливає з порівняння формул (3.7) і (3.8).

Звідси можна зробити висновок, що підвищення параметра $P_{\text{пе}}$ означає збільшення продуктивності роботи машини з одночасним зменшенням її маси і енергоємності обробки матеріалу.

Якщо представити потужність як

$$P = \frac{E}{t}, \tag{3.9}$$

а енергоємність як

$$e = \frac{E}{V}, \tag{3.10}$$

де E – енергія, що витрачається на обробку матеріалу за час t, а V – об'єм обробленого матеріалу, який розробляється за час t і підставити ці вирази в (3.5), то

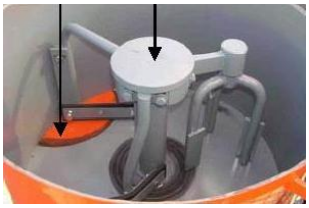
$$P_{\text{пе}} = \frac{\Pi}{m}. \tag{3.11}$$

Назвемо цей відносний питомий критерій $\Pi_{\text{п}m} = \frac{\Pi}{m}$ масопитомою продуктивностю. Критерій, який визначає продуктивність, що припадає на одиницю маси машини, кращий за відносні питомі енергетичні критерії (3.6) і (3.7). Він враховує як ефективність конструкції машини, так і ефективність її робочого процесу, хоча енергетичні параметри прямо і не входять в формулу (3.11) і співпадає із формулою (3.3).

3.3. Результати досліджень та їх аналіз.

У відповідності з наведеними залежностями в таблиці 3.4 наведені характеристики деякого обладнання для перемішування матеріалу.

Таблиця 3.1. Параметри змішувачів примусової дії.

№	Тип	Об'єм по завантаженню л	Об'єм готового замісу, л	Маса, кг	Потужність, кВт
1	 FILAMOS M 50	74	37	96	1,5
2	БП-1Г-100	100	67	350	2,2
3	СБ-80-01	250	185	550	4,0
Продовження таблиці 1.2.					

4	Б-200	200	-	350	1,5
5	"Скаут" 200	-	200	490	4,0
6	КОМПАС 300 М	327	-	700	7,7
7	СВ-40	90	40	180	4,0

В результаті розрахунків цих і іще 13 конструкцій подібного класу обладнання для перемішування за формулами (3.2) і (3.3) визначені критерії і за їх значеннями побудовані гістограми (рис3.2) та (рис.3.3)

Інтенсивність перемішування визначається витратами енергії на одиницю витрат руху суміші, тобто до об’єму або маси перемішуваної суміші.

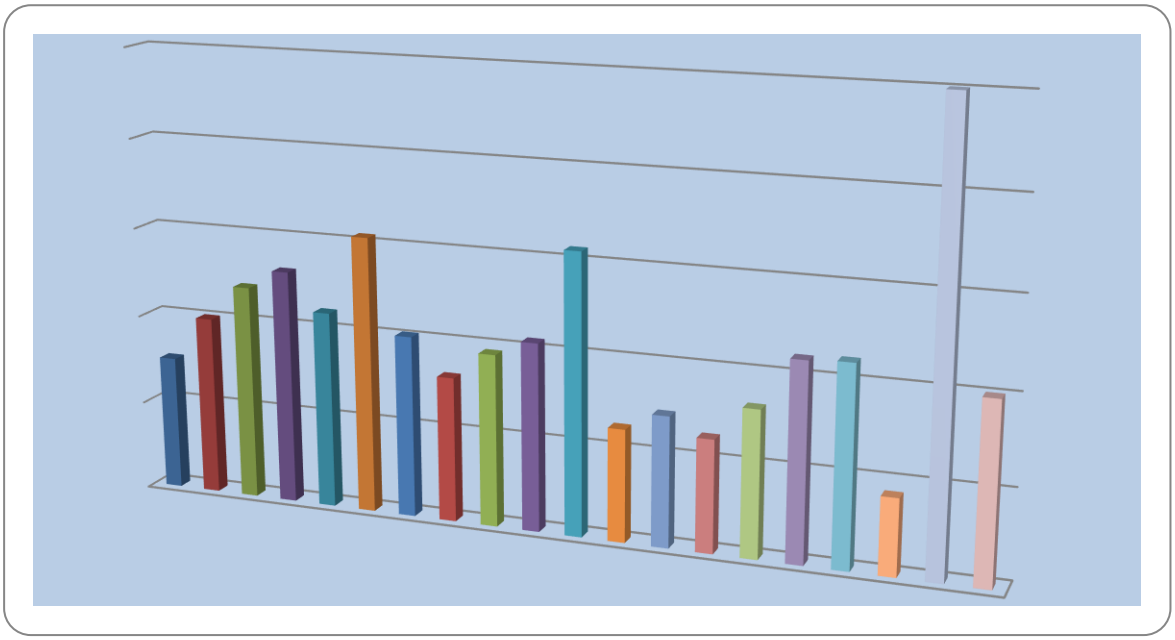


Рис.3. 2. Критерій впливу потужності на масу розгянутих типів змішувачів.

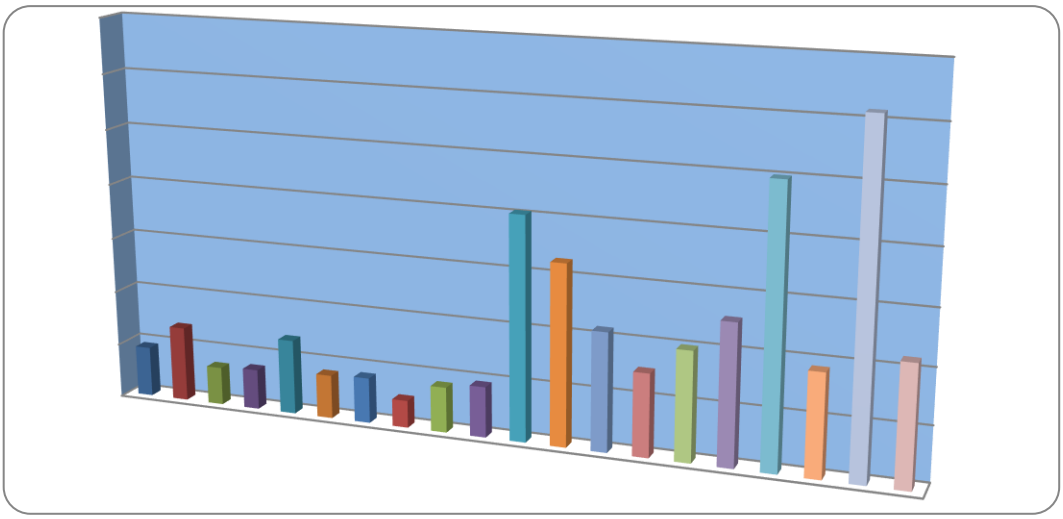


Рис.3.3. Критерії енергоємності розгянутих типів змішувачів.

На основі оцінки цих гістограм і обрано тип змішувача, результати розрахунків його конструктивних параметрів наведені в наступному розділі мгістерської роботи.

3.4. Висновки по розділу

1. Огрунтувана конструктивна схема обладнання – одновальний змішувач примусової дії.

2. При дослідженнях параметрів змішувачів примусової дії обгрунтований підхід на основі застосування функціональних критеріїв.

3. Критерій, який визначає продуктивність, що припадає на одиницю маси машини, прийнятий як основний, оскільки він враховує як ефективність конструкції машини, так і ефективність її робочого процесу.

4. В результаті розрахунків конструкцій обладнання для перемішування за формулами (3.2) і (3.3) визначені критерії і за їх значеннями побудовані гістограми.

Розділ 4. Конструкторська частина. Розрахунки обладнання.

Схема розташування змішувального апарату змішувача приведена на рисунку 4.1.

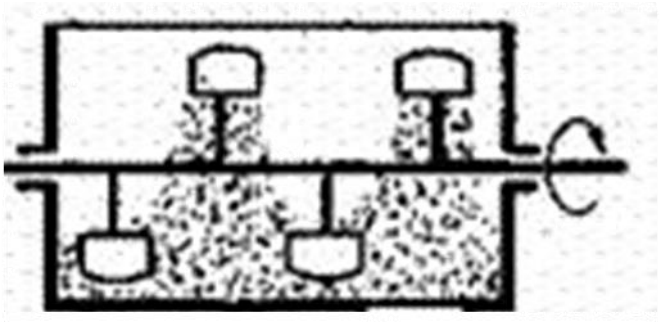


Рисунок 4.1. Схема змішувального апарату змішувача (*конструктивна схема змішувача приведена на рисунку3.1*).

Методикою передбачено розрахунки параметрів елементів змішувача в наступній послідовності:

- частоти обертання лопатевого валу змішувача примусової дії;
- сили опору перемішування;
- потужність приводу одновального змішувача;
- кінематичний розрахунок приводу змішувача;
- розрахунок лопатевого валу;
- розрахунок підшипників;
- болтів кріплення лопаток на вал;
- ланцюгової муфти приводу.

4.1. Визначення частоти обертання лопатевого валу змішувача примусової дії.

Швидкість обертання лопатевого валу визначаємо за формулою:

$$\omega = \sqrt{\frac{g(\sin\varphi_o + f_2 \cdot \cos\varphi_o)}{r_o}},$$

де: $g = 9{,}81$м 2/с – прискорення вільного падіння;

$r_o = 0{,}54$м – внутрішній радіус корпусу змішувача;

$\varphi_o = 60^o$ - Кут нахилу лопатки в момент її виходу у вільну зону;

$f_2 = 0{,}3 \div 0{,}35$ - Сухих компонентів по сталі;

$f_2 = 0{,}4 \div 0{,}6$ - цементобетонних компонентів сталі;

$$\omega = \sqrt{\frac{9{,}81(\sin 60° + 0{,}6 \cdot \cos 60°)}{0{,}54}} = 4{,}6 \text{ рад/с};$$

Приймаємо: $\omega = 4{,}6$ рад/с.

$$\text{Тоді: } n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 4{,}6}{3{,}14} = 45{,}5 \text{ про/хв.}$$

4.2. Визначення сил опору перемішування та потужності приводу одновального змішувача примусової дії.

На рисунку 4.1 приведена розрахункова схема лопатки

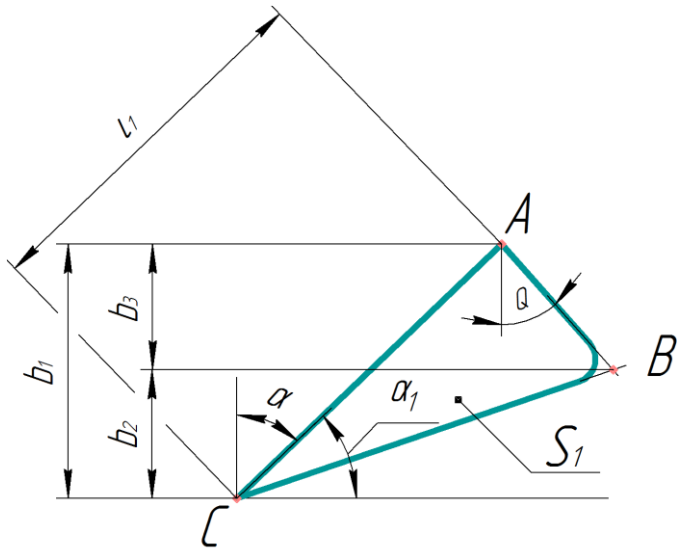


Рис. 4.1 Розрахункова схема лопатки

4.2.1. Повна робота для подолання сил лобового опору периферійною лопаткою при її переміщенні на ділянці від $\varphi = 0$ до $\varphi = \pi + \varphi_0$:

$$W_1 = \frac{C_1 \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot l_1 \cdot \sin\alpha\left(r_0^4 - r_1^4\right) \cdot (\pi + \varphi_0)}{4} =$$

$$= \frac{7 \cdot 1800 \cdot 4{,}6^2 \cdot 0{,}100 \cdot \sin 30^o \left(0{,}54^4 - 0{,}46^4\right) \cdot (3{,}14 + 1{,}047)}{4} = 779 H \cdot м;$$

де: $C_1 = 6 \div 7{,}5$ - коефіцієнт опору руху лопатки цементно-бетонної суміші у напрямку руху суміші;

$\rho = 1800 кг/м^3$ - щільність суміші, що перемішується;

$r_1 = r_o - h = 540 - 80 = 460 мм = 0{,}46$ м;

$\varphi_o = \frac{60^o}{180} \cdot \pi = \frac{60^o}{180} \cdot 3{,}14 = 1{,}047$ радий;

4.2.2. Роботу на подолання сили тертя між ядром ущільнення та корпусом змішувача від дії сили інерції визначаємо за формулою:

$$W_2 = \frac{S_1 \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot r_o (r_o^2 - r_1^2) \cdot (\pi + \varphi_o) \cdot f_1}{4} =$$

$$= \frac{0{,}00095484 \cdot 1800 \cdot 4{,}6^2 \cdot 0{,}35\left(0{,}54^2 - 0{,}46^2\right) \cdot (3{,}14 + 1{,}047) \cdot 0{,}7}{4} = 0{,}887 H \cdot м;$$

де: S1 – площа ядра ущільнення (див.рис.4.1);

$S_1 = \left[b_1 \cdot b_2 - 0{,}5(b_2^2 + b_3^2)\right] \cdot tg\theta_1 - 0{,}5 b_1^2 \cdot \sin\alpha$;

$b_1 = l_1 \cdot \sin\alpha = 0{,}185 \cdot \sin 30^o = 0{,}092$ м;

$$b_2 = b_1 \cdot \cos\alpha \cdot \frac{tg\theta_1 + tg\alpha}{2tg\theta_1} = 0{,}092 \cdot \cos 30^o \cdot \frac{1 + tg30^o}{2 \cdot 1} = 0{,}063 \text{ м};$$

де: $tgQ_1 = f_{тр.;}$ Q1 – кут тертя; $f_{тр.} = 0{,}95 \div 1{,}05$ - коефіцієнт тертя;

Приймаємо: $tgQ_1 = 1$.

$b_3 = b_1 - b_2$ - проекція сторони АВ на площину(див.рис.4.1);

$b_3 = 0{,}092 - 0{,}063 = 0{,}029$ м;

$f_1 = 0{,}6 \div 0{,}8$ - Коефіцієнт тертя цементобетонної суміші по сталі;

Тоді:

$$S_1 = \left[0{,}092 \cdot 0{,}063 - 0{,}5(0{,}063^2 + 0{,}029^2)\right] \cdot 1 - 0{,}5 \cdot 0{,}092^2 \cdot \sin 30^o = 0{,}001279 м^2.$$

4.2.3 Робота на подолання сили тертя між ядром ущільнення та корпусом змішувача від дії сили тяжіння ядра ущільнення та стовпа бетонної суміші, що знаходиться над ядром ущільнення:

$$W_3 = \frac{S_1 \cdot r_o^2 \cdot \rho \cdot g \cdot f_1 \cdot \pi}{2} = \frac{0{,}001279 \cdot 0{,}54^2 \cdot 1800 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}7 \cdot 3{,}14}{2} = 7{,}243 H \cdot м;$$

4.2.4 Робота, необхідна для визначення сили внутрішнього тертя між ядром ущільнення та стовпом бетонної суміші:

$$W_4 = \frac{S_1 \cdot r_1^2 \cdot \rho \cdot g \cdot f_2 \cdot \pi}{2} = \frac{0{,}001279 \cdot 0{,}46^2 \cdot 1800 \cdot 9{,}81 \cdot 1 \cdot 3{,}14}{2} = 7{,}509 H \cdot м;$$

де: $f_2 = 0{,}9 \div 1{,}1 \approx 1$- Коефіцієнт внутрішнього тертя.

4.25 Робота, необхідна подолання сили опору, викликаної дією сили тяжкості ядра ущільнення:

$$W_5 = \frac{S_1 (r_o^2 - r_1^2) \rho \cdot g}{2} = \frac{0{,}001279 (0{,}54^2 - 0{,}46^2) \cdot 1800 \cdot 9{,}81}{2} = 0{,}452 H \cdot м;$$

4.2.6 Повна робота для подолання сил лобового опору центральною лопаткою при її переміщенні на ділянці від $\varphi = 0$ до $\varphi = \pi + \varphi_0$ **:**

$$W_6 = \frac{C_1 \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot l_2 \cdot \sin \alpha_2 (r_1^4 - r_2^4) \cdot (\pi + \varphi_o)}{4} =$$

$$= \frac{7 \cdot 1800 \cdot 4{,}6^2 \cdot 0{,}115 \cdot \sin 30^o \left(0{,}46^4 - 0{,}05^4\right) \cdot (3{,}14 + 1{,}047)}{4} = 718{,}7 H \cdot м;$$

де: $\alpha_2 = 30^o$ - кут нахилу робочої поверхні центральної лопатки до площини перпендикулярної осі валу;

$r_2 = 50 мм.$

4.2.7Повна робота, що витрачається на перемішування суміші однією лопаткою за один оберт лопатевого валу:

$$\sum W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 = 779 + 0{,}887 + 7{,}243 + 7{,}509 + 0{,}452 + 718{,}7 = 1514$$

Н·м.

4.3. Визначення розрахункової потужності електродвигуна

За визначених значень повної роботи, що витрачається на перемішування суміші однією лопаткою за один оберт лопатевого валу та значень частоти обертання валу й кількості лопатей у бетонозмішувачі розраховуємо потужність електродвигуна:

$$P = \lambda \frac{\sum W \cdot z \cdot \omega}{2 \cdot \pi \cdot \eta} = 1{,}1 \frac{1{,}514 \cdot 16 \cdot 4{,}6}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}85} = 21{,}4 \text{ кВт};$$

де: $\lambda = 1{,}05 \div 1{,}1$ - коефіцієнт, що враховує заклинювання та дроблення матеріалу між лопатками та корпусом змішувача;

$z = 2 \cdot z_n = 2 \cdot 6 = 12$ - кількість лопатей у бетонозмішувачі;

$\eta = 0{,}85$ - ККД приводу.

Вибираємо електродвигун із синхронною частотою обертання 3000 об/хв. і $P_{эл.} = 22$ кВт: AIP180S2

4.4. Кінематичний розрахунок приводу змішувача.

Частота обертання електродвигуна:

$$n_{эл.} = (1 - S) \cdot n_{дв.} = (1 - 2{,}7) \cdot 3000 = 2919 \text{ про/хв};$$

де: $S = 2{,}7\%$ - ковзання для електродвигуна AIP180S2;

$n_{дв.} = 3000$ об/хв – синхронна частота обертання двигуна.

Кутова швидкість електродвигуна:

$$\omega_{эл.} = \frac{\pi \cdot n_{эл.}}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 2919}{30} = 305{,}6 \text{ рад/с};$$

Загальне передатне відношення всього механізму:

$$U_{общ.} = \frac{\omega_{эл.}}{\omega_{л.в.}} = \frac{305{,}6}{4{,}6} = 66{,}452;$$

де: $\omega_{л.в.} = 4{,}6$ рад/с – кутова швидкість лопатевого валу;

Розбивку передавальних відносин потрібно робити так, щоб передатне відношення не перевищувало 2.

Редуктор вибирається залежно від моменту, що крутить, на вихідному валу.

Задамося: $U_{ред.} = 40;$

$$\text{Тоді: } U_{р.п.} = \frac{U_{общ.}}{U_{ред.}} = \frac{66{,}452}{40} = 1{,}6$$

Приймаємо $U_{р.п.} = 1{,}6$

Кутова швидкість вхідного валу:

$$\omega_1 = \frac{\omega_{эл.}}{U_{р.п.}} = \frac{305{,}6}{2} = 191{,}1 \text{ рад/с};$$

Крутний момент електродвигуна:

$$T_{эл.} = \frac{P_{эл.}}{\omega_{эл.}} = \frac{22000}{305{,}6} = 71{,}2 H \cdot м$$

Крутний момент на вході в редуктор:

$$T_1 = T_{эл.} \cdot U_{р.п.} \cdot \eta_{р.п.} = 71{,}2 \cdot 1{,}6 \cdot 0{,}95 = 108{,}2\,\text{Н·м};$$

де: $\eta_{р.п.} = 0{,}95$ - ККД клинопасової передачі;

Крутний момент на виході з редуктора:

$$T_2 = T_1 \cdot U_{ред.} \cdot \eta_{ред.} = 108{,}2 \cdot 40 \cdot 0{,}98 = 4241 H \cdot м$$

де: $\eta_{ред.} = 0{,}98$ - ККД редуктора.

По моменту, що крутить, на виході з редуктора вибирається типорозмір редуктора

Ц2У -200 – 40

4.5. Розрахунок клинопасової передачі.

Визначаємо частоту обертання меншого шківа:

$$n_1 = n_{эл} = 2919\,\text{про/хв};$$

Вибираємо переріз ременя:

За номонограмою вибираємо переріз

Визначаємо крутний момент:

$$T_{эл} = \frac{P_{эл}}{\omega_{эл}} = \frac{22 \cdot 10^3}{305{,}6} = 36{,}3778 H \cdot м$$

Визначаємо діаметр меншого шківа:

$$d_1 \approx (3 \div 4)\sqrt[3]{T_{эл}} = 4\sqrt[3]{71{,}2} = 165{,}3\,\text{мм};$$

Приймаємо: d1 = 224мм

Визначаємо діаметр більшого шківа:

$$d_2 = d_1 \cdot U_{р.п.} \cdot (1-\varepsilon) = 224 \cdot 1{,}6 \cdot (1-0{,}015) = 330{,}96 \text{ мм};$$

де: $\varepsilon = 0{,}015$ - Відносне ковзання;

Приймаємо: d2 = 300 мм.

Визначаємо уточнене передатне відношення:

$$U_{р.п.} = \frac{d_2}{d_1(1-\varepsilon)} = \frac{300}{224(1-0{,}015)} = 1{,}342.$$

1 Міжосьова відстань:

$$a_{\min} = 0{,}55 \cdot (d_1 + d_2) + T_o = 0{,}55 \cdot (224+300) + 10{,}5 = 298 мм;$$
$$a_{\max} = d_1 + d_2 = 224 + 300 = 520 мм;$$

де: $T_o = 10{,}5 мм$ - Висота перерізу ременя.

Визначаємо довжину ременя:

$$L_P = 2 \cdot a_{ср.} + 0{,}5\pi(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot a_{ср.}} = 2 \cdot 407 + 0{,}5 \cdot 3{,}14 \cdot (224+300) +$$

$$+ \frac{(296-224)^2}{4 \cdot 407} = 1631 мм;$$

Приймаємо: $L_p = 1800$ мм.

Уточнена міжосьова відстань:

$$a_w = 0{,}25 \cdot \left[(L_P - \omega) + \sqrt{(L_P - \omega)^2 - 2y} \right] =$$

$$= 0{,}25 \cdot \left[(1800 - 816{,}4) + \sqrt{(1800 - 816{,}4)^2 - 2 \cdot 5184} \right] = 490{,}4 мм;$$

де: $\omega = 0{,}5 \cdot \pi \cdot (d_1 + d_2) = 0{,}5 \cdot 3{,}14(224+300) = 816{,}4 мм;$

$y = (d_2 - d_1)^2 = (300 - 224)^2 = 5184 мм;$

Приймаємо: $a_W = 992$ мм.

Визначаємо кут обхвату:

$$\alpha_1^o = 180^o - 57 \cdot \frac{d_2 - d_1}{a_W} = 180 - 57 \cdot \frac{296 - 224}{992} = 175{,}8^o;$$

Визначаємо число ременів:

$$z_1 = \frac{P_{эл}}{P_1} = \frac{22}{8{,}1} = 2{,}7;$$

Z=3

де: $P_1 = P_o \cdot K_L \cdot K_\alpha \cdot K_P = 7{,}8 \cdot 0{,}88 \cdot 0{,}95 \cdot 1{,}1 = 8{,}1 кВт;$

$P_o = 7{,}8$ кВт - потужність, що передається одним ременем за ідеальних умов роботи;

$K_L = 0{,}88$ - Коефіцієнт, що враховує довжину ременя;

$K_\alpha = 0{,}95$ - Коефіцієнт, що враховує кут обхвату ременем меншого шківа;

$K_P = 1{,}1$- Коефіцієнт режиму роботи;

Необхідна кількість ременів:

$$z = \frac{z_1}{K_z} = \frac{2{,}7}{0{,}95} = 2{,}8;$$

де: $K_z = 0{,}95$- Коефіцієнт, що враховує число ременів у передачі.

Приймаємо: $z = 3$ шт.

Напруження гілки ременя:

$$F_o = \frac{850 \cdot P_{эл} \cdot K_p \cdot K_L}{z \cdot V \cdot K_\alpha} + \theta \cdot V^2 =$$

$$= \frac{850 \cdot 22 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}88}{2 \cdot 10{,}99 \cdot 0{,}95} + 0{,}18 \cdot 10{,}99^2 = 407{,}9 Н;$$

де: $V = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}224 \cdot 3000}{60} = 35{,}186 м/с$ - швидкість ременя;

$\theta = 0{,}18 \frac{Н \cdot с^2}{м^2}$ -Коефіцієнт, що враховує відцентрову силу.

Визначаємо силу, що діє на вал:

$$F_в = 2 \cdot F_o \cdot z \cdot \sin\frac{\alpha_1^o}{2} = 2 \cdot 407{,}9 \cdot 3 \cdot \sin\frac{175{,}8^o}{2} = 2487 \text{ н.}$$

4.6 Розрахунок лопатевого валу.

Виконаємо проектувальний розрахунок валу за зниженою дотичною напругою:

Поперечний переріз валу вибираємо квадратний.

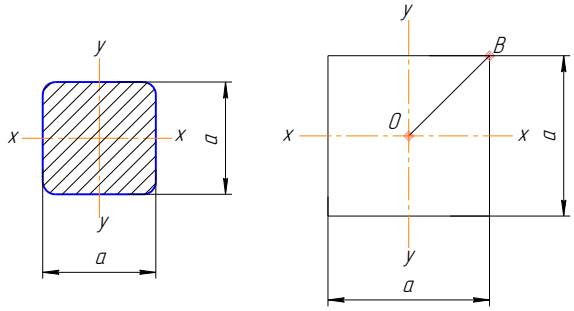


Рисунок 4.2. Поперечний переріз валу

Умови міцності:

$$\tau_k = \frac{T_2}{W_p} \le [\tau_k];$$

де: $[\tau_K] = 10 - 20\,мПа$ - допустима дотична напруга;

W_P - момент опору полярний;

$$W_P = \frac{I_P}{OB};$$

$$\overline{OB} = \sqrt{OX^2 + BX^2} = \sqrt{\frac{a^2}{4} + \frac{a^2}{4}} = \sqrt{\frac{a^2}{2}} = \frac{a}{1{,}41};$$

$$I_Đ = I_X + I_Y;$$

$$I_X = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{a^4}{12};$$

$$I_Y = \frac{a^4}{12};$$

$$I_P = \frac{a^4}{12} + \frac{a^4}{12} = \frac{a^4}{6};$$

$$W_P = \frac{a^4 \cdot 1{,}41}{6 \cdot a} = \frac{a^3 \cdot 1{,}41}{6} = 0{,}235 \cdot a^3;$$

$$\tau_K = \frac{T_2}{0{,}235 \cdot a^3} \le [\tau_K];$$

Визначимо розмір перерізу валу:

$$a = \sqrt[3]{\frac{T_2}{0{,}235[\tau_K]}} = \sqrt[3]{\frac{4241 \cdot 1000}{0{,}235 \cdot 120}} = 96{,}6 м$$

Приймаємо: а = 100 мм.

$$\text{Тоді: } W_p = 0{,}235 \cdot 100^3 = 235000 \text{ мм } 3;$$

$$\tau_k = \frac{T_2}{W_p} = \frac{4241 \cdot 1000}{235000} = 18{,}05 H / мм^2 \le [\tau_K] = 20 H / мм^2,$$

умова міцності виконана.

4.7. Розрахунок лопатей.

На рисунку 4.3 наведено схему та сили, що діють на лопатку

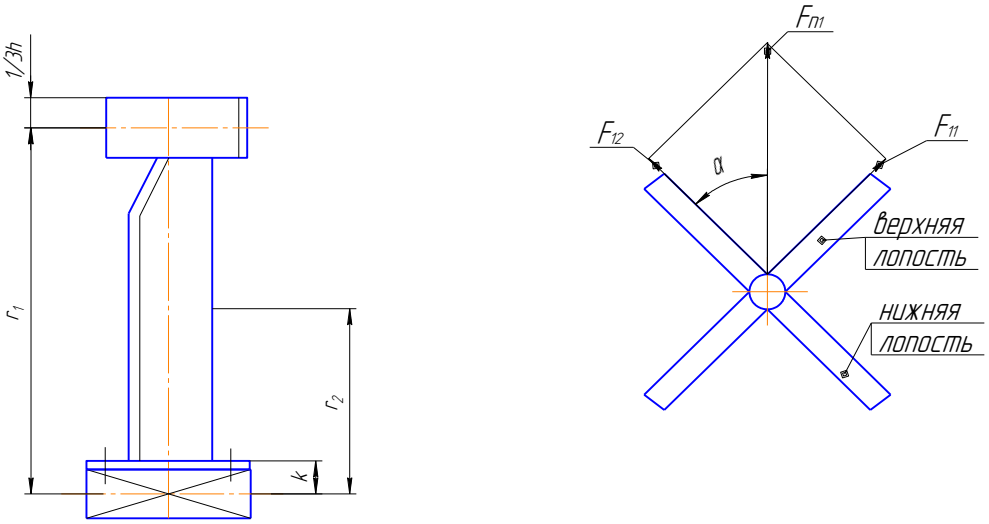


Рисунок 4.3 Сили, що діють на лопатку.

Розрахунок периферійної лопатки.

Потужність, що витрачається на переміщення однієї лопатки:

$$P_1 = \lambda \frac{\sum_{i=1}^{5} W_i \cdot \omega}{2 \cdot \pi} = 1{,}1 \frac{207{,}5 \cdot 4{,}6}{2 \cdot 3{,}14} = 198{,}66 Bm;$$

Крутний момент, що діє на вал від однієї лопатки:

$$P_1 = T_1 \cdot \omega;$$

$$T_1 = \frac{P_1}{\omega} = \frac{198{,}66}{4{,}6} = 265{,}1 \text{Н·м};$$

Сили, що діють на периферійну лопатку:

$$F_{n_1} = \frac{T_1}{r_1} = \frac{265100}{504} = 525{,}9 \text{ Н};$$

де: $r_1 = r_o - \frac{1}{3}h = 520 - \frac{1}{3}108 = 504$мм;

h = 108мм – висота периферійної лопатки;

$r_o = 520$ мм – радіус лопатей;

$$F_{11} = F_{n_1} \cdot \sin\alpha = 525{,}9 \cdot \sin 30^o = 262{,}95H;$$

$$F_{12} = F_{n_1} \cdot \cos\alpha = 525{,}9 \cdot \cos 30^o = 455{,}44H.$$

Розрахунок центральних лопаток

Потужність, що витрачається на переміщення однієї лопатки:

$$P_2 = \lambda \cdot \frac{W_6 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} = 1{,}1 \frac{718{,}7 \cdot 4{,}6}{2 \cdot 3{,}14} = 578{,}8\,\text{Вт};$$

Крутний момент, що діє на вал від однієї лопатки:

$$P_2 = T_2 \cdot \omega;$$

$$T_2 = \frac{P_2}{\omega} = \frac{578{,}8}{4{,}6} = 125{,}82\,\text{Н·м};$$

Сили, що діють на периферійну лопатку:

$$F_{n_2} = \frac{T_2}{r_2} = \frac{125820}{288} = 436{,}8\,\text{Н};$$

де: $r_2 = r_o - \left[h + \frac{1}{3}(r_o - h) \right] = 520 - \left[108 + \frac{1}{3}(520 - 108) \right] = 288\,\text{мм};$

$$F_{21} = F_{n_2} \cdot \sin\alpha = 436{,}8 \cdot \sin 30^o = 218{,}4H;$$

$$F_{22} = F_{n_2} \cdot \cos\alpha = 436{,}8 \cdot \cos 30^o = 378{,}3H.$$

Згинальний момент:

$$M_{u_1} = F_{12} \cdot (r_1 - K) + F_{22} \cdot (r_2 - K) = 455{,}44 \cdot (504 - 74) + 378{,}3 \cdot (288 - 74) =$$
$$= 276800H \cdot мм = 276{,}8H \cdot м;$$
$$M_{u_2} = F_{11} \cdot (r_1 - K) + F_{21} \cdot (r_2 - K) = 262{,}95 \cdot (504 - 74) + 218{,}4 \cdot (288 - 74) =$$
$$= 159800H \cdot мм = 159{,}8H \cdot м;$$

де: $K = \frac{a}{2} + 16мм = \frac{116}{2} + 16 = 74\,\text{мм}.$

4.8. Розрахунок підшипників.

На рисунку 4.4 наведена схема валу з підшипником.

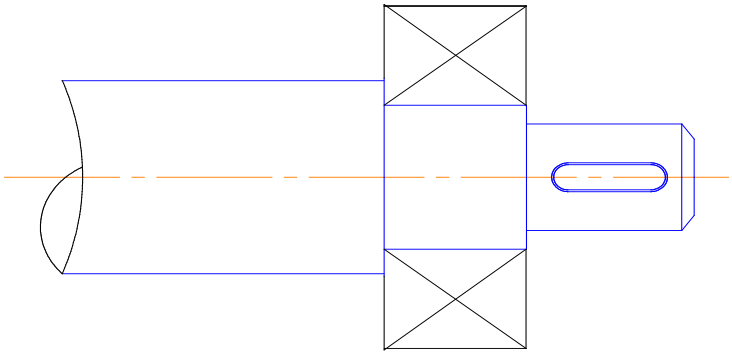


Рисунок 4.4 Схема валу з підшипником.

Схема підшипника приведена на рисунку 4.5

Виходячи із визначеного діаметра валу вибираємо підшипник N3614.

d = 70мм; D = 150мм; B = 51 мм; r =3,5мм; $C = 1230 кг \cdot c$.

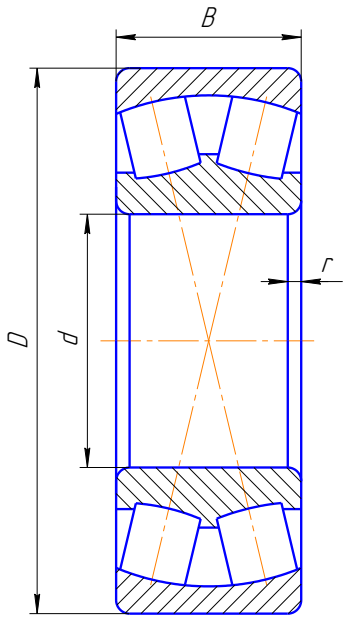


Рисунок 4.5 Схема підшипника.

Визначимо термін служби підшипника:

$$L = \frac{10^6}{573 \cdot \omega}\left(\frac{C}{P_{экв}}\right)^n = \frac{10^6}{573 \cdot 4{,}6} \cdot \left(\frac{12300}{3118}\right)^{3{,}333} = 17800\,\text{ч.};$$

де: $n = 3{,}333$ - показник ступеня;

$\omega = 4{,}6\,рад/с$ - Частота обертання лопатевого валу;

С = 1230 кгс - динамічна вантажопідйомність підшипників;

$P_{экв.}$ - еквівалентне навантаження, що діє на підшипник.

$$P_{экв.} = (x \cdot F_{r_1} + y \cdot F_a) \cdot K_{без} = (1 \cdot 3970 + 1 \cdot 2270) \cdot 1{,}35 = 3118\ \text{Н};$$

де: F_{r_1} - радіальне навантаження, що діє на один підшипник;

$$F_{r_1} = \frac{F_r}{2} = \frac{7940{,}74}{2} = 3970\,\text{Н};$$

де: F_r - радіальне навантаження, що діє підшипники;

$$F_r = \frac{2 \cdot T_2}{D} = \frac{2 \cdot T_2}{2 \cdot r_o} = \frac{2 \cdot 4288000}{2 \cdot 540} = 7940{,}74\,\text{Н};$$

F_a - осьове навантаження, що діє на підшипники;

$$F_a = F_{21} \cdot \cos\alpha \cdot 2 \cdot z = 218{,}4 \cdot \cos 30^o \cdot 2 \cdot 6 = 2270\ \text{Н};$$

де: $K_{без} = 1{,}35$;

$x, y = 1$- Коефіцієнти впливу радіального осьового навантаження.

4.9. Розрахунок болтів кріплення лопаток на вал.

Сила розтягування під час кручення лопаток:

$$F_{p_1} = \frac{T_{л.}}{l} = \frac{4783}{0{,}110} = 43480\,\text{Н};$$

де: $T_{л.}$ - крутний момент, що діє на вал від однієї лопаті;

$$T_{л.} = \frac{P_{эл.}}{\omega} = \frac{22000}{4{,}6} = 4783\,\text{Н·м};$$

l = 110 мм – відстань між болтами.

Сила зсуву:

$$F_{сдв.} = F = \frac{T_{л.}}{r_2} = \frac{4783}{0{,}288} = 16607{,}3\,\text{н}.$$

Сила розтягування при зсуві лопаток:

$$F_{p_2} = \frac{F_{сдв.}}{2 \cdot f} = \frac{16607{,}3}{2 \cdot 0{,}14} = 59310\,\text{н}.$$

Сумарна сила розтягування:

$$F_p = F_{p_1} + F_{p_2} = 16607{,}3 + 59310 = 75920\ \text{н}.$$

Задаємо матеріал болта з урахуванням статичного навантаження і визначимо для нього напругу на розтягування, що допускається:

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_m}{n} = \frac{360}{3} = 120\,\text{мПа};$$

де: σ_m =360 мПа - межа плинності Ст 45;

n = 3 – коефіцієнт запасу міцності для болтів із метричним різьбленням.

Визначимо внутрішній діаметр різьблення болта:

$$d_1 = \sqrt{\frac{1{,}2 \cdot 1{,}3 \cdot 4 \cdot F_p}{\pi \cdot [\sigma_p]}} = 1{,}4\sqrt{\frac{F_p}{[\sigma_p]}} = 1{,}4\sqrt{\frac{75920}{120}} = 35\,\text{мм}.$$

За ГОСТ 24705-81 підбираємо найближчий більший внутрішній діаметр d_1 і відповідне різьблення: $d_1 = 35$ мм, $p = 2$.

За ГОСТ 7798-70 вибираємо болт $M36 \times 2$.

4.10 Розрахунок ланцюгової муфти приводу

Визначаємо напругу ланцюга за формулою

$$\sigma_{í} = 0,418\sqrt{\frac{2ÅF}{d \cdot b}} \le [\sigma_{í}],$$

де E – модуль пружності, $2 \cdot 10^{11}$ Па;

d – діаметр ролика d = 12,72;

b - ширина зірочки, b = 10мм;

F – сила, Н.

Визначаємо окружне зусилля на напівмуфті:

$$F_t = \frac{2T_{êð}}{Ä} = \frac{2 \cdot 5116}{0,3} = 34108Í \cdot ì ,$$

де $Ò_{êð}$ - Переданий крутний момент, Н.м;

$$Ò_{êð} = \frac{P_{ýë}}{\omega_{â}} = \frac{22000}{4,3} = 5116Í \cdot ì$$

Д – діаметр кола розташування центрів роликів, див.

Визначаємо силу, що передається на ланцюг:

$$F = \frac{F_t}{z} \cdot K = \frac{34108}{21} \cdot 1,37 = 2225\,\text{Н}$$

де z – кількість ланок;

$К = \hat{E}_1 \cdot \hat{E}_2 \cdot \hat{E}_3 = 1 \cdot 1,1 \cdot 1,25 = 1,37$

$\hat{E}_1$ - Коефіцієнт безпеки; $\hat{E}_1$=1

$\hat{E}_2$ - Коефіцієнт режиму роботи; $\hat{E}_2$ = 1 ... 1,25

$\hat{E}_3$ - Коефіцієнт нерівномірності розподілу тиску по ширині зуба; $\hat{E}_3$ = 1,25 ... 1,75

$$[\sigma_f] = 1400 \text{ мПа}$$

$$\sigma_f = 0,418\sqrt{\frac{(2\cdot 10^{11})\cdot 2225}{0,012\cdot 0,010}} = 804 \text{ì Ï à} \le [\sigma_f] = 1400 \text{ì Ï à}$$

-умова виконується.

Рорзід 5. Техногенна безпека

5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих чинників при роботі вібраційного змішувача

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

Шум визначається як безпорядочне сполучення різних по частоті і силі звуків. Вібруючі частини змішувача викликають коливання повітря дотичного до них. Ці коливання частинок повітря при проходженні звукової хвилі викликають почергове 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} , *Гц*	63	125	250	500	1000	2000	4000
L_0 , *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 турбінний змішувач, 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;
- сенсибілізуючі, 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 почергово 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	Недостатняє освітлення робочої зони	200 лн(2ЛК)	ДБН В.2.5-28-2006
4. Мікроклімат (Сукупність погодних	Сукупність впливаючих на	Температурна зона комфорту	ГОСТ 12.1.014-84

умов (температура, вогкість повітря і т. ін.), що створюються в приміщенні, на якій-небудь обмеженій території для нормального самопочуття людей, тварин, розвитку рослин)	організм температури, вологості, потоків повітря, температури, випромінювання	16-24 °С	
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	ГОСТ12.1.013-78

5.2. Технічні заходи з техніки безпеки 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 підошві, 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

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* ,

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

де $d = 0{,}003$ *м* – товщина листа;

$C_{пр}$ – швидкість повздовжньої звукової хвилі в сталевому листі, м/с. Приймаємо $C_{пр} = 5{,}2\ 10^3$ *м/с*.

$$f_{кр} = \frac{6{,}5 \cdot 10^4}{0{,}003 \cdot 5{,}2 \cdot 10^3} = 4102{,}5 \ . \qquad (45.2)$$

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 5.2.

Таблиця 5.2 – 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.

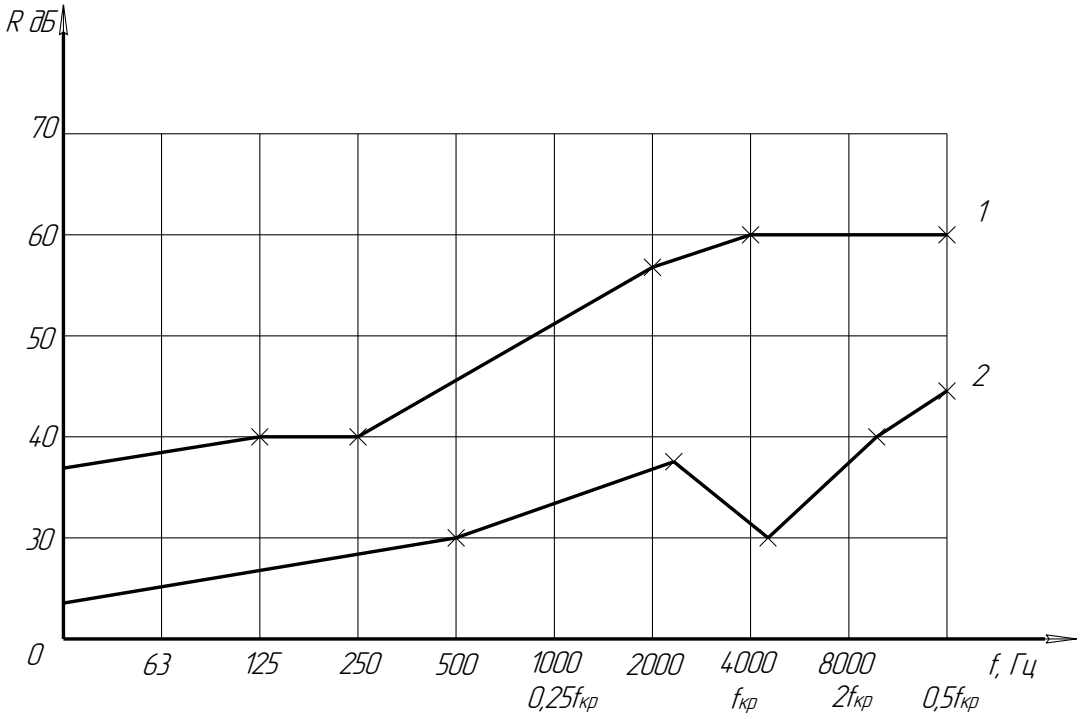
Із точки з значеннями ординати на частоти $0{,}25f_{кр}$ вліво проводимо пряму з нахилом 4 дБ на одну октаву, а з точки зі значеннями ординати по частоті $2f_{кр}$

– вправо із підйомом 8 дБ на 1 октаву. По цієї кривої визначаємо значення R для середньогеометричних частот октавних смуг і будують частотну характеристику R в октавних смугах.

Мінімальний розмір одношарової перешкоди $1_{кр}, м$ повинен бути бажано більше довжини хвилі на критичній частоті 1кр, або практично

$$1_{кр} = \sqrt{\frac{1{,}8 \cdot C_{пр} \cdot a}{f_{кр}}} \tag{5.3}$$

$$1_{кр} = \sqrt{\frac{1{,}8 \cdot 5{,}3 \cdot 10^3 \cdot 0{,}003}{4102{,}5}} = 0{,}083 \tag{5.4}$$



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

1 – огородження в отавних смугах частот;

2 – сталевого звукоізоляційного кожуха.

Рисунок5.1. Графік побудування частотної характеристики звукоізоляційної здатності

Нижня границя розрахункового діапазону $f_м$, *Гц,* визначається з умови

$$f_м = \frac{340}{L_{\min}}, \tag{5.6}$$

$$f_м = \frac{340}{0{,}664} = 512 \quad , \tag{5.7}$$

$$f_м = \frac{4 \cdot C_{кр} \cdot a}{L_{\min}} \quad , \tag{5.8}$$

$$f_м = \frac{4 \cdot 5{,}2 \cdot 10^3 \cdot 0{,}003}{0{,}664} = 93{,}9. \tag{5.9}$$

Найвища частота $f_в$, *Гц,* залежить від товщини перешкоди і визначається

$$f_в = 0{,}05 \frac{C_{пр}}{a}, \tag{5.10}$$

$$f_в = 0{,}05 \frac{5{,}2 \cdot 10^3}{0{,}003} = 86666. \tag{5.11}$$

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 змішувача 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 виміряного питомого опору $\rho_{вим}$ помножують на коефіцієнт сезонності f.

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

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

де $\rho_{вим}$ – приблизне значення питомого опору для суглінка $\rho_{сг}$ *= 100 Ом·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 грунта, найбільшого допускаючого значення опору заземлювача, передбачаємої форми і розмірів електродів.

Опір розтіканню вертикального електроду з колової або кутової сталі

Для колової сталі $R_в$ *Ом*

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

де d – зовнішній діаметр електрода. Приймаємо $d = 0,012$ *м*

l – довжина електрода. Згідно рекомендацій приймаємо $l = 5$ *м*

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

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

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

$$n_{ор} = \frac{R_d}{R_з \cdot n_a} , \quad (5.17)$$

де $R_з$ – опір, що вимагається від заземлюючого пристрою: $R_з = 10$ *Ом м* – для пристроїв з напруженням до 1000 В.

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

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

Фактична кількість вертикальних електродів n, шт

$$n = \frac{R_в}{R_з n_в} \quad (5.19)$$

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

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

Приймаємо кількість вертикальних електродів, що дорівнює 4.

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

$$L_r = a(n-1), \tag{5.21}$$

$$L_r = 5(4-1) = 15. \tag{5.22}$$

Опір розсіканню горизонтальних електродів з колової сталі R_r, *Ом*

$$R_r = \frac{\rho^*_{роз}}{2 \cdot \pi \cdot L_r} \ln \frac{L_r^{\,2}}{в \cdot t_r}, \tag{5.23}$$

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

$$\rho^*_{роз} = \rho_{вим} \cdot f^*, \tag{5.24}$$

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

$$\rho^*_{роз} = 100 \cdot 2,5 = 250, \tag{5.25}$$

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

в – ширина смуги, *м*, для колової сталі

$$в = 2d = 2 \cdot 0,008 = 0,016, \tag{5.26}$$

де d – діаметр кола, м.

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

Розрахункове значення опору заземлювача *R, Ом*

$$R = \frac{R_в \cdot R_r}{R_в n_r + R_r n_в n}, \tag{5.28}$$

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

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

Так як $R = 6,77$ *Ом* $< R_з = 10$ *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 грунт просочений нафтопродуктами. Після монтажу траншея повинна бути засипана землею, яка не містить каміння, щебеню, будівельного сміття з послідовним ущільненням.

Підчас роботи змішувача 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 (шківи, муфти) закриті кожухами.

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

5.4. Аналіз небезпечних та шкідливих чинників, пов'язаних з експлуатацією гравітаційного змішувача.

Таблиця 5.3

Чинник	Джерело	Якісна оцінка	Норматив
Електрична напруга	Трьохфазний ланцюг електродвигуна перемінного струму	Номінальна напруга 380В	ДСТУ 12.10.30

Шум	Технічний шум	Рівень звукового тиску	ДСТУ 8.055
Вібрація	Вібратор	Гранична припустима величина	ДСТУ 12.4.006
Порох	Наявність в оточуючому середовищі шкідливих газів	Гранично-припустима концентрація шкідливих речовин у повітрі робочого середовища	ДСТУ 12.10.05
Втомленість, біль у вухах та голові, нудота	Дія ультразвукових хвиль	Контакт частин тіла з середовищем, що коливається	СНІП 245
Підвищення температури тіла	Енергія ультразвукових хвиль	Рівень звукового тиску.	СНІП 245

Інженерне забезпечення захисту від найбільш небезпечних чинників.

Захист від високої напруги.
Відповідно до ДСТУ 12.1.030 : «Захисне заземлення попереднє з'єднання з землею частин обладнання, яке не знаходиться під струмом в нормальних умовах експлуатації на які можуть виявитися під напругою в результаті порушень ізоляції електроустановки»
Відповідно правил устрою електроустановок опір захисного заземлення в будь-яку пору року не повинна перевищувати10Ом при потужності $N \lhd 10 кВт$, 40Ом при $N \geq 100 кВт$. Для змішувача розраховуємо заземлююче устаткування, для заземлення електродвигуна напругою 380В у трьох фазному ланцюгу, маючи такі вихідні дані :
Грунт - суглинок з питомим електричним опором $\rho = 1000 Ом$.
В якості заземлювачів приймаємо сталеві труби діаметром d=0.08м, довжиною l=1.5м, розташовані прямовисно та поєднані зварюванні сталевою полоскою 40х4мм, потужністю електродвигуна 5кВт.
Потрібне за нормами припустимий опір :

$$\{r_r\} \leq 4 Ом$$

5.4.1 Порядок розрахунку.

Визначаємо розрахунковий струм замикання :

$$У_з = \frac{380 \cdot 0.1}{10} = 0.38А$$

$$У_з = \frac{\mathrm{L_k}}{10}$$

де :

L_k =0.01км – довжина, під'єднаних до мережі кабельних ліній.

1. Визначення розрахункового питомого опору грунту:

$$P = P_{пит} \cdot \psi = 100 \cdot 1.7 = 170Ом \cdot м$$

де :

$\psi = 1.7$ - коефіцієнт сезонності.

$$\mathrm{R_В} = \frac{\rho}{2\pi d}(l_u \cdot \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} l_u \frac{ht + l}{4t - l})$$

2. Визначаємо опір одинокого прямовисного заземлення в грунт, горішній кінець якого залишився на рівні землі :

де :
ρ - питомий опір грунту, $\rho = 1000Ом$;
l - 1.5м – довжина труби;
d – діаметр труби, d=0.08м;
t – відстань від середини заземлення до поверхні землі.

$$\mathrm{R_В} = 400.04Ом$$

3. Визначаємо опір сталевої полоси, яка поєднує стрижневі заземлювачі :

$$R_n = \frac{P}{2\pi l} \ln \frac{l^2}{at}$$

де :
l – довжина полоси, м;
t – відстань від полоси до поверхні землі, м.

$$R_n = 21Ом$$

4. Визначаємо орієнтовне число однакових заземлювачів :

$$\mathrm{n} = \frac{\mathrm{R_B}}{[r_3]У_B}$$

де :
$[r_3]$ - припустимий за нормою опір заземлюючого пристрою
$[r_3] = 4$Ом;
$У_в$ - Коефіцієнт використання прямовисних заземлювачів (для розрахунку приймаємо $У_в$ =1.0)

$$\mathrm{n} = \frac{4\text{Ом}}{4 \cdot 1.0} = 10\text{шт.}$$

Приймаємо розташовані прямовисні заземлювачі за контуром з відстанню між суміжними заземлювачами, дорівнює 2l.

За таблицею 3.2 та 3.3 (довідник по техніці безпеки)
Знайдемо дійсні значення коефіцієнта використання.

Виходячи з прийнятої схеми розміщення прямовисних заземлювачів :

$$Ув = 0.66$$

$$Уг = 0.39$$

5.Визначаємо необхідну кількість прямовисних заземлювачів :

$$\mathrm{n} = \frac{\mathrm{R_B}}{[\mathrm{r_3}]\iota_{\mathrm{B}}} = 16шт.$$

6. Визначаємо загальний розрахунковий опір заземлюючого пристрою з врахуванням поєднувальної полоси :

$$\mathrm{R_B} = \frac{R_n}{У_B \mathrm{R}\iota У_{\mathrm{p}}\mathrm{r}} = 3.3Ом$$

$$R \leq [r_3];$$
$$3.3 \leq 4$$

Розрахунок виконано вірно. За іншого результату треба було б збільшити кількість заземлювачів.

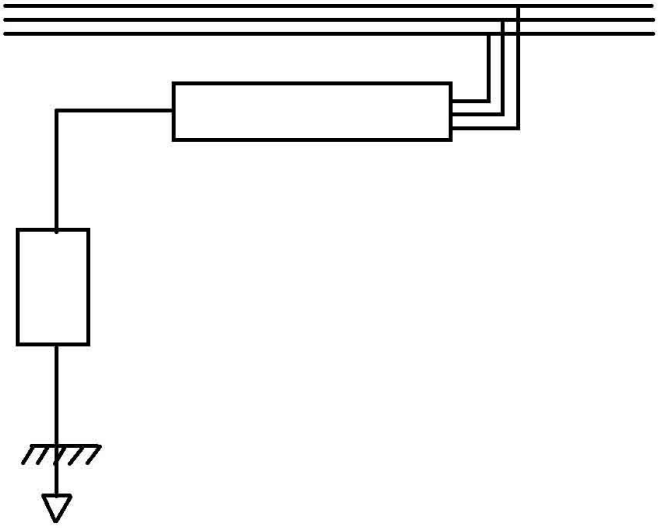


Рис.5.3. Схема заземлення.

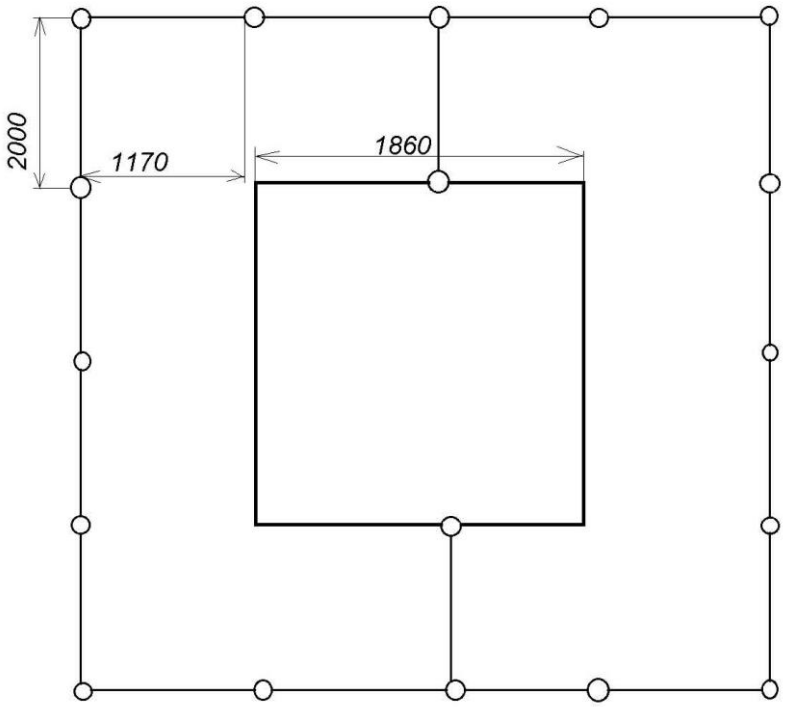


Рис.5.4. Схема контуру заземлення.

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 дільниць (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 трубок або ємностей транспорту (екскаватора), у слідстві чого технічні рідини або пальне можуть потрапити на відкриті проводи, вихлопний колектор або розпечені деталі кузова.

3. Куріння водіїв під час заправки транспорту (екскаватора) або за кермом.

4. Незакріплений акумулятор. На нерівній дорозі або у разі перекидання транспорту (екскаватора) він може замкнути на кузов і привести до займання.

5. Використання горючих рідин для видалення бруду з кузова транспорту (екскаватора). У цьому випадку бензинові або спиртові плями можуть спалахнути при нагріванні кузова або попаданні сигаретного бичка.

6. Використання відкритого вогню (паяльної лампи) для прогрівання двигуна взимку.

Пожежа в транспорті 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.

Змішувач являє собою сукупність різних легкозаймистих рідин і матеріалів та 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:

A - горіння твердих речовин;

B - горіння рідких речовин;

C - горіння газоподібних речовин;

D - горіння металу і металомістких речовин;

E - гасіння речовин, які знаходяться під електричною напругою.

Таким чином вогнегасника необхідно вибирати той, чий тип відповідає класам пожежі від A до E.

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.5.2)

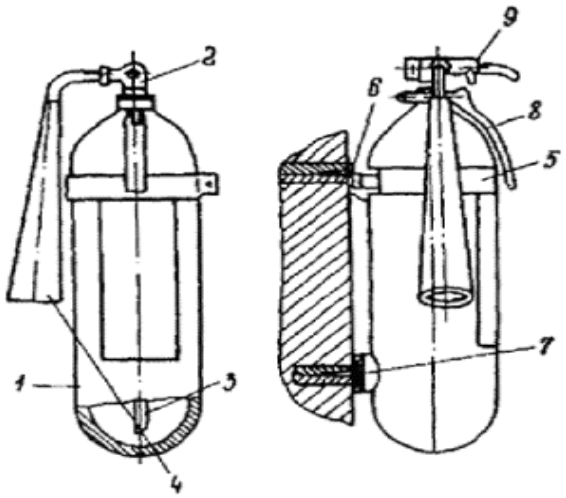


Рис. 5.5 Вогнегасник вуглекислотного типу ОУ-5 (ОУ-8)

1- балон; 2 - поворотний розтруб; 3 - опорна головка; 4 - сифона трубка; 5- хомут; 6 - крюк; 7 - упор; 8 - ручка; 9 – чека.

Змішувач 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 факторів
2. Виконані розрахунки інженерних рішень по техніці безпеки обладнання.
3. Передбачені заходи щодо пожежної безпеки

Загальні висновки

1. Серед відмічених процесів найбільш вживаним є процес перемішування, який є присутнім в багатьох інших процесах в тому числі є і самостійним.
2. В магістерській роботі досліджується процес перемішування, як один із найбільше розповсюджений в технології обробки матеріалів.
3. Застосування логістичної системи технологічного процесу перемішування визначиться на основі порівняння конструктивних та технологічних параметрів змішувачів гравітаційної або безперервної дії.
4. Здійснено дослідження та моделювання процесів перемішування матеріалів, внаслідок чого отримано аналітичні залежності критеріїв перемішування сумішей (2.18 – 2.19).
5. Патентнми дослідження та аналізом існуючих конструкцій обладнання для перемішування матеріалів дана оцінка конструктивних та технологічних параметрів. Огрунтувана конструктивна схема обладнання – одновальний змішувач примусової дії.
6. При дослідженнях параметрів змішувачів примусової дії обгрунтований підхід на основі застосування функціональних критеріїв.
7. Критерій, який визначає продуктивність, що припадає на одиницю маси машини, прийнятий як основний, оскільки він враховує як ефективність конструкції машини, так і ефективність її робочого процесу.
8. В результаті розрахунків конструкцій обладнання для перемішування за формулами (3.2) і (3.3) визначені критерії і за їх значеннями побудовані гістограми.
9. Здійснено аналіз небезпечних і шкідливих факторів.
10. Виконані розрахунки інженерних рішень по техніці безпеки обладнання.
11. Передбачені заходи щодо пожежної безпеки.

Список використаних джерел

1. Назаренко І.І. Машини для виробництва будівельних матеріалів: Підручник. / І. І. Назаренко. – К.: КНУБА, 1999. – С. 121 - 174.

2. Патент 2356611 РФ, B01F5/00 Кавітаційний змішувач/ Лихачев В.С., Опубл. 27.05.2009 Бюл. №3.

3. Патент 41126 Україна, B01F5/00 Кавітаційний змішувач/ Гвоздев О.В., Опубл. 12.05.2009 Бюл. №9.

4. Патент 70660 Україна, B01F5/00 Кавітаційний змішувач/ Гвоздев О.В., Опубл. 25.06.2012 Бюл. №12.

5. **Назаренко І.І.** Основи моделювання і проектування логістичних систем та процесів будіндустрії: монографія. Київ: «Видавництво Людмила» 2019, 152 с

6. 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

7. Назаренко І.І. та інш. Основи наукових досліджень в проектуванні: навч. посібник: Видавництво «МП Леся», Київ: 2020. –109с.

8. Назаренко І.І. та інш. Системний аналіз технічних об’єктів: Навчальний посібник / - К.: КНУБА, 2009.-164 с.