

Титульний лист та завдання на дипломній проект роздруковуються на кафедрі
МОПП централізовано

УДК 66.045

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри МОПП,
д. т. н, доцент
_____ Архипов О.Г.
« ____ » _____ 2019 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до магістерської роботи на тему

_____ Дослідження енергетичних витрат в вертикальному змішувачі з додатковим розподільним
елементом _____

Науковий керівник _____ к.т.н., доцент _____ Модестов В.Б. _____

Студент групи _____ ОХП-17 дм _____ Глазунов К.П. _____

Севєродонецьк 2019

РЕФЕРАТ

Глазунов К.П. Дослідження енергетичних витрат в вертикальному змішувачі з додатковим розподільним елементом. Дипломна робота магістра. Східноукраїнський національний університет ім В. Даля 2019: 77с., 16 табл., 32 рис., 1 дод., 23 джер.

ЗМІШУВАЧ, КОНИЧНИЙ КОРПУС, ПЛАНЕТАРНО-ШНЕКОВИЙ, СИПКІ МАТЕРІАЛИ, ЕНЕРГЕТИЧНІ ВИТРАТИ, ОГЛЯД РИНКУ ЗМІШУВАЧІВ.

Об'єкт дослідження – змішувачі планетарно-шнекові.

Мета роботи – дослідження енергетичних витрат в планетарно-шнековому змішувачі з додатковим розподільним елементом.

Методи дослідження – експериментальне дослідження енергетичних витрат на модернізованій лабораторній моделі змішувача фірми «Nauta».

Приведено опис теоретичних робіт що до змішення сипких матеріалів. Описані найбільш розповсюджені в світі конструкції змішувачів сипких і пастоподібних матеріалів. Приведені результати наукових досліджень планетарно-шнекового змішувача з додатковим розподільним елементом, проведених в СНУ імені Володимира Даля. Порівняні ефективності конструкцій планетарно-шнекових змішувачів класичної конструкції та з додатковими робочими елементами. Визначені енергетичні витрати в процесі змішування. Розроблені рекомендації до проектування змішувачів з вертикальним ротором.

Зміст

	с.
Перелік скорочень, умовних позначок, одиниць і термінів	5
Вступ	6
1 Аналітичний огляд змішувачів	7
1.1 Барабанні	8
1.2 Стрічкові	10
1.3 Плужні	11
1.4 Планетарно-шнекові	13
1.5 Вертикальні стрічкові	15
1.6 Зубчасто-дискові	16
1.7 Відцентрові	18
1.8 Двороторні	20
1.9 Двохроторні з Z-подібними лопатями	21
1.10 Двохроторні з Z-подібними лопатями і розвантажувальним шнеком	23
1.11 СНД-1500	25
2. Ціль та задачі досліджень	27
3. Дослідження енерговитрат	28
3.1 Опис змішувача ПШ-24	29
3.2 Експериментальне визначення енерговитрат	33
4 Дослідження процесу змішування в планетарно-шнекових змішувачах з додатковими розподільними елементами	41
4.1 Теорія змішування	41
4.2 Приклад обробки експериментальних даних	50
4.3 Результати експериментів по змішуванню сухого піску Сєверодонецького кар'єру з чавунною тирсою	56
4.4 Візуальна оцінка розподілу компонентів	57
5 Рекомендації до конструювання планетарно-шнекових змішувачів	60
6 Розробка типорозмірного ряду планетарно-шнекових змішувачів	62
7 Економічна оцінка ефективності випуску змішувачів	64

8 Техніка безпеки при роботі в лабораторії	67
8.1 Вимоги безпеки перед початком роботи	67
8.2 Вимоги безпеки під час виконання робіт	68
8.3 Вимоги безпеки після закінчення роботи	69
8.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	70
8.5 Вимоги безпеки при роботі на змішувачах	71
9 Висновки та рекомендації	72
Перелік джерел посилання	73
Додаток А Результати розподілу ключового компонента	75

Перелік скорочень, умовних познач, одиниць і термінів

С.ф. НДІхіммаш – Сєверодонецька філія науково-дослідного та конструкторського інститута хімічного машинобудування;

і.т.д. – і так далі;

об/хв – обороти за хвилину;

N – потужність на змішування, Вт;

N_u – виміряна потужність, Вт;

N_{xx} – потужність холостого руху, Вт;

γ_n – насипна маса сипучого матеріалу, $\text{кг}/\text{м}^3$;

g – прискорення вільного падіння ($9,81\text{м}/\text{с}^2$); ;

h – глибина занурення в сипучий матеріал, м;

$D_{ш}$ – зовнішній діаметр витків шнека, м;

μ – коефіцієнт бокового тиску;

φ – кут внутрішнього тертя, градус;

Θ – кут підйому витка шнека на зовнішньому діаметрі, градус;

φ_v – кут зовнішнього тертя сипучого матеріалу об поверхню витка шнека, градус;

$\omega_{ш}$ – кутова швидкість обертання шнека, рад/с;

$m_{загр}$ – маса матеріалу, завантаженого в змішувач, кг;

n – число проб у вибірці;

i – кількість проб в кожній вибірці;

x_i – концентрація ключового компонента в i -ой пробі, %;

x_{ikJ} – концентрація ключового компонента в i - ой пробі kJ -ой групи, %;

\bar{x}_{kJ} – середня концентрація ключового компонента в kJ -ой групи, %;

Вступ

Темою дипломної роботи є дослідження енергетичних витрат в вертикальному змішувачі з додатковим розподільним елементом. Мова іде про планетарно-шнекові та вертикальні стрічкові змішувачі з конічним корпусом що розширюється вгору. Серед змішувачів для сипких матеріалів вони є широко розповсюдженими. Використовуються різноманітні конструкції і принципи дії: механічні, пневматичні, вібраційні та ін., проте широке поширення отримали не усі з них. Розповсюджені прости конструкції які підтвердили свою надійність.

Перехід на ринкові стосунки припускає підвищення економічної ефективності виробництв. Метою цієї роботи є пошук шляхів удосконалення конструкції планетарно-шнекових змішувачів, підвищення ефективності їх роботи.

Серійне виробництво продукції вигідніше, ніж одиничне, тому в цій роботі пропонується до розробки типорозмірний ряд планетарно-шнекових змішувачів з конічним корпусом. Ряд включає себе конструкції періодичної дії, оскільки в безперервних процесах цей тип не використовується.

Нажаль більшість вітчизняних виробників не випускає типорозмірні ряди, а обмежується одиночними зразками.

Розцвіток вітчизняного виробництва, в тому числі змішувачів, окрім економічних вигод дає значний соціальний ефект: збільшує число робочих місць, та сприяє підвищенню кваліфікації фахівців працюючих в області хімічного машинобудування.

1 Аналітичний огляд змішувачів

Застосовується дуже багато конструкцій змішувачів різного принципу дії, призначених для різних технологічних процесів. Найбільш поширеними є конструкції, які довели свою надійність, тому новим конструкціям, які постійно з'являються, важко з ними конкурувати. Немає так само однієї універсальної конструкції, яка замінила б усі інші.

До найбільш поширених конструкцій змішувачів відносяться:

- Барабанні;
- Стрічкові
- Плужні;
- Планетарно-шнекові;
- Зубчасто-дискові;
- Відцентрові;
- Дваторні;
- з Z-подібними лопатями;
- з Z-подібними лопатями і розвантажувальним шнеком;
- Змішувач СНД-1500.

Нижче приведено опис їх конструкції.

Вибір конструкції залежить від процесу, в яких вони застосовуються, а саме:

- необхідна вивантаження всього замісу одночасно, або частинами;
- чи припустимо подрібнення продукту в процесі змішування;
- чи налипає продукт на корпус і лопаті змішувача;
- чи припустимо проведення замісу, якщо в корпусі є залишки від попереднього замісу або необхідно очистити корпус змішувача повністю;
- фізико-механічні характеристики матеріалів (сипучі незв'язні, сипучі зв'язні, пастоподібні з низькою в'язкістю, пастоподібні з високою в'язкістю.);
- великотоннажне виробництво або окремі невеликі партії;
- безперервний або періодичний процес;
- обсяг однієї партії матеріалу;

- потрібен нагрів або охолодження в процесі змішування чи ні;
- відбуваються одночасно зі змішанням інші процеси, наприклад, хімічна реакція, сушка, гранулювання, подрібнення агрегатів і т.д.

Відділ змішувального обладнання С.ф.НДІХІММАШ розробив типорозмірні ряди вищезазначених конструкцій змішувачів, хоча проводилися роботи і по розробці нових більш сучасних конструкцій.

Були спроби формалізувати процес вибору змішувачів. Зокрема, був розроблений РД РТМ 26-01-129 - 80 «Машины для переработки сыпучих материалов. Метод выбора оптимального типа питателей, смесителей и измельчителей». Передбачалося, що на підставі визначення фізико-механічних характеристик сипучих матеріалів можна зробити вибір оптимальної конструкції змішувача.

Практично, вибір машин для конкретних технологічних процесів проводився на підставі досвіду експлуатації змішувачів на діючих виробництвах. Про їх роботу відділ змішувачів мав інформацію на підставі узгодження опитувальних листів для замовлення змішувачів і обстеження їх роботи на діючих виробництвах. У тому випадку, якщо виробництво було новим і були сумніви в тому що машина придатна що до даного процесу, замовнику пропонувалося провести експериментальні роботи по перевірці придатності для проведення конкретного технологічного процесу на лабораторному устаткуванні відділу.

Подібним чином, діють провідні світові виробники змішувачів.

Розглянемо особливості конструкцій і технологічні процеси в яких застосовуються вищезазвані змішувачі.

1.1 Барабанні

Принципові переваги конструкції: рух матеріалу відбувається під дією гравітаційних сил на поверхні сипучого матеріалу; можливо змішання з кускових матеріалів, наприклад, будівельних розчинів зі щебенем; подрібнення компонентів незначне; фізико-механічні характеристики змішуваних матеріалів незначно впливають на опір обертанню барабана.

Типова конструкція - корпус, що обертається навколо горизонтальної осі яка приводиться у рух за допомогою електромотора через пасову передачу (рис 1.1).

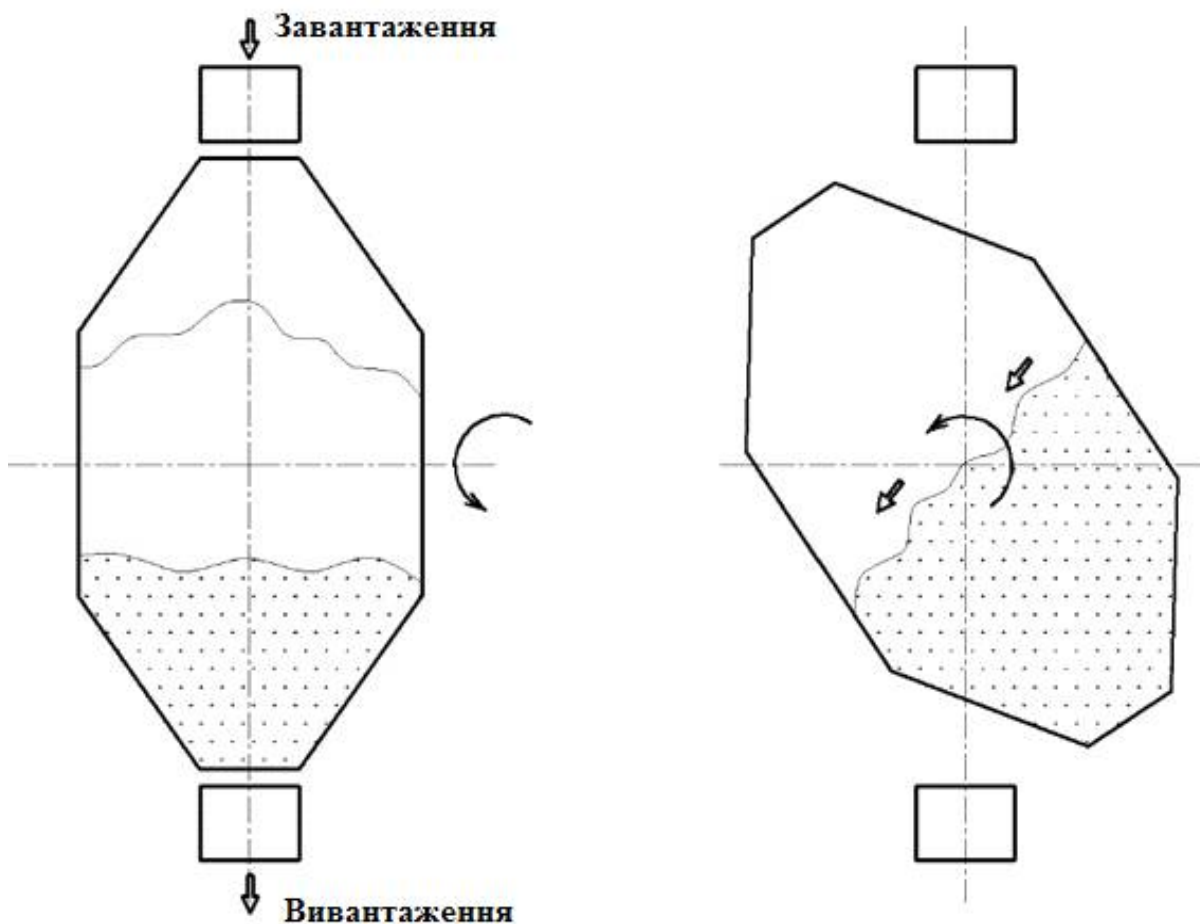


Рисунок 1.1 - Барабанні змішувачі

Призначені для змішування добре сипучих матеріалів. Часто використовуються для проведення гранулювання. Але можливо і приготування паст обмеженою в'язкості.

Принципові недоліки: порівняно низька інтенсивність змішування, ускладнення процесів завантаження і вивантаження. Інтенсивність змішання принципово обмежується деякою граничною частотою обертання корпусу, при якій відцентрові сили, що діють на матеріал, збільшуються настільки, що відбувається обертання сипучого матеріалу разом з корпусом.

1.2 Стрічкові

Змішувачі складений з наступних одиниць - ротор, що обертається навколо горизонтальної осі в нерухомому корпусі, який має робочі елементи у вигляді стрічок, які переміщують матеріал уздовж осі корпусу - до центру по зовнішньому діаметру, від центру - ближче до осі ротора (рис.1.2).

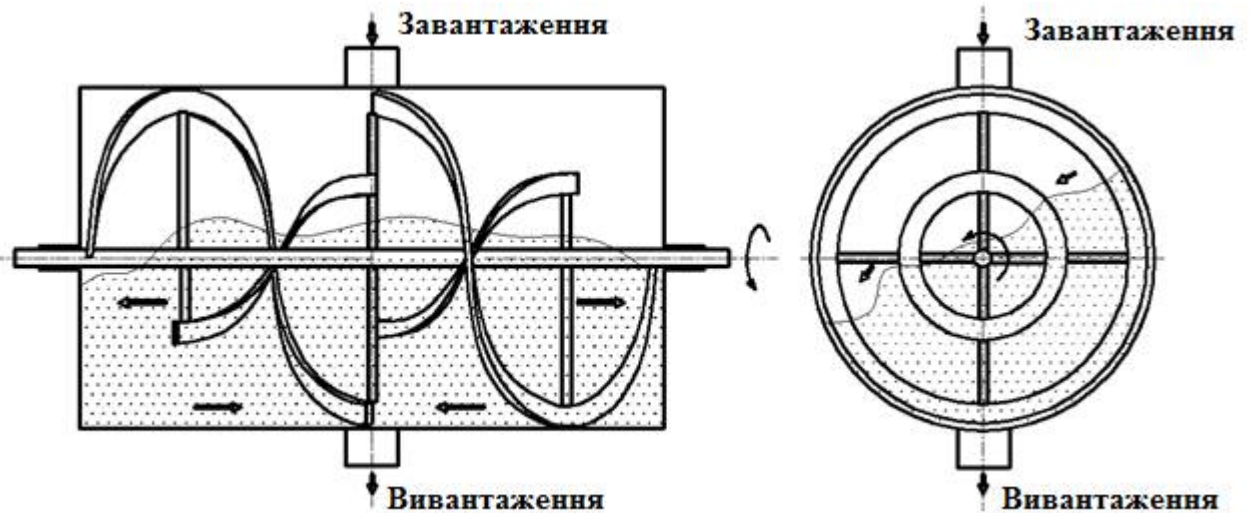


Рисунок. 1.2 - .Стрічковий змішувач

Ці змішувачі середню інтенсивність змішування, яка залежить від частоти обертання ротора (зазвичай 10-20 об/хв.).

Рух матеріалу відбувається під дією ротора що обертається; як на поверхні сипучого матеріалу, пересипанням, так і в масі матеріалу.

Недоліки: подрібнення компонентів значне; небезпечно змішання з кусковими матеріалами - можливе заклинювання ротора; фізико-механічні характеристики змішуваних матеріалів значно впливають на опір обертанню ротора.

Переваги: оскільки корпус нерухомий, зручно організувати його завантаження і вивантаження.

Призначені для змішування добре сипучих матеріалів, а так само незначно зв'язкових не надто схильних до налипання на поверхні. Можливе приготування паст обмеженою в'язкості.

Завдяки простоті конструкції ці змішувачі дешеві та надійні, вони є однією з найбільш розповсюджених конструкцій в світі.



Рисунок 1.3 - Стрічковий змішувач фірми SHUANGLONG GROUP [17]

1.3 Плужні

Типова конструкція - ротор, що обертається навколо горизонтальної осі в нерухомому корпусі, який має робочі елементи у вигляді плужка, які переміщують матеріал по осі корпусу (рис.1.4; 1.5). На відміну від стрічкових змішувачів, частота обертання ротора на порядок вище (100-200 об/хв), відповідно, питома потужність приводу ротора на порядок вище, а час приготування суміші на порядок нижче.

Рух матеріалу відбувається під дією ротора що обертається; як на поверхні сипучого матеріалу розкиданням по поверхні, так і масі матеріалу; подрібнення компонентів значне; фізико-механічні характеристики змішуються матеріалів впливають на опір обертанню ротора.

Призначені для змішування добре сипучих матеріалів, а так само незначно зв'язкових не надто схильних до налипання на поверхні. Можливо і приготування паст обмеженою в'язкісті. Даний тип змішувача можливо легко уніфікувати з стрічковими.

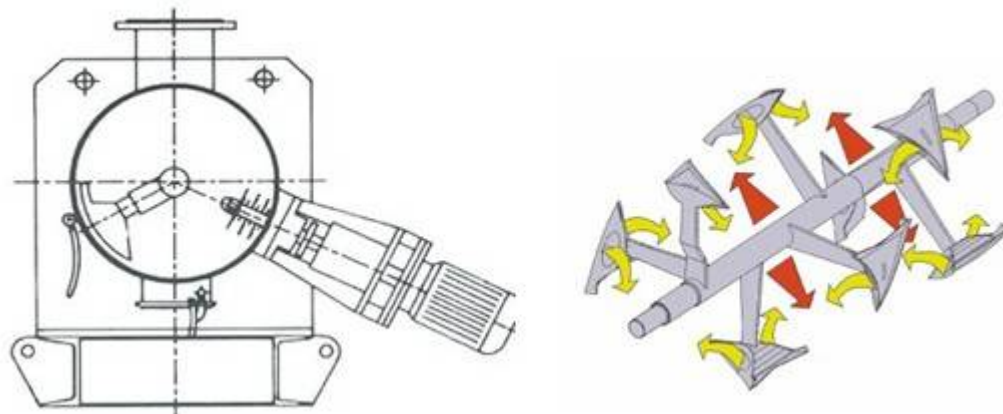


Рисунок 1.4. - Плужний змішувач



Рисунок 1.5 - Плужной змішувач фірми SHUANGLONG GROUP [17]

1.4 Планетарно-шнекові

Типова конструкція - конічний корпус, циліндричний похилий шнек, що обертається одночасно навколо своєї осі і осі корпусу. Для здійснення такого режиму руху шнека служить водило, на якому шнек закріплений і через яке проходить привід шнека (рис.1.6; 1.7).

Ці змішувачі зазвичай мають порівняно невисоку інтенсивність змішування і питому потужність приводу шнека і водила. Характерно відсутність застійних зон і повне вивантаження матеріалу з корпусу після замісу. Конічна форма корпусу часто виявляється зручною при компонованні технологічної лінії.

Призначені для змішування сипучих матеріалів. Можливе приготування паст обмеженою в'язкості.

У вищезгаданих конструкціях іноді виникає необхідність подрібнення агрегатів, що утворюються при змішуванні. У цьому випадку застосовуються диспергируючі головки, що представляють собою швидкохідні обертові елементи, зазвичай безпосередньо з'єднані з ротором електродвигуна.

Вперше ця конструкція була розроблена Нідерландською фірмою «Nauta». Пізніше к випуску цієї конструкції приступило багато фірм в різних країнах світу.

Вивантаження готової змісі здійснюється в нижній частні корпусу через клапанний затвор. Якщо треба здійснити часткове вивантаження, застосовують іншу конструкцію, наприклад, шиберний затвор.



Рисунок 1.6 - Планетарно-шнековий змішувач

Однім зі способів інтенсифікації процесу змішування є застосування другого шнеку (1.7). Многі фірми використовують цю конструкцію змішувача.



Рисунок 1.7 - Змішувач з двома шнеками фірми SHUANGLONG GROUP [17]

1.5 Вертикальні стрічкові

Конічний стрічковий змішувач складається з трансмісії, конічного корпусу що розширюється вгору, стрічкового наружного змішувального елемента що діє біля корпусу, та внутрішнього змішувального елемента, що розташований по центру корпусу. В нижній частині корпусу є розвантажувальний клапан (рис. 1.8). Це нова конструкція для сипких матеріалів. Матеріал крутиться і піднімається під дією зовнішнього стрічкового змішувача, потім під дією гравітації опускається вниз. Внутрішній гвинт також піднімає матеріал вгору, та змішує матеріал що осипається вниз.



Рисунок 1.8. - Конічний стрічковий змішувач фірми SHUANGLONG GROUP [17]

Фірма SHUANGLONG GROUP пропонує наступні виконання:

- Вуглецева сталь, нержавіюча сталь 304, нержавіюча сталь 316L;
- Внутрішній тиск;
- Конструкція санітарного типу;
- Розвантажувальні пристрої: клапан, заслінка, засувка, кульовий кран;
- Пoviшена потужність для матеріалів з більш високою щільністю;
- Вибухозахищені двигуни;
- Доступні такі пристрої, як частотно-регульовані приводи, пускачі двигунів і операторські станції;
- Распилітельніє насадки для введення рідини;
- Оболонка для нагріву або охолодження .

Таблиця 1.1 - Пропонований типорозмірний ряд кінчних стрічкових змішувачів фірми SHUANGLONG GROUP

Модель	Загальний объем	Ефективний объем	Потужність
LDSH-0,1	100L	40-60L	2.2 kW
LDSH-0,3	300L	120-180L	3 kW
LDSH-0,5	500L	200L-300L	4 kW
LDSH-1	1000L	400L-600L	7.5 kW
LDSH-1,5	1500L	600L-900L	11 kW
LDSH-2	2000L	800L-1200L	11 kW
LDSH-3	3000L	1200L-1800L	15 kW
LDSH-4	4000L	1600L-2400L	18,5 kW
LDSH-5	5000L	2000L-3000L	22 kW
LDSH-6	6000L	2400L-3600L	30 kW
LDSH-8	8000L	3200L-4800L	37 kW
LDSH-10	10000L	4000L-6000L	45 kW
LDSH-12	12000 л	4800L-7200L	45 kW
LDSH-15	15000 л	6000L-9000L	55 kW

1.6. Зубчасто-дискові

Призначено для перемішування і часткове дезагрегування рідинних пастоподібні матеріалів динамічної в'язкості не більше 10 Па·с.

Змішувач складається з камери змішувача (від'ємна пересувна циліндричний посудину) з конічним днищем, забезпечена сорочка для нагріву або охолодження змішуємо маси. Є роликі для зручності пересування, кришка конічної форми. Робочим елементом є мішалка зубчастого типу з соплами і лопатками. Основанням є станина, на якій змонтовані колона і гідросистема.

Гідросистема, що включає в себе маслостанцію з насосом БГ12-41, гідроциліндри і апаратуру управління, служить для підйому і опускання кришки і мішалки з приводом, а також для дистанційного зміни частоти обертання мішалки.

Привід мішалки складається з електродвигуна, клиноремінного варіатора з діапазоном регулювання, рівним 3, і клиноремінною передачею.

Вхідні матеріали завантажують в камеру змішувача через штуцер, розташований на кришці; вивантаження продукту - через нижній штуцер з кульовим краном (рис.1.9).

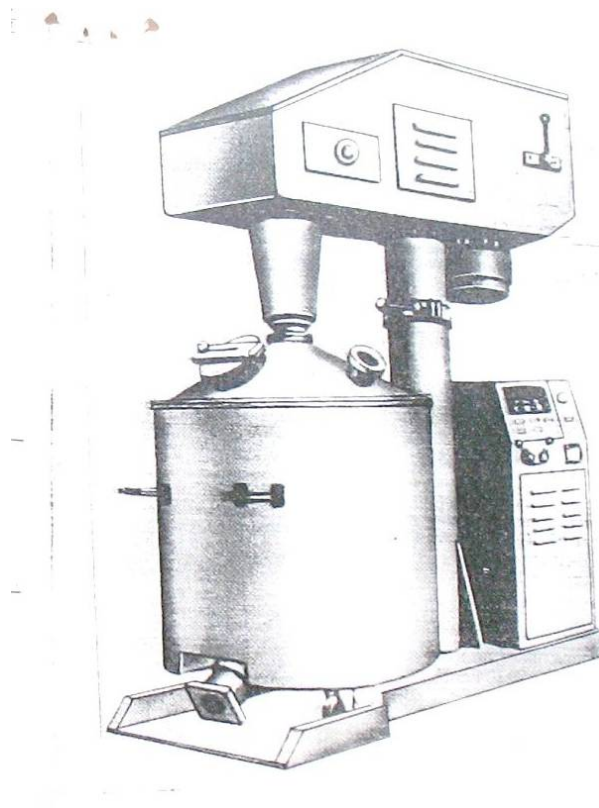


Рисунок 1.9 - Змішувач зубчато - дисковий ЗД-400 ВРК (конструкція С.ф. НДІхіммаш [3])

Ці змішувачі не набули широкого поширення. Вони складні і дороги, тому зняті з виробництва. Їх перевагою є можливість підйому змішуючого механізму вгору, після чого зручно проводити очищення корпусу і мішалки. Є можливість викочування корпусу і заміна його іншим. Як заміну змішувачів ЗД передбачається змішувачі типу ФЛ виконання 02.

1.7 Відцентрові

Особливість конструкції - вертикальний нерухомий корпус, в нижній частині якого обертається ротор з вертикальною віссю. Ротор має лопаті, які впливають при обертанні на матеріал таким чином, що він весь знаходиться в підвішеному стані над обертовим ротором (рис. 1.10; 1.11). Зазвичай матеріал обертається під дією лопатей з невеликою швидкістю (у багато разів нижче швидкості обертання ротора), має форму подібну тору. У нижній частині тора відбувається надзвичайно активне змішання, матеріал піднімається уздовж корпусу вгору і потім зсипається до середнього отвору тора. Матеріал знаходиться в стані віброожіження. Інтенсивність змішання в такому режимі надзвичайно висока, змішання закінчується за 1 - 2 хвилини.

Застосовуються й інші режими роботи змішувача, коли матеріал циркулює по всьому об'єму корпусу змішувача. Режим роботи залежить від конструкції ротора і частоти його обертання [3].

Вони призначені для змішування добре сипучих матеріалів, можна з невеликими добавками рідин.

Інтенсивність змішання в цих змішувачах рекордна, тому застосовують їх або для отримання дуже однорідної суміші або там, де потрібна висока продуктивність.

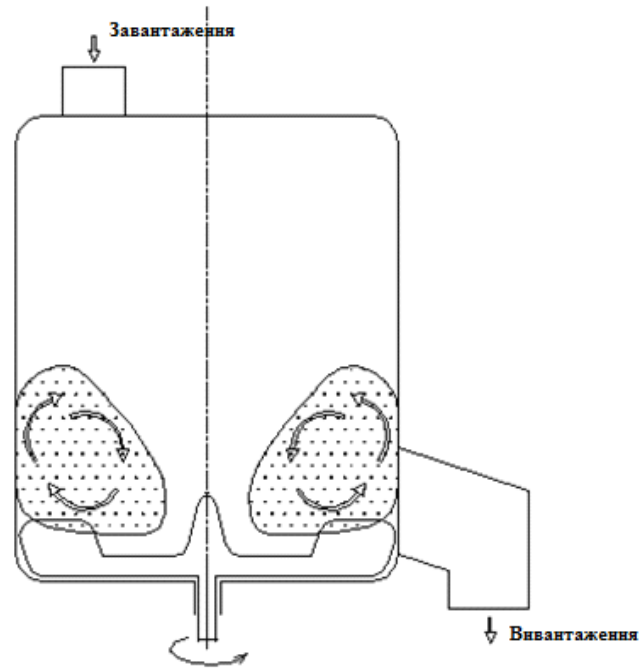


Рисунок 1.10 - Відцентрові змішувачі

У цих змішувачах відбувається повне вивантаження суміші через бічний затвор, розташований в циліндричній частині корпусу над лопатями, всі частинки видуваються з корпусу потоком повітря, який створюють лопаті.

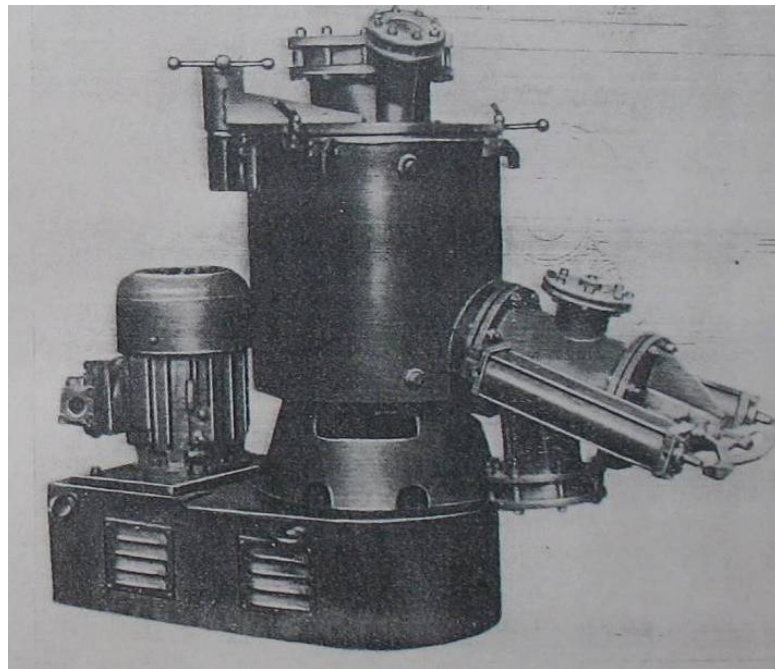


Рисунок 1.11 - Відцентровий змішувач ЦЛ-100 (конструкція С.ф.НДІхіммаш [3])

1.8 Двороторні

Це новий перспективний тип змішувачів що згоден для приготування як добре сипучих матеріалів, так і зв'язаних, а також пастоподібних невеликої в'язкості. Він має можливість взаємного очищення лопатей, подрібнення агрегатів, високу інтенсивність змішування.

Принцип роботи: змішувач має корпус подвійної U- подібної форми, паралельно їх вісям розташовані вали з кількома лопатями (рис.1.12). Шлях руху двох валів, який приводиться в дію двома синхронними двигунами, утворюють замикаючий простір, викидаючи матеріал один до одного, матеріал втрачає силу гравітації миттєво, щоб рівномірно і ефективно змішуватися в дуже короткий час.

Змішувач подібної конструкції був застосований фірмою «Хімтехногоя» (Україна) для приготування змісей на установці гранулювання методом пресування. Установка була предназначена для отримання складних добрив. Змішувач мав шнек для розвантаження [1].



Рисунок 1.12 - Двохроторний змішувач WZL-4
фірми SHENGLI (Китай)[17]

Характеристика змішувача WZL-4

загальний обсяг: 4 м³;

потужність: 30 кВт;

матеріал: вуглецева сталь;

Оснащений мотор-редукторами з синхронними двигунами;

Ущільнення сальникового типу;

Люки з боку для двостороннього обслуговування;

Клапана для розвантаження з пневмоприводом.

1.9 Двохроторні з Z-подібними лопатями

Особливість конструкції - наявність двох розташованих горизонтально роторів з паралельними осями (рис 1.13; 1.14; 1.15). Ротори мають форму, призначену для роботи з високов'язкими матеріалами. Конструкції роторів можуть бути різні (рис.1.14). С.ф.НДІХІММАШ віддавав перевагу Z-образним роторам, тому за цим типом змішувачів і закріпилася така назва [3].

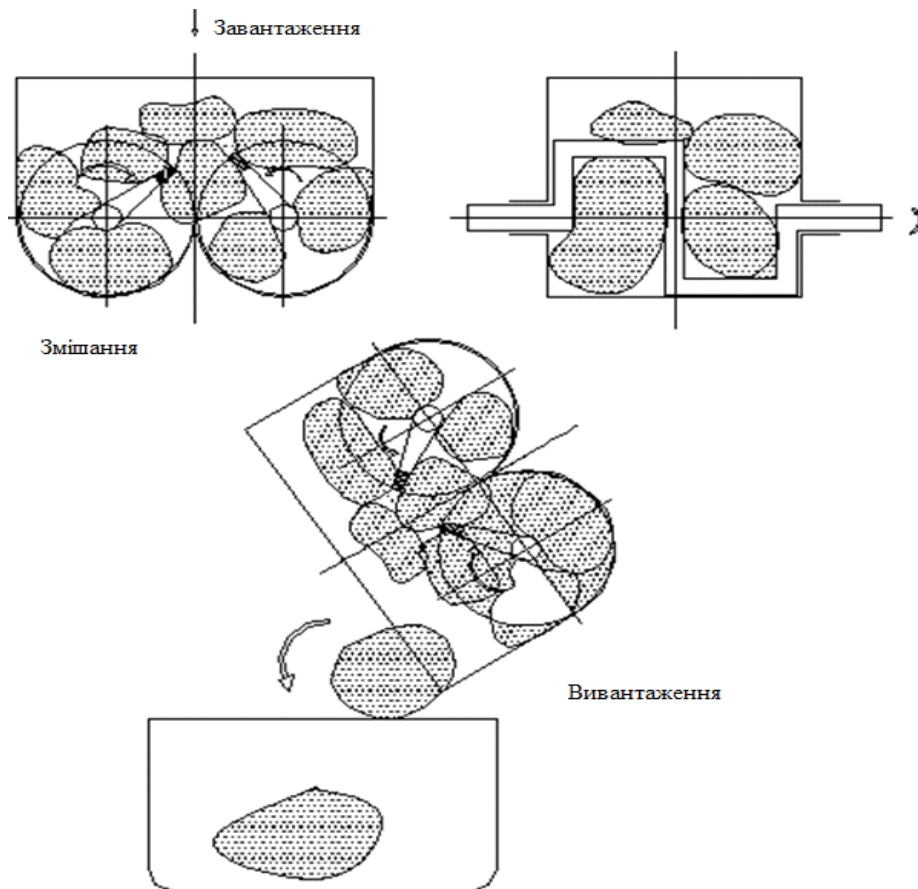


Рисунок 1.13 - мішувачі з Z-подібними лопатями

Ротори мають з різні частоти обертання.

Ці змішувачі здатні виробляти змішання як сипучих матеріалів, так і паст, а також можуть застосовуватися в процесах отримання паст із сипучих матеріалів при додаванні в них рідин. Змішувачі універсальні, працюють в дуже складних умовах, коли змінюються фізико-механічні параметри суміші від сипучого матеріалу до пастоподібного з високою в'язкістю і здатністю до налипання на ротори та корпус. Конструкція роторів і різні їх частота обертання (тертя) сприяють взаємному очищенню лопатей і корпусу в процесі змішування. Ці змішувачі універсальні, вони можуть замінити вищеописані змішувачі для сипучих матеріалів і практично всі змішувачі для паст. Однак за цю універсальність доводиться платити значним ускладненням і подорожчанням конструкції.

Процес змішування відбувається порівняно повільно, але однорідність отриманої пастоподібної суміші може бути високою.

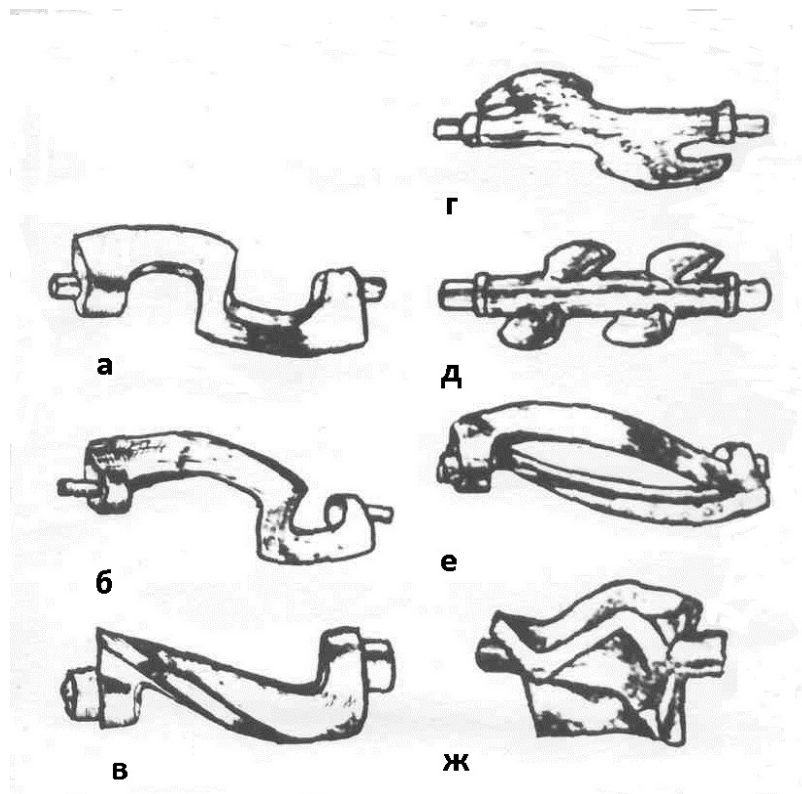


Рисунок 1.14 - Лопаті двовальних змішувачів для паст
(а - Z- образні лопаті)

Вивантаження отриманої суміші, зазвичай пастоподібної, відбувається шляхом перекидання корпусу при обертових роторах і випадання суміші з

корпусу в піддон. Повного вивантаження досягти зазвичай не вдається, 10-20% суміші залишається налиплими на роторах і корпусі змішувача. Ці залишки можуть бути розмішені при подальшому замісі, якщо це допустимо, якщо немає, то доводиться застосовувати ручну очистку за допомогою скребоків.

Встановлена потужність приводу залежить від властивостей одержуваних продуктів. Найбільш потужні приводи використовуються для отримання розплавів полімерів, паст для пресування гальмівних колодок і т.п.



Рисунок 1.15 - Змішувач ЗЛ-250 400 (ТОВ «ГК ЕВРОХІММАШ К.О.»,
Україна) [21], [22]

1.10 Двуроторні з Z-подібними лопатями і розвантажувальним шнеком

Конструкція роторів змішувача аналогічна наведеної вище, але в нижній частині корпусу між роторами розташований шнек. Шнек служить для додаткової циркуляції компонентів при змішуванні і для вивантаження суміші. При вивантаженні суміші напрямок обертання шнека такий, що

суміш виводиться з корпусу шнеком, а при змішуванні направляє суміш в корпус (рис. 1.16; 1.17).

Призначення аналогічно попередньої конструкції. Істотною перевагою змішувача з розвантажувальним шнеком є можливість керованого розвантаження через шнек, кращі умови роботи для обслуговуючого персоналу, можливість екструдувати пастоподібних сумішей або рівномірної подачі пастоподібних або сипучих сумішей.

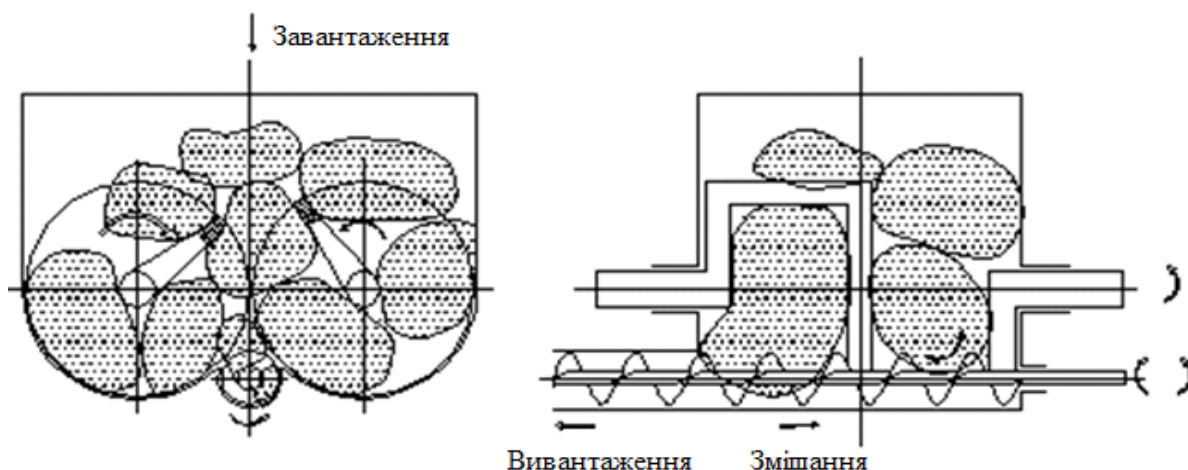


Рисунок 1.16 - Змішувачі з Z-подібними лопатями і розвантажувальним шнеком



Рисунок 1.17 - Змішувачі ЗШ-400 (ТОВ «ГК ЕВРОХІММАШ К.О.», Україна) [21], [22]

Корпус змішувача нерухомий, тому і завантаження його так само полегшується. З іншого боку, ручна очистка корпусу і роторів, в разі такої необхідності, ускладнюється в порівнянні з попередньою конструкцією.

1.11 СНД-1500

Призначений для приготування паст свинцево-кислотних акумуляторів, може бути використаний також для приготування інших пастоподібних сумішей динамічною в'язкістю от 200 до 10^5 Па·с.

Змішувач має робочу камери з сорочкою. У середині камери змішувача розміщені два ротори, що представляють собою вали з закріпленими на них лопатками. Всі вузли змонтовані на рамі (рис. 1.18).

Привід роторів - від асинхронного електродвигуна через редуктор і муфти.

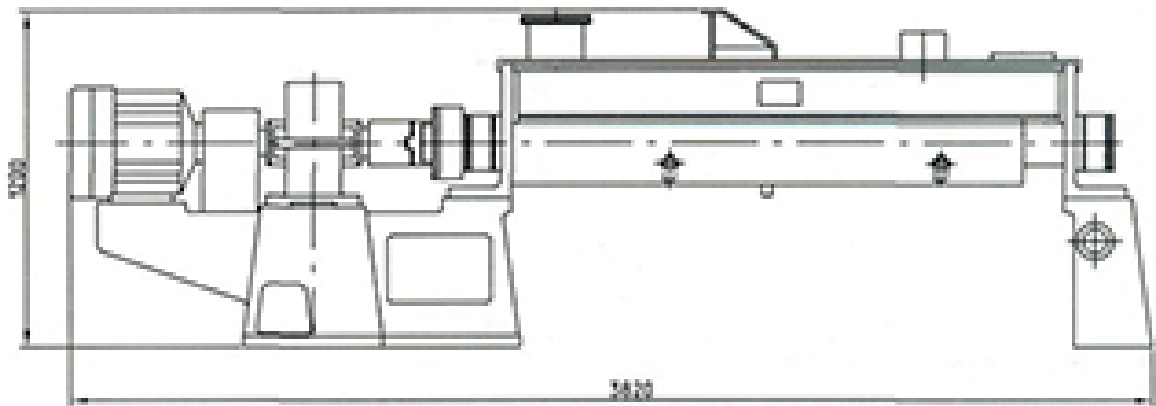


Рисунок 1.18 - Змішувач СНД-1500 (ТОВ «ГК ЕВРОХІММАШ К.О.», Україна) [21], [22]

На кришці змішувача розташовані штуцери для завантаження матеріалу і технологічні. Розвантаження продукту - через штуцер в кінці камери змішувача. камері змішувача - корозійна

Середовище є, не вибухонебезпечне; середовище в сорочці - вода.

Цей змішувач був розроблений для приготування обмазувальних мас електродів кислотних акумуляторів. Він повинен був замінити два змішувача безперервної дії подібної конструкції. Змішувачі призначалися для приготування маси що складається з оксидів свинцю з сірчаною кислотою. На виробництві вони виготовлялися з вуглецевої сталі, оскільки не дозволялося застосування інших матеріалів. Заміна змішувачів з вуглецевої сталі виробляли кожні 2-3 місяці через наскрізної корозії корпусу. На акумуляторному заводі була навіть спеціальна ділянку, на якій вони виготовлялися.

За змішувача СНД-1500 в процесі приготування обмазувальних мас були зауваження - недостатня однорідність і пластичність суміші, недостатній крутний момент приводу.

Мабуть, в даному виробництві доцільно застосування змішувачів періодичної дії типу ЗШ, оскільки потрібне точне дотримання співвідношення компонентів, висока однорідність і пластичність обмазувальної маси. Однак необхідний підбір корозійностійких матеріалів для виготовлення корпусу, роторів і шнека. Повне очищення корпусу і робочі органи змішувача після кожного замісу не потрібно.

2 Ціль та задачі дослідження

Як було відмічено вище, однієї з задач підвищення конкурентоздатності вітчизняних змішувачів є удосконалення їх конструкції. Одним з методів рішення цієї задачі є застосування додаткових змішувальних елементів. В даній роботі були применені додаткові лопаті, що закріплені на воділі.

Основною задачею досліджень при виконанні даної роботи було определение впливу доповнюючих розподільних елементів на енергетичні витрати. Крім того досліджувався процес змішування з додатковими елементами.

Слід зазначити відмінність конструкцій змішувачів, що застосовуються в різних галузях промисловості, наприклад, хімічної, будівельної, харчової.

Для виробництв будівельної індустрії характерні великотоннажні виробництва, часто застосовуються безперервні процеси, очищення змішувачів після попереднього процесу зазвичай не потрібно.

У харчовій промисловості висуваються високі вимоги до чистоти одержуваних продуктів, змішувачі після кожного замісу потрібно ретельно очищати і дезінфікувати, тому вони зазвичай працюють в періодичному режимі і проектуються з можливістю легкого доступу до внутрішньої поверхні корпусу і робочим органам, хоча це призводить до ускладнення і подорожчання конструкції. Часто вони проектуються з підйомним механізмом, що дозволяє висувати робочі органи з корпусу, наприклад вгору (планетарно-лопатевої і зубчато-дисковий змішувачі [1]).

У хімічній промисловості змішувачі з висувними робочими органами використовують рідко.

3 Дослідження енерговитрат

Для вимірювання витрат енергії в процесі змішування був використаний ватметр PZEM-021. Цей ватметр перемінного струму застосовується для виміру потужності підключеного активного навантаження.

Він єдино терміново відображає 4 параметра вимірювання:

- 1 Напругу в сети (В).
- 2 Сила току перемінного (А).
- 3 Активну споживану потужність (Вт).
- 4 Рахівник споживаної енергії (Вт*год).

Характеристики:

Потужність: 4.5кВт.

Живлення: 80 -260В-перемінного току.

Частота: 50 Гц.

Максимальний виміряний струм: 20 А.

Діапазон відображення електроенергії: до 9999.9 кВт/ч.

Розміри: 84.6 x 44,6 x 24.4 мм.

За допомогою вище приведеного прибору був змряний розхід енергії. Дані по розходу енергії,що отримані при проведені експериментів, наведені в таблицях.

Матеріали для досліджень:

Пісок Сєверодонецького кар'єру:

насипна маса - 1600 кг / м³;

середній розмір частинок - 0,15 мм;

середньоквадратичне відхилення розмірів частинок -0,1 мм;

кут природного укосу - 34 °;

вологість - 0%.

Чавунна тирса :

насипна маса - 3350 кг / м³;

середній розмір частинок - 0,4 мм;

середньоквадратичне відхилення розмірів частинок -0,15 мм;
кут природного укосу – 42, °;
вологість - 0%.

Для порівняння ефективності змішування були спочатку проведені замеси в змівачі класичної конструкції – з одним шнеком. Потім на тіх же матеріалах вже з додатковими елементами.

3.1 Опис змішувача ПШ-24

Лабораторний змішувач ПШ-24 є конструкцією фірми «Nauta» (Нідерланди). Він був модернізований: змінене двигун перемінного струму на двигун постійного струму, після чого стало можливо здійснювати зміну частоти обертів водила та шнека (рис.3.1). Застосовано шнек з кутом підйому витка $21^{\circ}40'$.

Живлення двигуна МИ-32 здійснюється за допомогою блока живлення (рис. 3.2).

Розміри корпусу та шнека змішувача вказані на рис. 3.3.

Обмотка возбуждення незалежна. На неї подається постійна напруга 220 В від прямоуючого моста.

На ротор двигуна подається постійна напруга від 0 до 220 В від прямоуючого моста. Відповідно напругі змінюється частота обертів двигуна. Зміна здійснюється за допомогою перетворювача напруги

Частота обертання ротора двигуна вимірюється за допомогою вело комп'ютера ASSIZE AS-820.

Цій комп'ютер може виконувати функцію відображення частоти обертання колеса.

Вимірюється частота обертання, об/хв. від 0 до 3600.

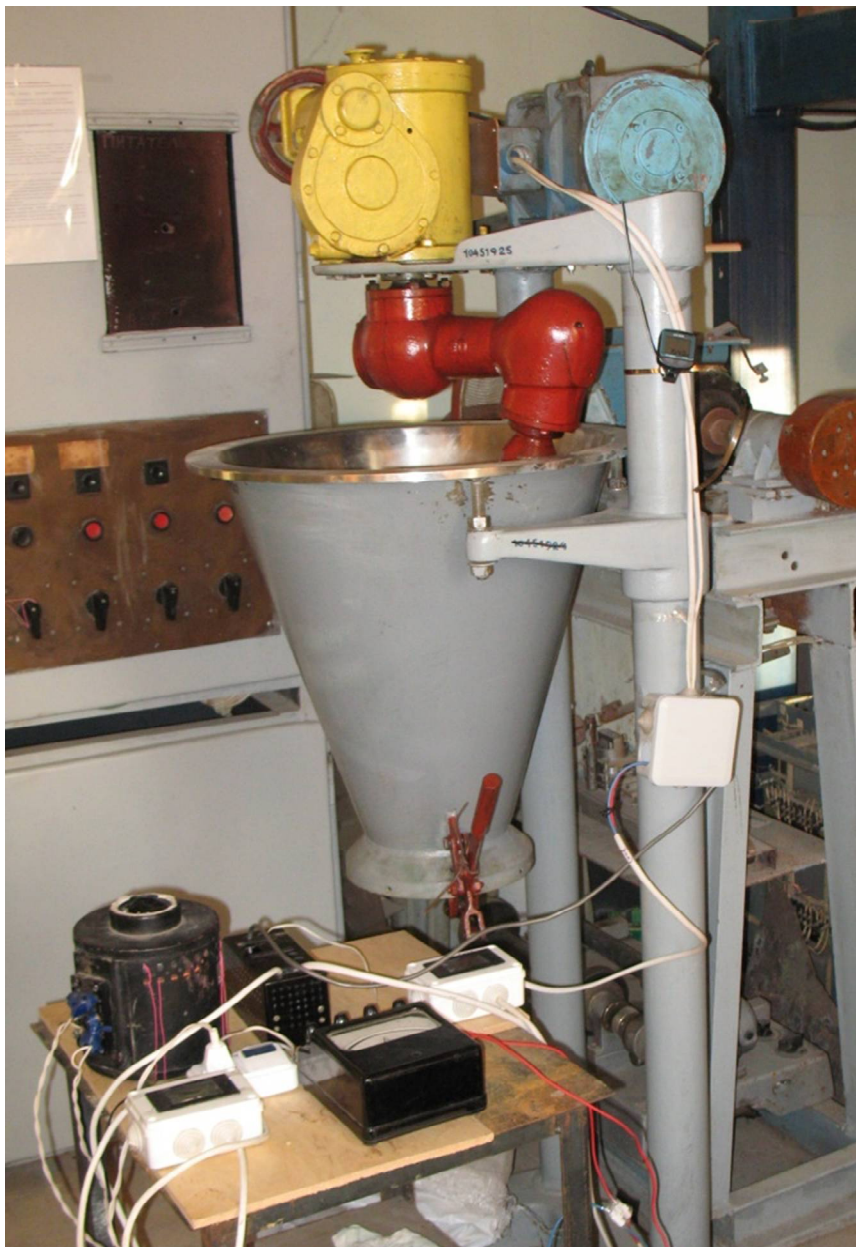


Рисунок 3.1 - Змішувач ПШ-24 (модернізований планетарно-шнековий змішувач фірми «Nauta» (Нідерланди)).

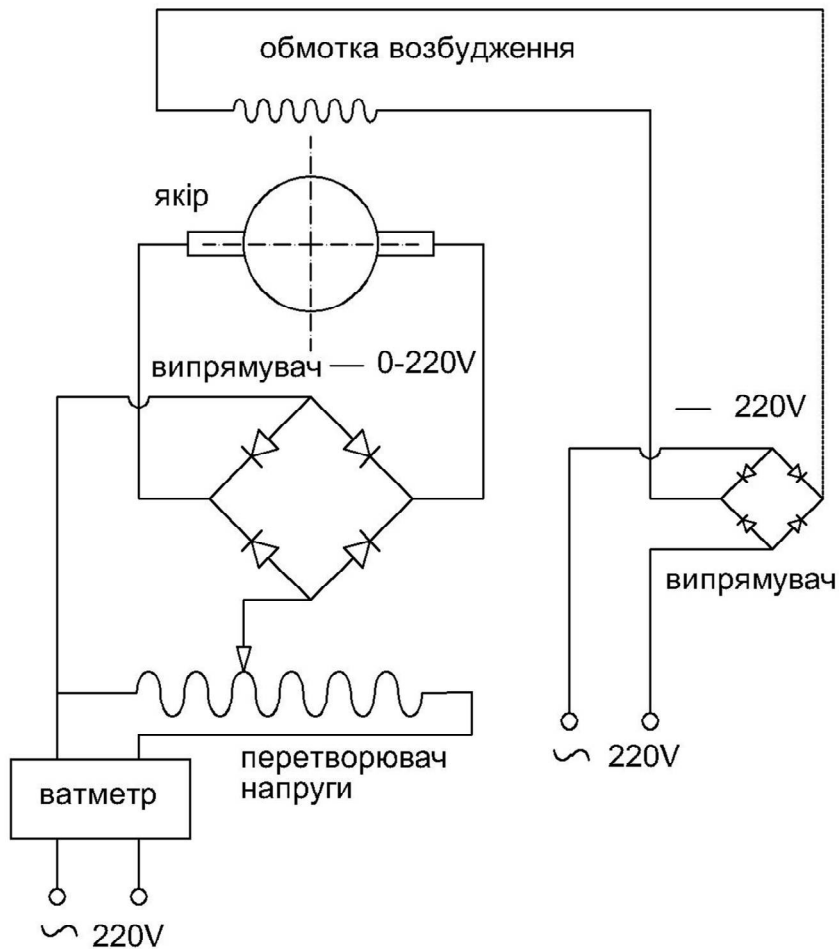


Рисунок 3.2 - Схема підключення двигуна

Технічні характеристики ПШ-24

Робочий об'єм, л до 15-30;

Привод:

Двигун постійного струму

Тип МИ-32

Потужність, кВт 0,78;

Напруга на якір, В від 0 до 220;

Струм якіру, А від 0 до 4,1;

Возбудження - незалежне

Напруга обмотки возбудження, В 220;

Струм обмотки возбудження, А 0,3;

Частота обертання ротора, об/хв.	0-2500;
Клино - ремінна передача	
Передаточне число, i	1,7

Редуктор

Має один вхідний вал та два вихідних для привода шнека та водила.

На шнек момент передається через черв'ячну передачу.

На водило послідовно: через черв'ячну передачу, зубчату передачу, черв'ячну передачу.

Передаточне число від двигуна на шнек, $i=8,24$;

Співвідношення частот обертання водила та шнека постійне, $i=20$;

При проведенні експериментів практично змінювались:

Частота обертання шнека, $n_{ш}$, об/хв. 0-71;

Частота обертання водила $n_{в}$, об/хв. 0-4.

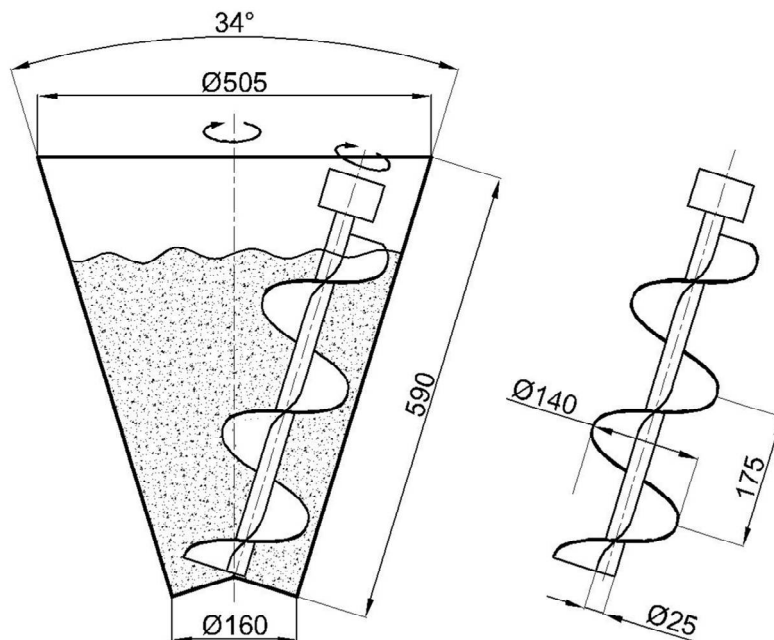


Рисунок 3.3 - Розміри корпусу і шнека змішувача ПШ-24

3.2 Експериментальне дослідження енерговитрат

В цьому розділі приведені результати експериментів по змішуванню сухого піску в змішувачі ПШ-24

Матеріали для досліджень:

Пісок Сєвєродонецького кар'єру:

вологість - 0%.

насипна маса - 1600 кг / м³;

середній розмір частинок - 0,15 мм;

кут естественного укусу - 34 °;

середньоквадратичне відхилення розмірів частинок -0,1 мм;

Чавунна тирса :

середній розмір частинок - 0,4 мм;

насипна маса - 3350 кг / м³;

середньоквадратичне відхилення розмірів частинок -0,15 мм;

вологість - 0%.

кут естественного укусу - 42 °;

Результати вимірювання розходу енергії приведені ніжче в табл.3.1. – 3.9, а також на рисунках 3.4 – 3.7.

Таблиця 3.1 - Енерговитрати двигуна на холостому ході

Холостой ход n двигателя об/мин	Показания Ватметра PZEM-021		
	N _{хх} , W	U, V	I, A
100	16,5	231	0,09
200	20,9	229	0,11
300	27,0	229	0,14
400	35,0	229	0,18
500	41,6	230	0,22
750	60,9	232	0,32
1000	84,6	232	0,45
1250	108,0	232	0,57
1500	128,0	232	0,68

Таблиця 3.2 - Енерговитрати двигуна при завантаженні 5л піску

Завантаження 5 л піску n двигателя об/мин	Показання Ватметра PZEM-021			Споживана потужність, N, W
	Nu W	U, V	I, A	
200	24,8	233	0,12	3,9
400	43,0	218	0,23	8,0
750	70,0	229	0,38	9,1
1000	100,0	230	0,53	15,4

Таблиця 3.3 - Енерговитрати двигуна при завантаженні 10 піску

Завантаження 10 л піску n двигателя об/мин	Показання Ватметра PZEM-021			Споживана потужність, N, W
	Nu W	U, V	I, A	
200	37	233	0,21	16,1
400	57,0	218	0,3	22,0
750	98,0	229	0,52	37,1
1000	123,0	230	0,66	38,4

Таблиця 3.4 - Енерговитрати двигуна при завантаженні 15л піску

Завантаження 15 л піску n двигателя об/мин	Показання Ватметра PZEM-021			Споживана потужність, N, W
	Nu W	U, V	I, A	
200	44	233	0,24	23,1
400	73,0	218	0,39	38,0
750	115,0	229	0,63	54,1
1000	150,0	230	0,82	65,4

Таблиця 3.5 - Енерговитрати двигуна при завантаженні 20л піску

Завантаження 20 л піску	Показання Ватметра PZEM-021			Споживана потужність,
п двигателя об/мин	Nu W	U, V	I, A	N, W
200	55	233	0,29	34,1
400	80,0	218	0,43	45,0
750	135,0	229	0,74	74,1
1000	170,0	230	0,85	85,4

Таблиця 3.6 - Енерговитрати двигуна при завантаженні 25л піску

Завантаження 25 л піску	Показання Ватметра PZEM-021			Споживана потужність,
п двигателя об/мин	Nu W	U, V	I, A	N, W
200	57	233	0,3	36,1
400	93,0	218	0,52	58,0
750	151,0	229	0,81	90,1
1000	195,0	230	1,04	110,4

Таблиця 3.7 - Енерговитрати двигуна при завантаженні 30л піску

Завантаження 30 л піску	Показання Ватметра PZEM-021			Споживана потужність,
п двигателя об/мин	Nu, W	U, V	I, A	N, W
200	61	225	0,34	40,1
260	77	222	0,42	52,4
400	109	223	0,60	74,0
500	122,0	221	0,66	80,4
750	170,0	222	0,93	109,1
1000	210,0	220	1,17	125,4

Таблиця 3.8 - Енергетичні витрати при завантаженні 30 л. піску
з одним додатковим елементом

Завантаження 30 л піску Частота обертів			Показання ватметра PZEM-021			Споживана потужність,
двигуна об/мин	шнека об/мин	води́ла об/мин	N, W	U, V	I, A	Nс, W
260	18,57	1,04	70	228	0,36	50,44
500	35,71	2	120,0	226	0,65	85,0
1020	72,86	4,08	216,0	228	1,13	131,4

Таблиця 3.9 - Енергетичні витрати при завантаженні 30 л. піску
з двома додатковими елементами

Загрузка 30 л піску Частота обертів			Показання ватметра PZEM-021			Споживана потужність,
двиг об/мин	шнека об/мин	води́ла об/мин	N, W	U, V	I, A	Nс, W
260	18,57	1,04	77	222	0,42	52,4
500	35,71	2	122,0	221	0,66	87,0
1020	72,86	4,08	217,0	220	1,17	132,4

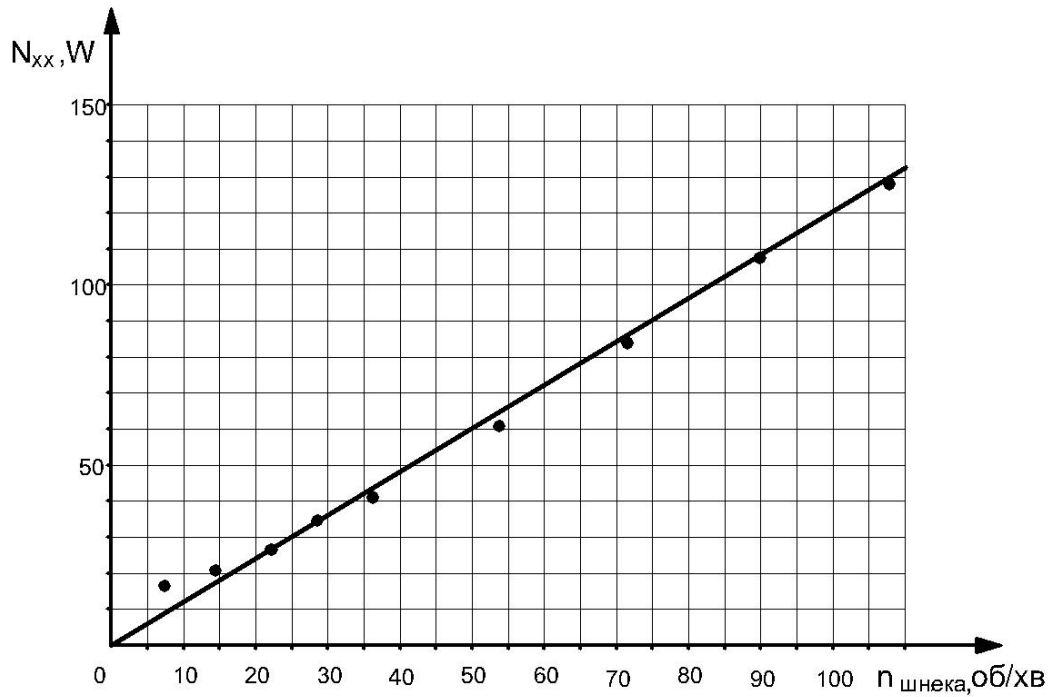


Рисунок 3.4 - Залежність потужності холостого хода привода від частоти обертання шнека

Як слід з приведених матеріалів, наявність додаткових змішувальних елементів що встановлені на водилі, практично не збільшує витрати енергії на змішування. Ефективність змішування при цьому зростає значно (див розділ 4).

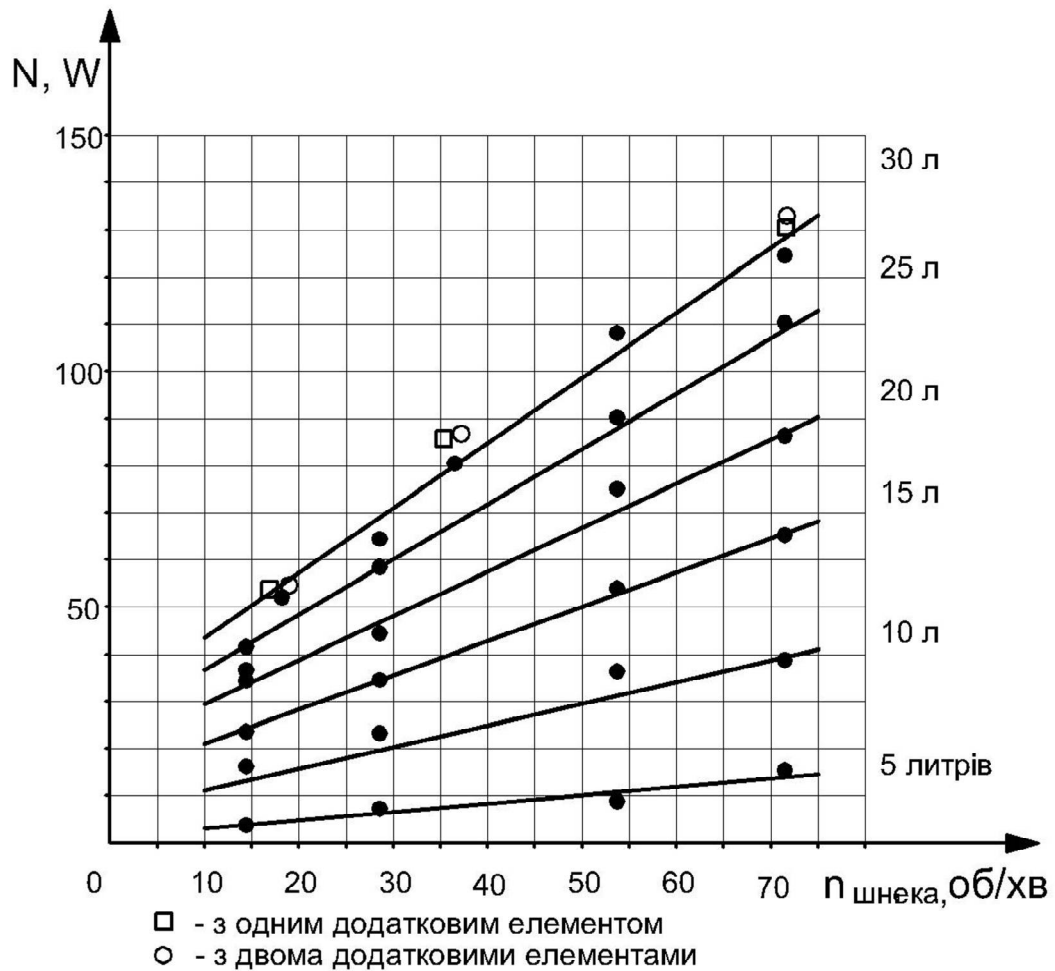


Рисунок 3.5- Залежність енергетичних витрат на змішення з додатковими елементами від частоти обертання шнека при загрузці 30 л та при різних загрузках змішувача ПШ-24 піском без додаткових елементів

Потужність, привода шнека можливо розрахувати по формулам, приведеним в [5].

Формула для визначення потужності, що споживається шнеком

$$N_s = \pi \cdot \rho_H \cdot g \cdot \sin(\theta + \varphi_\theta) \cdot \frac{D_s^2}{4} \cdot \frac{H^2 \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\cos \alpha \cdot (2 \cdot \mu \cdot \operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \alpha)} \cdot \omega_s, \text{ Вт} \quad (3.1)$$

Для розрахунку осьової сили, що діє на шнек, можна рекомендувати наступну формулу

$$P_{oc} = \pi \cdot \rho_H \cdot g \cdot \frac{D_s^2}{4} \cdot H \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot H \cdot \cos(\theta + \varphi_\theta) \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha}{D_s \cdot \cos \alpha \cdot (2 \cdot \mu \cdot \operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \alpha)} \right], \text{ Н.} \quad (3.2)$$

В даній роботі було також досліджено залежність моменту що крутить на шнекі від частоти його обертання.

Була заміряна споживана двигуном привода потужність за допомогою ватметра постійного току PZME-051. Замірювалась споживана потужність на якорі двигуна (Рис. 3.6). Зрівняння отриманих даних показало, що показання ватметра PZME-051 завишені, однак характер зміни моменту що крутить, відображено вірно. Тому був підрахований момент що крутить на шнекі M (формула 3.3.) та здійснено висновок, що він зніжується зі збільшенням обертів шнека (рис. 3.7).

$$M = \frac{N}{\omega}, \quad (3.3)$$

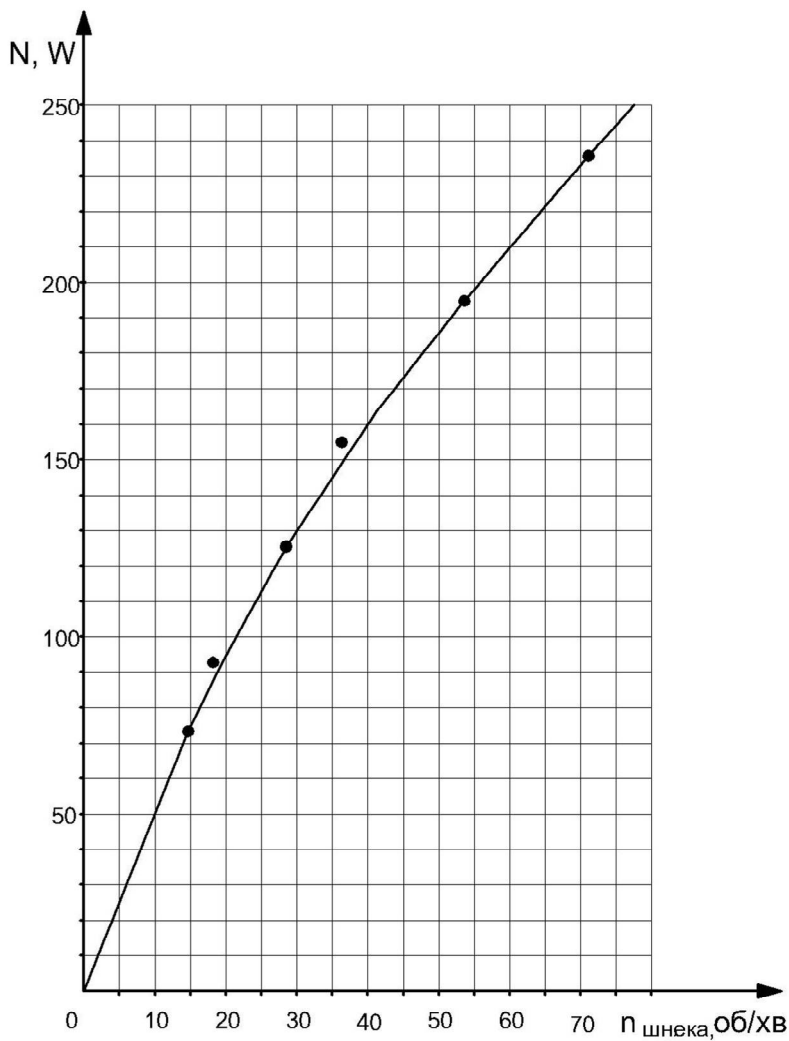


Рисунок 3.6 - Споживана потужність що виміряна ватметром PZEM-051

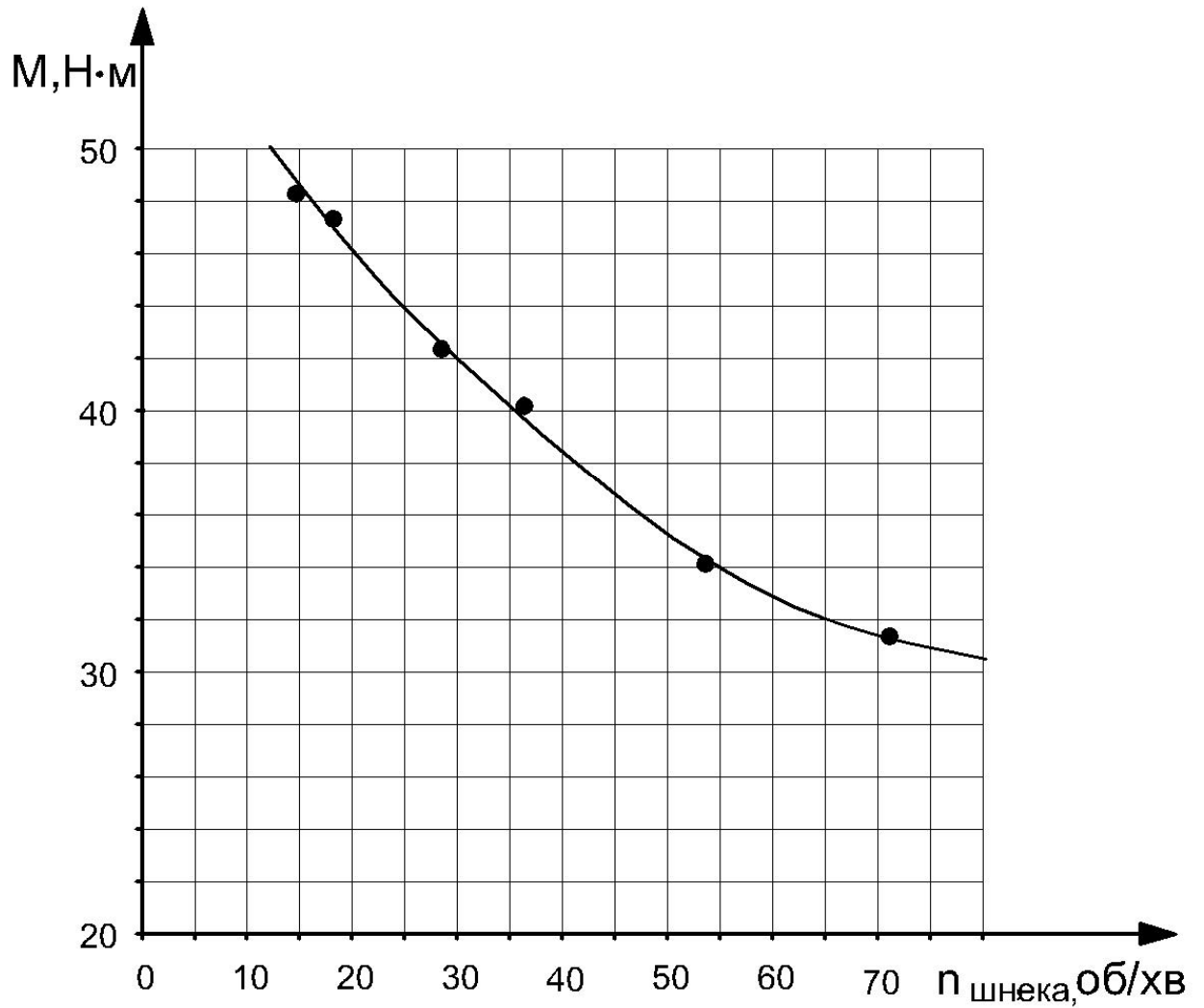


Рисунок 3.7 - Момент що крутить на шнекі

Можливо зробити висновок, що це здійснюється завдяки розрихленню сипкого матеріалу. Він зсипається в пустоти що образуються під вітками шнека, та при значних частотах обертання не поспіває уплотнитися. Момент що крутить прагне к мінімуму при визначеній частоті обертання. Саме таку частоту рекомендується встановлювати на шнекі. Наприклад робоча частота на шнекі змішувача фірми «Nauta», була 100 об/хв.

4 Дослідження процесу змішування в планетарно-шнекових змішувачах з додатковими розподільними елементами

4.1 Теорія змішування

Змішування є базовою операцією багатьох технологічних процесів. Як протилежна поділу операція, змішування має на увазі цілеспрямоване об'єднання як мінімум двох відмінних один від одного матеріалів в якомога більш однорідну суміш. В даній роботі досліджується процес змішування сипких матеріалів. Матеріали можуть відрізнятися і по агрегатному стані - бути газоподібними, рідкими, твердими. Змішування є процесом, що відбувається в часі. Якість суміші визначається шляхом відбору проб і їх аналітичної оцінки. При цьому слід враховувати, що можливе отримання оптимального стану суміші, яке при продовженні процесу змішування може згодом знову погіршитися. Види розподілу компонентів приведені на рис.4.1.

Ю.І. Макаров припускає [2], що процес змішування складається з наступних елементарних процесів: переміщення групи суміжних частинок з одного місця суміші в інше (процес конвективного змішування); поступовий перерозподіл частинок різних компонентів через свіжо отриманий кордон їх розділу (процес дифузійного змішування); зосередження частинок, що мають однакову масу, під дією гравітаційних або інерційних сил (процес сегрегації).

Велике значення мають співвідношення показників щільності і об'ємів часток сипких компонентів. Чим це співвідношення ближче до одиниці, тим швидше і легше відбувається процес змішування і досягається необхідний ступінь однорідності суміші. Також, чим менші розміри частинок і більш вирівняним є їх гранулометричний склад, тим легше отримати задану однорідність суміші. Якщо середні розміри часток одного компоненту значно відрізняються, то однорідну суміш отримати важко.

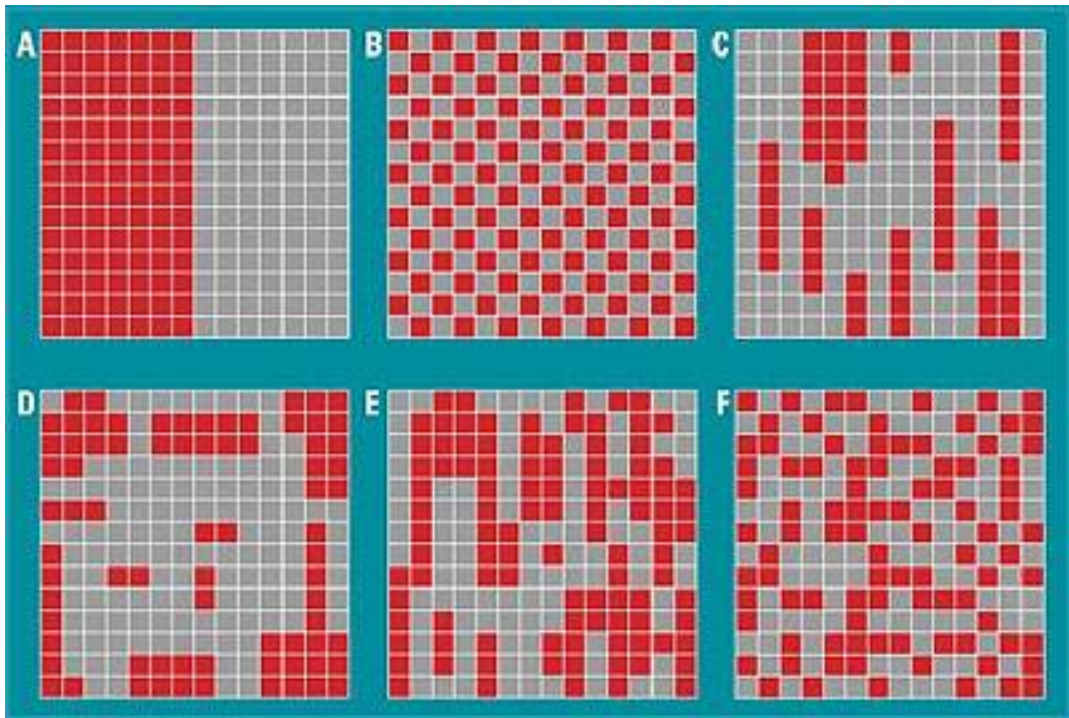


Рисунок 4.1 - Приклади змішаних станів

А: Повне розділення окремих компонентів, В: Ідеальна регулярно-розподілена суміш (недосяжна в реальності), С - Е: реальні стани неідеального змішання, F: реальна, гомогенна суміш (випадково розподілена суміш)

Ідеальний випадок повного змішування частинок двох компонентів представлений на рисунку (4.1 в). Всі проби, які узяті з повністю змішаного об'єму, повинні мати однаковий склад. Проте такого стану, як стверджують багато авторів, не можна досягти в результаті механічного змішування, а можна отримати тільки поперемінним укладанням частинок двох компонентів. Стан повного змішування, визначений статистично, є неупорядкованим станом. Це такий стан, при якому вірогідність знаходження частинки даного компоненту в довільній точці є постійна величина.

«Співвідношення компонентів» це відношення кількості меншого компоненту до більшого компоненту. Чим менше це співвідношення, тим швидше досягається заданий ступінь однорідності.

Відомо ряд способів змішування, що відрізняються умовами обробки змішуваних матеріалів в робочому об'ємі змішувача. Періодичний процес, коли цикл роботи передбачає час завантаження, змішування і вивантаження.

В безперервному процесі в апарат вводяться, в певному співвідношенні компоненти, і суміш безперервно з нього виводиться. Процес приготування сумішей в змішувачах, що безперервно діють, має відмітні особливості. Унаслідок порівняно невеликого часу перебування матеріалу в активній зоні змішування у змішувачів безперервної дії, в основному, переважає конвекційне змішування. Тому швидкість процесу змішування і якість кінцевого продукту залежить від конструктивних особливостей змішувача і характеру подачі в нього початкових матеріалів.

Змішувачі призначені для рівномірного розподілу компонентів. Для сипучих компонентів найкращим буде, як відмічено вище, регулярний розподіл (рис. 4.1 в). При регулярному розподілі частки повинні бути розташовані впорядковано, подібно чорним і білим клітинам на шахівниці. В принципі, такий розподіл можливо, але здійснити його практично, для великого числа частинок, важко.

Відомий також стохастичний розподіл, при якому окремі частинки компонентів розташовані випадковим чином (рис.4.1F). Розподіл близьке до стохастичного виходить, якщо компоненти змішати вручну. Цей спосіб відомий кожному з нас. Можливо, ви спостерігали, як перемішуються будівельні суміші: пісок з цементом, пісок зі щебенем і цементом, ці ж компоненти з водою і.т.д. Візуально, суміш стає однорідною, але якщо її розглянути під мікроскопом, то буде видно, що частинки розташовані безладно. При такому розташуванні теоретично може бути досягнута найкраща можлива для випадкового процесу однорідність суміші (рандомальний розподіл компонентів) (рис.4.1 F).

Близьке до такого розподілу стан може бути отримано в інтенсивних змішувачах. Практично досягти ідеального розподілу компонентів не вдається навіть при дуже довгому змішуванні, оскільки існує процес, який протидіє випадковому розподілу часток - сегрегація.

Сегрегація - це поділ компонентів. Вона може відбуватися з різних причин. Схильність до сегрегації в більшій чи меншій мірі характерна для будь-якої суміші [1], [2].

Схильність сипучих сумішей до сегрегації досліджена в роботі Вільямса і Хана [19]. У ній вказується, що основними причинами сегрегації можуть бути відмінності в розмірах, щільності, формі, шорсткості частинок і.т.д.

У змішувачі одночасно протікають два процеси: змішання і сегрегація. При тривалому перемішуванні між ними встановлюється рівновага. У будь-якому випадку, отримана однорідність суміші завжди буде гірше, ніж при рандомальному розподілі.

Одним з методів боротьби з сегрегацією є застосування рідкого зв'язуючого. Змішання пов'язаних компонентів не супроводжується сегрегацією і досягається однорідність суміші близька до рандомальної.

Іншим технологічним прийомом для зменшення сегрегації є гранулювання суміші. Цей метод застосовується, наприклад, в процесі приготування скляної шихти. В цьому випадку гранулювання проводиться методом пресування на валкових пресах (компактування). У виробництві пральних порошоків гранули одержують шляхом введення рідкого зв'язуючого в барабанних або тарілчастих грануляторах, а так само в лопатевих змішувачах.

Застосовуються різні методи дослідження розподілу компонентів у змішувачах. Найбільш простий з них - візуальне спостереження. Він полягає в тому, що сипучі компоненти, що відрізняються за зовнішнім виглядом, наприклад, за кольором розміром чи формою частинок, завантажуються в змішувач по черзі. Спочатку, між ними існує видима межа, потім, після включення змішувача, компоненти розподіляються в корпусі і суміш візуально стає однорідною. Якщо суміш схильна до сегрегації, то при тривалому змішуванні відбувається поділ компонентів. У деяких випадках це можна помітити, розглядаючи поверхню матеріалу.

Вищезгаданий метод відрізняється простотою і наочністю, проте, він суб'єктивний і не дозволяє чисельно оцінити однорідність розподілу. Крім того, розподіл компонентів можна спостерігати тільки на поверхні суміші або ще близько стінок корпусу, якщо вони виконані з прозорого матеріалу.

При проведенні наукових досліджень використовуються методи математичної статистики, що дозволяють чисельно оцінити однорідність суміші. З різних точок обсягу суміші відбираються проби, які називаються вибіркою. Найчастіше вивчають розподіл в суміші одного з компонентів, який називають ключовим. Зміст цього компонента в кожній з проб відібраних з суміші позначають x_i . Інші компоненти суміші називають основними. Більшість дослідників оцінюють рівномірність розподілу компонентів в суміші коефіцієнтом неоднорідності

$$V_c = \frac{100 \cdot S_u}{\bar{x}} \quad (4.1)$$

де: S_u – виправлене вибіркоче середньоквадратичне відхилення концентрації ключового компонента в пробах вибірки;

\bar{x} - середнє арифметичне значення масової частки ключового компонента в пробах вибірки.

Виправлена вибіркова дисперсія S_u^2 є оцінкою за кількома пробами.

Дисперсію рандомального розподілу S_R^2 для двокомпонентної суміші можна розрахувати за формулою Штанге [7]

$$S_R^2 = \frac{c_p \cdot c_q}{G} \cdot [c_p \cdot \bar{\gamma}_q \cdot (1 - V_g^2) + c_q \cdot \bar{\gamma}_p \cdot (1 - V_p^2)] \quad (4.2)$$

де: G - маса проби, г;

c_p, c_q - масові частки ключового і основного компонента в суміші;

γ_p, γ_q середні маси частинок ключового і основного компонентів в суміші, г;

V_p, V_q - коефіцієнти варіації розподілу часток ключового і основного компонентів по масам.

На рис. 4.2 показана типова крива зміни вибіркової змінної дисперсії S_u^2 під час змішування. Вибіркова дисперсія є оцінкою генеральної дисперсії S^2 .

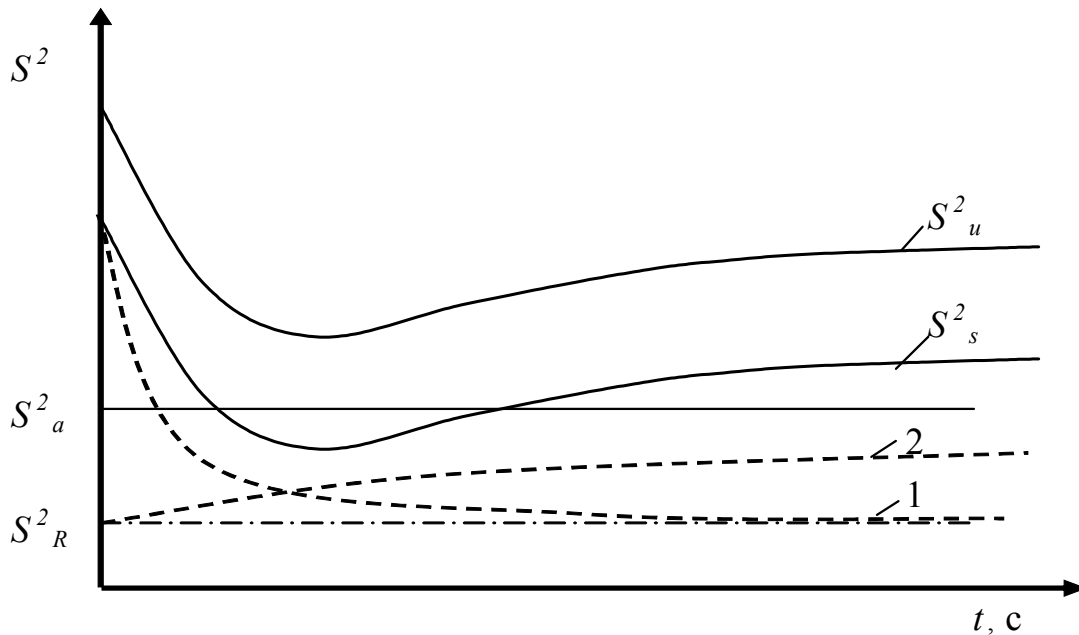


Рисунок 4.2 - Зміна дисперсії розподілу ключового компонента при змішуванні

Генеральна дисперсія - це величина, яка була б отримана при аналізі всього обсягу сипучого матеріалу, після поділу його на проби, при цьому трудомісткість аналізу проб була б величезною.

$$S_u^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}, \quad (4.3)$$

де: x_i - масова частка ключового компонента в i -ой пробі;

n - кількість проб у вибірці.

S^2 , а, отже S_u^2 , є сумою декількох дисперсій [1]

$$S_u^2 = S_s^2 + S_a^2 + S_R^2, \quad (4.4)$$

де: S_s^2 - дисперсія, викликана недосконалим розподілом ключового компонента в змішувачі;

S_a^2 - дисперсія аналізу, викликана похибкою визначення змісту ключового компонента в пробах;

S_R^2 - дисперсія при рандомальному (ідеальному випадковому) розподілі часток компонентів у змішувачі.

Обидві ці величини можуть бути визначені теоретично. Дисперсії аналізу і рандомального розподілу ніяк не характеризують ефективність роботи змішувача.

S_a^2 може бути отримана за допомогою статистичної обробки залежних вибірок [1].

$$S_a^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\delta x_i - \bar{\delta x}_i)^2}{n-1}, \quad (4.5)$$

де: δx_i - різниця між значеннями масової частки ключового компонента в відповідних пробах залежних вибірок;

$\bar{\delta x}_i$ - середня різниця масових часток ключового компонента в відповідних пробах залежних вибірок;

n - кількість пар залежних проб в кожній вибірці.

Зазвичай з кожної точки відбору проб береться дві залежних проби. В цьому випадку:

$$\delta x_i = x_{i1} - x_{i2}$$

$$\bar{\delta x} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{i1} - x_{i2})}{n}, \quad (4.6)$$

де: x_{i1}, x_{i2} - масові частки ключового компонента в відповідних пробах першої і другої залежних вибірок.

При визначенні концентрацій ключового компонента в залежних вибірках необхідно, щоб лаборанту, який виконує аналіз, не було відомо, які саме проби відібрані з однакових точок змішувача, інакше (спостерігається психологічний ефект) проявляється тенденція до зменшення різниці

концентрацій між ними. Можна, наприклад, змінити номери проб, по якій ні будь системі. Потім при підрахунку S_a^2 відновити колишній порядок.

Крива S_u^2 показує значення дисперсії, отримані шляхом статистичної обробки проб вибірки

Крива S_s^2 показує справжні значення дисперсії. Ці значення були б отримані при абсолютно точному визначенні змісту ключового компонента в пробах.

Процес розподілу компонентів, що характеризується зміною S_s^2 , є сумою двох одночасно протікаючих процесів: 1 - розподілу компонентів в корпусі змішувача і 2 - сегрегації компонентів (рис. 4.2).

При досить тривалому змішуванні могло б бути досягнуто ідеальне випадкове (рандомальне) розподілення компонентів - S_R^2 , але в більшості випадків воно не досягається, так як відбувається і сегрегація.

Сегрегація характерна для незв'язних сипких матеріалів. Основними факторами, що впливають на сегрегацію компонентів, різні автори називають різницю розмірів частинок, різниця щільності та інші. Процеси розподілу компонентів і сегрегації залежать від конструкції змішувача і від способу його завантаження.

На підставі вище викладеного впливає, що коефіцієнт неоднорідності V_c (4.1.) не містить інформації про те, чому компоненти розподілені неоднорідно, може бути змішання не доведена до кінця, а може бути, сталася сегрегація компонентів в будь-якому напрямку. Його застосування виправдане, якщо потрібна тільки порівняти ефективність процесів змішання для композицій однакового складу. В цьому випадку, для коректного порівняння, з змішувачів повинні відбиратися проби однієї маси, а аналіз змісту ключового компонента в пробах повинен проводитися за однаковою методикою. Корисно так само підрахувати теоретично однорідність суміші при рандомальному розподілі і визначити похибка аналізу, для того, щоб

переконалися, що ці величини не мають істотного впливу на отримані результати.

Однак якщо потрібно вивчити розподіл компонентів в корпусі змішувача, визначити напрямок, в якому відбувається сегрегація, вказати заходи, щодо вдосконалення конструкції змішувача, то доцільно застосування методів математичної статистики. Хороші результати дає застосування методів дисперсійного аналізу і порівняння вибіркового середнього [8].

Якщо один з них міститься в малій кількості (менше 1%), змішування ускладнюється. Можливо залягання цього компонента в нерухомих зонах, наприклад, в зазорі між корпусом і ротором або налипання у верхній частині корпусу. Щоб досягти надійного розподілу компонента, що міститься в малій кількості, готують концентрат. Тобто, спочатку готують суміш компонента, що міститься в малій кількості в співвідношенні до основного, наприклад 1:10, потім вже цей концентрат розмішується. Змішання компонентів із застосуванням концентрату може бути виконано, в необхідних випадках, в кілька стадій.

Слід мати на увазі, що в тому випадку, коли вимірювана дисперсія S_u^2 близька до $S_a^2 + S_R^2$, важко судити про те наскільки однорідна суміш в дійсності. На виробництві ця обставина часто не враховується, тому змішання триває значно довше, ніж потрібно для досягнення необхідної однорідності або бракується досить однорідна партія продукту. Дуже довгий час змішання іноді призводить до погіршення суміші через прояви сегрегації.

На підставі вище викладеного впливає, що коефіцієнт неоднорідності V_c (4.1) не містить інформації про те, чому компоненти розподілені неоднорідно, може бути змішання не доведена до кінця, а може бути, сталася сегрегація компонентів в будь-якому напрямку. змісту ключового компонента в пробах повинен проводитися за однаковою методикою. Корисно так само підрахувати теоретично однорідність суміші при рандомальному розподілі і визначити похибка аналізу, для того, щоб

переконалися, що ці величини не мають істотного впливу на отримані результати.

Однак якщо потрібно вивчити розподіл компонентів в корпусі змішувача, визначити напрямок, в якому відбувається сегрегація, вказати заходи, щодо вдосконалення конструкції змішувача, то доцільно застосування методів математичної статистики. Хороші результати дає застосування методів дисперсійного аналізу і порівняння вибірових середніх [8].

Певну складність представляє змішання компонентів, коли один з них міститься в малій кількості (менше 1%). В такому випадку можливо залягання цього компонента в мертвих зонах, наприклад, в зазорі між корпусом і ротором або налипання у верхній частині корпусу. Щоб досягти надійного розподілу компонента, що міститься в малій кількості, готують концентрат. Тобто, спочатку готують суміш компонента, що міститься в малій кількості в співвідношенні до основного, наприклад 1:10, потім вже цей концентрат розмішується. Змішання компонентів із застосуванням концентрату може бути виконано, в необхідних випадках, в кілька стадій.

4.2 Приклад обробки експериментальних даних вибірки

Нижче приведено методику обробки результатів змішання піску і чавунонь тирси, отримані в змішувачі ПШ-24 через 12 обертів водила (360 секунд змішування).

Відповідно до номерів проб (див. рис.4.3.1) були визначені наступні вагові концентрації ключового компонента (металевої тирси) в пробах вибірки.

№№ проб					Концентрація ключового компонента в відповідних пробах, $x_i\%$				
1	2	3	4	5	5,295	5,554	5,199	5,087	5,209
10	9	8	7	6	5,224	5,248	5,163	5,481	5,164
11	12	13	14	15	5,552	5,506	5,370	5,198	5,430

Розраховуємо середню концентрацію ключового компонента у всіх 15 пробах вибірки (середнє вибіркоче)

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (4.7)$$

де: x_i – концентрація ключового компонента в i -ої пробі, %;

n – число проб у вибірці.

$$\bar{x}_i = \frac{75,8}{15} = 5,312 \quad \%$$

Сума квадратів різниць

$$S^2(x) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (4.8)$$

$$S^2(x) = 0,343$$

Виправлена вибіркоче дисперсія

$$D(x) = \frac{S^2(x)}{n-1} \quad (4.9)$$

$$D(x) = \frac{0,343}{14} = 0,025$$

Коефіцієнт неоднорідності суміші

$$Vc(x) = \frac{100 \cdot \sqrt{D(x)}}{\bar{x}} \quad (4.10)$$

$$Vc(x) = \frac{100 \cdot 0,15}{5,312} = 2,947 \%$$

Виробляємо порівняння двох вибіркових середніх верхнього і нижнього шарів \bar{x}_e и \bar{x}_n [8, с.297-303]. Число проб в групах $n_b = n_n = 5$.

$$\bar{x}_e = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{ei}}{5}; \quad (4.11)$$

$$\bar{x}_e = \frac{26,4}{5} = 5,269 \%$$

$$\bar{x}_n = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{ni}}{5}. \quad (4.12)$$

$$\bar{x}_n = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{ni}}{5} = 5,441 \%$$

Визначимо виправлені вибіркові дисперсії верхньої і нижньої груп

$$D_e = \frac{\sum_{i=1}^{n_e} (x_{ei} - \bar{x}_e)^2}{n_e - 1}; \quad (4.13)$$

$$D_e = \frac{0,12}{4} = 0,0309$$

$$D_n = \frac{\sum_{i=1}^{n_n} (x_{ni} - \bar{x}_n)^2}{n_n - 1}; \quad (4.14)$$

$$D_n = \frac{0,077}{4} = 0,0191$$

де: n_e и n_n кількість проб у верхній і нижній вибірках.

Для коректного порівняння \bar{x}_e і \bar{x}_n необхідно провести перевірку однорідності дисперсій D_e і D_n . Підраховуємо відношення більшої з порівнюваних дисперсій до меншої (критерій Фішера-Снедекора).

$$F = \frac{D_{\text{большая}}}{D_{\text{меньшая}}}. \quad (4.15)$$

$$F = \frac{0,0309}{0,0191} = 1,63$$

Критичне значення критерію $F_{кр}$ визначаємо по [8, додаток 7].

При $\alpha = 0,01$ (α - рівень значності [8, с. 35-36, 282]); число ступенів свободи більшої дисперсії $k_1 = n_{\epsilon} - 1 = 4$, меншою $k_2 = n_H - 1 = 4$. $F_{кр} = 15,98$.

$F < F_{кр}$, отже, дисперсії однорідні.

При рівні значності $\alpha = 0,01$ перевірити нульову гіпотезу $H_0: \bar{x}_{\epsilon} = \bar{x}_H$.

Підраховуємо значення критерію Стьюдента

$$Z = \frac{|\bar{x}_{\epsilon} - \bar{x}_H|}{\sqrt{\frac{D_H}{n_H} + \frac{D_B}{n_B}}} \quad (4.16)$$

$$Z = \frac{|5,269 - 5,441|}{\sqrt{\frac{0,0309}{5} + \frac{0,0191}{5}}} = 1,424$$

Конкуруюча гіпотеза $H_1: \bar{x}_{\epsilon} \neq \bar{x}_H$, критична область двостороння.

Знайдемо праву критичну точку, для чого спочатку підраховуємо функцію Лапласа

$$\Phi(Z_{кр}) = \frac{1 - \alpha}{2} = \frac{1 - 0,01}{2} = 0,49$$

По таблиці функції Лапласа [6, додаток 2] визначаємо $Z_{кр} = 2,34$.

$|Z| < Z_{кр}$ - вибіркові середні різняться незначно, $\bar{x}_{\epsilon} = \bar{x}_H$.

Виробляємо порівняння середніх для п'яти груп, розташованих по вертикали корпусу методом дисперсійного аналізу. [8, с.349-362].

Розбиваємо вибірку з 15 проб на п'ять груп, по 3 проби в кожній розташованих паралельно осі корпусу:

1J (x_1, x_6, x_{11}); 2J (x_2, x_7, x_{12}); 3J (x_3, x_8, x_{13});

4J (x_4, x_9, x_{14}); 5J (x_5, x_{10}, x_{15}).

1J (5,295; 5,224; 5,552); 2J (5,554; 5,248; 5,506); 3J (5,199; 5,163; 5,370);

4J (5,087; 5,481; 5,198); 5J (5,209; 5,164; 5,403).

Підраховуємо середні значення концентрацій ключового компонента для груп.

$$\bar{x}_{kJ} = \frac{\sum_{i=1}^3 x_{ikJ}}{3}, \quad (4.17)$$

де номери груп $j \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$.

$\bar{x}_{1J} = 5,357$; $\bar{x}_{2J} = 5,436$; $\bar{x}_{3J} = 5,244$; $\bar{x}_{4J} = 5,255$; $\bar{x}_{5J} = 5,268$.

Для коректного порівняння середніх цим методом потрібно, щоб виправлені групові дисперсії були однорідні.

$$D_{kJ} = \frac{\sum_{i=1}^3 (x_{ikJ} - \bar{x}_{kJ})^2}{3-1}. \quad (4.18)$$

$D_{1J} = 0,029$ $D_{2J} = 0,027$; $D_{3J} = 0,024$; $D_{4J} = 0,041$; $D_{5J} = 0,020$.

Проведемо перевірку однорідності дисперсій за критерієм Кочрена

$$G = \frac{D_{J\max}}{\sum_{k=1}^5 D_{kJ}} = \frac{0,041}{0,13} = 0,21. \quad (4.19)$$

Критичне значення критерію Кочрена для рівня значущості $\alpha=0,01$; $l=5$; $k=3-1=2$. [8, додаток 8]

$$G_{кр} = 0,7885;$$

$G < G_{кр}$, групові дисперсії однорідні.

Обчислюємо факторну дисперсію [8, с.351-355]

$$D_{\phi} = \frac{i \cdot \sum_{k=1}^5 (\bar{x}_{kJ} - \bar{x})^2}{J-1} = 0,041, \quad (4.20)$$

де: i - кількість проб в кожній групі ($i = 3$).

Залишкова дисперсія

$$D_o = \frac{\sum_{k=1}^5 \sum_{i=1}^3 (x_{ikJ} - \bar{x}_{kJ})^2}{(k-1) \cdot i} = 0,021; \quad (4.21)$$

де: x_{ikJ} – концентрація ключового компонента в i - ой пробі kJ -ой групи;

\bar{x}_{kJ} - середня концентрація ключового компонента в kJ -ой групі.

Підрахуємо критерій Фішера-Снедекора

$$F = \frac{D_{\phi}}{D_o} = \frac{0,041}{0,021} = 1,87.$$

Критичне значення критерію Фішера-Снедекора [8, додаток 7] (при $\alpha=0,01$; число ступенів свободи чисельника $k_1=4$; а знаменника $k_2=10$)

$$F_{кр} = 5,99$$

$F < F_{кр}$ - групі середні відрізняються незначно.

4.3 Результати експериментів по змішуванню сухого піску Сєверодонецького кар'єру з чавунною тирсою

Були проведені експерименти в ході котрих через визначений проміжок часу відбиралися проби по схемі зображеної на рис. 4.3.

Результати змірення коефіцієнта неоднорідності приведено на рис.4.4.

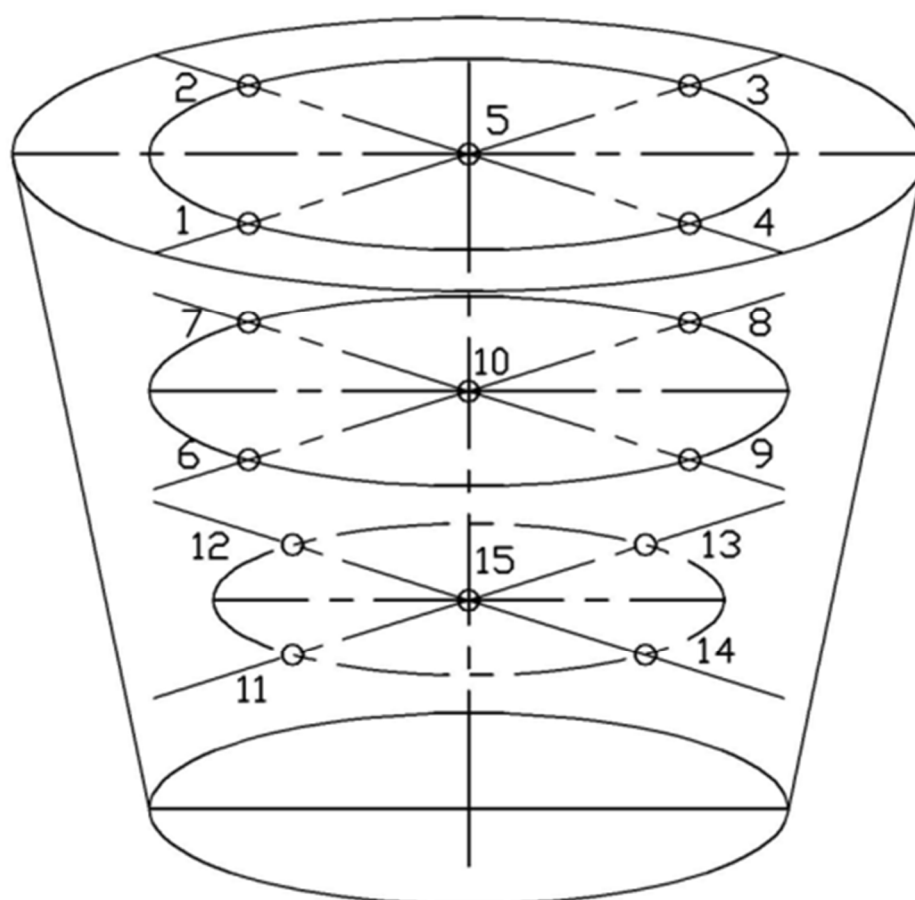


Рисунок 4.3 - Схема відбору проб з корпуса змішувача

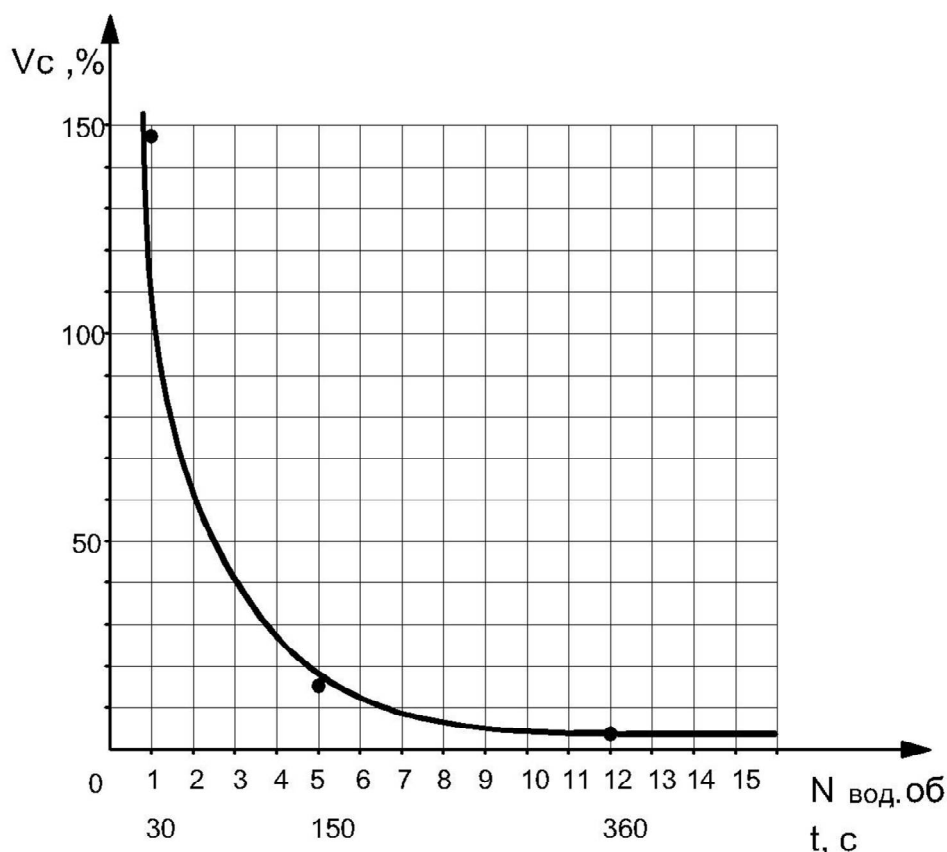


Рисунок 4.4 - Зміна V_c в залежності від часу змішування

Аналіз результатів приводить до висновку, що найбільш повільне розподіл компонентів в планетарно-шнекових змішувачах відбувається в перетинах перпендикулярних осі корпусу. Якщо водило не рухається у змішуванні приймає участь лише одна третина продукту. Інтенсивна циркуляція здійснюється лише в площині над шнеком, та в воронці, яка з'являється в районі зони циркуляції.

Якщо водило здійснює рух, то розподіл близький до рандомального досягається через 12 обертів водила ($V_c \approx 3,0\%$).

4.4 Візуальна оцінка розподілу компонентів

Окрім аналізу складу ключового компонента в пробах проводилось також візуальне спостереження розподілу компонентів при змішуванні поліетиленових гранул з піском (рис 4.5).

Спостерігалася сегрегація компонентів.

На рисунку 4.5 спостерегається поверхня матеріалу після 6 обертів водила. Згідно рисунку можна "на око" побачити - що гранули збились в невелику купу в середині поверхні. Це є проявлення сегрегації. Дана суміш має схильність до сегрегації. Після проведення лабораторних дослідів було встановлено що продовження обертання шнеку являється економічно не вигідним та не дає таких результатів як на початок дослідів. Було встановлено що оптимальним для даної конструкції є шість - сім обертів водила.



Рисунок 4.5 - Змішування без додаткового розподільного елемента після 6 обертів водила

Після того були встановлені додаткові робочі елементи – лопасті на водили (рис. 4.6.).

На рисунку 4.7 видно як додатковий розподільний елемент усунув проблему сегрегації з гранулами які збивалися до купи в середній частині поверхні матеріалу. Тобто доповнюючі змішувальні елементи запобігають сегрегації компонентів.



Рисунок 4.6 - Додатковий розподільний елемент



Рисунок 4.7 - Розподілення компонентів в змішувачі з двома додатковими розподільними елементами після 4 обертів водила

Якщо прийняти, що розподіл поліетиленових гранул здійснюється в змішувачі без додаткових елементів за 6 обертів водила, а в змішувачі з додатковими елементами за 4 оберта, то швидкість змішування прискорюється приблизно на 30%. Тобто в застосуванні додаткових елементів є сенс.

5 Рекомендації до конструювання планетарно-шнекових змішувачів

В даної конструкції проблемним вузлом є нижня опора шнека. В підшипники опори часто потрапляють матеріали що змішуються. Нижня опора працює надійно далеко не для всіх матеріалів. Радикальним вирішенням цієї проблеми є застосування консольного шнека, закріпленого на водили. Нижньої опори у шнека в цьому випадку немає, а все осьові і радіальні навантаження сприймає верхня опора шнека і водило. Така конструкція застосовується на змішувачах невеликого розміру. Змішувач ПШ-1 має саме таку конструкцію. Змішувачі фірми "Nauta" виконуються з консольними шнеками при обсязі корпусу до 3 м³.

Кут нахилу твірної корпусу до його осі рекомендується приймати рівним 17 °. Саме такий кут має переважна більшість корпусів змішувачів ПШ.

Кут підйому витків шнека рекомендується приймати не більш 17°.

В одній з конструкцій планетарно-шнекового змішувача був застосований шнек з великим кутом підйому гвинтової лінії. Це призвело до заклинювання ротора при завантаженні корпусу приблизно до половини його висоти. Після заміни вищезгаданого шнека на інший, з меншим кутом підйому гвинтової лінії, проблема зникла.

Зниження металоємності конструкції можливо за рахунок виготовлення суцільнозварних корпусів. Фірма "Nauta" випускає змішувачі з такими корпусами. Звичайно, виникають деякі незручності при установці водила і шнека. Доводиться монтувати водило і шнек через верхній люк, на кришці робляться додаткові монтажні штуцери, але ці складності компенсуються зниженням металоємності машини, зменшенням габаритних розмірів і, як наслідок, собівартості. Як показала практика обслуговування цих змішувачів, демонтаж і монтаж водила і шнека під час ремонту все одно простіше здійснювати без розбирання фланця що з'єднує кришку і корпус. Саме так вони і виробляються практично.

Розвантаження змішувача виконується в нижній частині корпусу, де зазвичай встановлюється клапан. Він призначений для повного вивантаження змішувача. Часткове розвантаження змішувача вимагає застосування затвора іншої конструкції, наприклад шиберного [20].

Іноді виникає необхідність подрібнення агрегатів, що утворюються при змішуванні. У цьому випадку застосовуються подрібнюючі головки, що представляють собою швидкохідні обертові елементи, зазвичай безпосередньо з'єднані з ротором електродвигуна.

На основі із учення конструкцій ведучих фірм можливо дати слідуючи рекомендації по конструкції планетарно – шнекових змішувачів.

Частоту обертання шнеків рекомендується приймати 50-100 об/хв.

Відношення частоти обертання водила до частоти обертання шнека $1/30$.

Діаметр шнека рекомендується приймати примірно $1/7$ от його довжини, на яку він занурений в сипкий матеріал.

Є змішувачі як з одним двигуном и приводом на шнек и водило за допомогою спеціального редуктора, так и з окремими двигунами и стандартними редукторами на шнек і водило. Другий варіант є, на думку спеціалістів С.ф.НДІхиммаша, більш вигідним економічно та більш надійним.

Було також отримано авторське свідоцтво на привод водила з обмеженим крутильним моментом [21].

6 Розробка типорозмірного ряду планетарно-шнекових змішувачів

Потреба в планетарно-шнекових змішувачах встановлена на підставі досвіду їх випуску. Робочі об'єми змішувачів прийнято вибирати виходячи з аналізу замовлень користувачів хімічних апаратів. Робочі об'єми (обсяги суміші що завантажується) призначаються для кожного технологічного процесу, виходячи з фізико-механічних характеристик матеріалів. Мають значення насипна маса, коефіцієнт внутрішнього тертя, розмір часток та інше.

На підставі аналізу замовлень планетарно-шнекових змішувачів для сипучих матеріалів на фірмі «Shengli» (Китай) пропонується розробка наступного ряду змішувачів з додатковими робочими елементами:

Таблиця 6.1 - Технічні характеристики планетарно-шнекових змішувачів

Тип змішувача	Повний обсяг корпусу, літрів	Обсяг замісу (літрів / цикл) V_n	Коеф. завантаження	Потужн. приводу	Габарити (Ø x В)	Маса (кг)
ПШ-250	250	до 150	0,6	2,2 кВт	Ø 950x1800	600
ПШ -500	500	до 300	0,6	4,0 кВт	Ø 1200x2300	830
ПШ -1000	1000	до 600	0,6	5,5 кВт	Ø 1460x2700	1550
ПШ -2000	2000	до 1200	0,6	7,5 кВт	Ø 1920x3650	1800
ПШ -3000	3000	до 1800	0,6	11 кВт	Ø 2180x3800	2250
ПШ -5000	5000	до 3000	0,6	18 кВт	Ø 2680x4560	3400
ПШ -10000	10000	до 6000	0,6	22 кВт	Ø 3100x5460	6000
ПШ -15000	15000	до 9000	0,6	30 кВт	Ø 3500x7600	9000

Таблиця 6.2 - Пропоновані виконання змішувачів

1	Корозійностійке (12Х18Н10Т)
2	Некорозійностійке (Ст 3)
3	Вибухозахищене
4	Невибухозахищене
5	Періодичної дії
6	Приводи з регульованою частотою обертання шнека (sem-eurodrive.ua (produkt))
7	Приводи з нерегульованою частотою обертання шнека (elektronpo.ru/production))
8	З сорочкою
9	Без сорочки
10	Розвантаження через клапанний затвор
11	Розвантаження через шиберний затвор

Можливі інші виконання змішувача в залежності від вимог замовника

Приклад позначення змішувача планетарно-шнекового з номінальним об'ємом корпусу 15 м³, з корпусом, шнеком та водилом зі сталі 12Х18Н10Т, не вибухозахищене виконання, періодичної дії, з нерегульованою частотою обертання водила і шнека, без сорочки, з розвантаженням через клапанний затвор:

ПШ-15000-1/4/5/7/9/10.

7 Економічна оцінка ефективності випуску змішувачів

Одним з важливих узагальнюючих якісних показників ефективності виробництва є собівартість. Вона формується безпосередньо на підприємстві і відображає індивідуальні витрати і умови виробництва. Це один, що дозволяє здійснювати контроль над витратами і оцінювати результати господарської діяльності підприємства.

В умовах ринкових відносин необхідно переконатися в тому, що випуск продукції дасть економічний ефект. Тому слід визначити потребу в даній продукції для передбачуваного ринку збуту, розробити раціональну номенклатуру виробів (типорозмірного ряду), застосовуючи при цьому принципи стандартизації і уніфікації, оцінити собівартість виробів, оцінити вартість виробів на передбачуваному ринку, оцінити очікуваний прибуток, зробити висновок про доцільність організації серійного випуску даних виробів.

Слід прагнути до серійного випуску виробів, оскільки собівартість одиничних зразків обходиться на порядок дорожче.

Зниження собівартості продукції є одним з вирішальних джерел збільшення накопичень для розширення виробництва та заробітної плати. Бухгалтерський облік і калькулювання собівартості продукції в процесі управління собівартістю підприємства грає значущу роль. Здійснення економії коштів передбачає організацію обґрунтованого, повного, достовірного і своєчасного обліку виробничих витрат.

Загальні правила формування в бухгалтерському обліку інформації про витрати підприємства та її розкриття у фінансовій звітності встановлено в

П(С) БО 16 (Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 16 "Витрати").

Найбільший вплив на калькулювання і облік витрат на підприємстві надає система внутрішнього обліку і звітності, оскільки в обліку витрат формується основна інформація для повсякденних потреб управління. Пояснюється це тим, що правильна постановка обліку витрат на виробництві багато в чому залежить від особливостей діяльності кожного підприємства.

Використаються методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) в різних галузях визначають безпосередньо (методологію) порядок калькулювання собівартості продукції. У них враховані галузеві особливості включення витрат до складу собівартості продукції, які обумовлені технологічним процесом виробництва конкретної галузі.

На підставі галузевого документа з формування собівартості [8] робиться розрахунок собівартості змішувача.

Під виробничою собівартістю продукції (робіт, послуг) розуміють виражені в грошовій формі поточні витрати підприємства на її виробництво.

У плануванні, обліку і аналізі собівартості окремих видів продукції виділяють такі показники, як планова, нормативна та фактична (звітна) собівартість.

Калькуляція - це частина процесу калькулювання, спосіб розрахунку (сукупність розрахункових процедур) собівартості одиниці продукції. За допомогою калькуляції визначається собівартість різних об'єктів обліку, тому вона є основою грошової оцінки об'єктів бухгалтерського обліку.

Під калькулюванням собівартості продукції розуміється сукупність прийомів і способів, що забезпечують обчислення собівартості виробленої продукції, виконаних робіт або наданих послуг.

Витрата електродів узята [11 таблиця 4 стр.3].

Витрата матеріалів згідно конструкції змішувача DSH 15000 [20].

Ціни на матеріали моніторинг Українського ринку Інтернет ресурсу.

Склавши калькуляцію собівартості змішувача (Табл. 7.1) можемо зробити висновок, що дохід від продажу складе орієнтовно 300000 грн. Для підвищення конкурентоспроможності змішувачів необхідне зниження їх матеріалоемності, особливо корозійностійких сталей, спрощення конструкції та підвищення ефективності змішування, наприклад, застосування додаткових змішувальних елементів, або другого шнеку.

Таблица 7.1 Вихідні дані для калькуляції собівартості змішувача ПШ -15000

№ п/п	Статья затрат	ЕИ	Стоимость грн
1	Материалы основные, в том числе покупные изделия	прямые затраты	
	Лист 12X18Н10Т		594000
	Лист Ст3		31020
	Электроды для 12X18Н10Т		29962
	Электроды для Ст3		1498
	Мотор-редуктор ЗМП-100-7,1-3		60000
	Мотор-редуктор МПО1М-10-В-5,74-3/250-АИР100S-У3		19125
	Электродвигатель АИР100S-У3	3112	
	Электродвигатель АИР100S4	3112	
	Система управления (шкаф, пускатели итд)		6224
Итого		741829	
2	Транспортно-заготовительные расходы	масса аппарата кг х на 1 грн	9635
3	Топливо, энергия (технологические)	масса аппарата х на 1 грн	9635
4	Основная заработная плата	стоимость нормо-часа	89997
5	Дополнительная заработная плата	20 % от п. 4	17999
6	Отчисления в фонды	34,2 % от (п. 4 + п. 5)	36935
7	Расходы на содержание оборудования и износ инструмента	40 % от (п. 4 + п. 5)	43199
8	Цеховые расходы	30 % от (п. 4 + п. 5)	32399
9	Общезаводские расходы	10 % от (п. 4 + п. 5)	10800
10	Производственная себестоимость	п. 1 + п. 2 + п. 3 + п. 4 + п. 5 + п. 6 + п. 7 + п. 8 + п. 9	992427
11	Внепроизводственные расходы	15 % от п. 10	148864,07
12	Итого производственная себестоимость	п. 10 + п. 11	1141291
13	Плановые накопления	10 % от п. 12	114129
14	Оптовая цена	п. 12 + п. 13 + НДС 18 %	1481396

8 Техніка безпеки при роботі в лабораторії

До роботи з електроприладами допускаються особи, що інструктовані, пройшли навчання і перевірку знань по питаннях охорони праці і що мають групу по електробезпеці не нижче 2.

Студенти, що беруть участь в НІРС, допускаються до виконання робіт в присутності і під безпосереднім керівництвом викладача, ведучого НДРС.

Забороняється працювати в лабораторії в нетверезому стані вживати алкогольні напої, наркотичні і токсичні речовини під час роботи і після закінчення роботи на території інституту.

Спецодяг і інші засоби індивідуального захисту повинні зберігатися в спеціально відведеному місці. Забороняється знаходитися в лабораторії у верхньому одязі і класти одяг на випробувальні установки, прилади і т.д.

При роботі в лабораторії необхідно дотримувати правила гігієни. Забороняється приймати їжу на робочому місці.

У лабораторії має бути аптечка для надання першої допомоги при порізі, опіку і інших нещасних випадках.

Для гасіння можливих займань і пожеж лабораторія має бути оснащена необхідними засобами пожежогасіння (вогнегасник, ящик з піском).

8.1 Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи мають бути перевірені з'єднання з контуром захисного заземлення, справність електроприладів, інструменту, автоматичних вимикачів, розеток, вилок, освітлення, а також наявність первинних засобів пожежогасіння.

Заземлюючі контакти розеток мають бути надійно з контуром захисного заземлення.

Перед початком роботи переконатися в тому, що всі електроприлади, використовувані в експерименті, правильно підключені і надійно заземлені.

При експлуатації електроприладів необхідно керуватися правилами, викладеними в технічному паспорті.

При виявленні несправностей електроприладів, стендів, захисного заземлення повідомити про це науковому керівникові лабораторії, або зав. Лабораторією

8.2 Вимоги безпеки під час виконання робіт

Дозволяється працювати тільки зі справними електроприладами.

При роботі з електроприладами можливі випадки ураження людей електричним струмом. Причинами цього можуть бути:

- одночасний дотик руками або металевим предметом до корпусу електроприладів і оголених проводів;
- робота з несправними електроприладами;
- порушення правил користування електроприладами.

Забороняється працювати з електроприладами і вимірювальними приладами при знятому кожусі.

Забороняється висмикувати штепсельні роз'єми, вилки і фішки, узявшись за провід. Відключення проводити тільки узявшись за роз'єм, вилку або фішку, щоб уникнути короткого замикання і можливого при цьому нещасного випадку (опіку).

Забороняється працювати з електроприладами у вогкому одязі, вогкими руками, перекривати вентиляційні отвори, якщо вони є на приладах.

Куріння в лабораторії заборонене.

Забороняється залишати без спостереження, ремонтувати і переносити включені в мережу електроприлади.

Забороняється підключати декілька споживачів електроенергії до однієї штепсельної розетки.

Забороняється заміна згорілих запобіжників «жучками». Необхідно застосовувати запобіжники заводського виготовлення, що калібруються.

Забороняється захаращувати підступи до електричних пристроїв (шафам, автоматичним вимикачам, розеткам), а також відкривати їх.

При раптовому припиненні подачі електроенергії всі вимикачі і рубильники мають бути негайно вимкнені.

Не допускається залишати неізольованими оголені проводи, перевантажувати електромережу, користуватися розбитими вилками, розетками і вимикачами.

Електроприлади мають бути розташовані на відстані не менше 1 м від нагрівальних приладів і не повинні піддаватися дії прямих сонячних променів

Робоче місце утримувати в сухому і чистому стані, не допускати запиленої електроприладів, вимірювальних приладів, стендів.

Забороняється проводити очистку від пилу і включених в мережу 220V електроприладів, вимірювальних приладів, стендів.

При виявленні несправностей електроприладів, вимірювальних приладів, стендів, за відсутності їх заземлення, а також при появі іскріння або характерного запаху перегрітої ізоляції, негайно знеструмити їх. Повідомити про це науковому керівникові лабораторії або його заступникові.

Приступати до роботи дозволяється тільки після усунення відмічених несправностей електроприладів, вимірювальних приладів і стендів.

При проведенні профілактичних і ремонтних робіт дозволяється використовувати ізопропиловий або етиловий спирт.

Дозволяється зберігати запас легкозаймистих рідин, що не перевищує 0,5 літра. Зберігання запасу дозволяється в тарі, що не згоряє, з щільно закритою кришкою.

8.3 Вимоги безпеки після закінчення роботи

Після закінчення роботи вимкнути електроприлади, вимірювальні прилади, стенди.

Вимкнути всі автоматичні вимикачі, відключити використовувані подовжувачі мережі 220 V.

Привести в порядок робоче місце, прибравши пил, що з'явилися, і сміття.

При відході з приміщення лабораторії необхідно вимкнути всі споживачі електроенергії.

При виявлених під час роботи і неполадках електроприладів повідомити наукового керівника лабораторії або його заступника

8.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

При роботі з електроприладами і вимірювальними приладами в лабораторії можливі наступні аварійні ситуації:

- загоряння горючих матеріалів;
- ураження електричним струмом.

Джерелами спалаху в лабораторії можуть бути вузли приладів, пристроїв електроживлення, електропаяльники, де різних порушень перегріваються електронні компоненти схем, проводи, утворюються електричні іскри і дуги, здатні загоряння горючих матеріалів.

Співробітники і викладачі, що користуються електроприладами в лабораторії, зобов'язані знати розташування засобів пожежогасінні і уміти ними користуватися.

При пожежі:

- негайно знеструмити всі електроприлади спільним автоматичним вимикачем;
- негайно евакуювати в безпечне місце людей що були ушкоджені;
- повідомити за телефоном 101 в пожежну команду;
- видалити в безпечне місце непошкоджені електроприлади;
- приступити до гасіння пожежі первинними засобами пожежогасінні;
- повідомити керівництво інституту про то, що сталося;
- електроприлади гасити вуглекислотними вогнегасниками, порошковими вогнегасниками або сухим піском;
- гасити електроприлади і дроти водою забороняється.

В разі ураження електричним струмом слід негайно знеструмити електроприлади і викликати швидку допомогу по телефону 103. Співробітники, що працюють в лабораторії, зобов'язані знати заходи надання першої допомоги людині при ураженні електричним струмом і уміти надати її при необхідності. Негайно повідомити про нещасний випадок керівництво лабораторії, декана факультету.

8.5 Вимоги безпеки при роботі на змішувачах

При роботі на змішувальному обладнанні слід виконувати наступні мери безпеки:

- Роботи виконувати тільки в присутності керівника наукових робіт;
- Не брати пробі матеріалу під час роботи змішувача;
- Якщо виникла потреба очистки стінок, або інше, що потребує дій в корпуси змішувача в момент роботи приводу, це слід робити за допомогою тонкої дерев'яної пластини, наприклад, дерев'яної лінійки;
- Очистку корпусу змішувача слід робити тільки при висмикнутої напругі на привод змішувача.

9 Висновки та рекомендації

Проведений аналіз літературних даних з питання змішення сипких матеріалів. Виявлені найбільш розповсюджені конструкції змішувачів для сипких і пастоподібних матеріалів. Досліджені галузі їх використання.

Приведені дані результатів дослідження процесу змішення в лабораторному змішувачі ПШ-24.

Приведені результати теоретичних та експериментальних досліджень енергетичних витрат при змішуванні сипких матеріалів в планетарно-шнекових змішувачах. Зроблено зрівняння енерговитрат при застосуванні додаткових змішувальних елементів та без них. Отлічіє незначне.

Проведено зрівняння ефективності процесів змішення з додатковими змішувальними елементами та без них. Встановлено, що ці елементи сутево прискорюють змішення (приблизно на 30%), та запобігають проявам сегрегації компонентів.

Розроблена технічна пропозиція і рекомендації по випуску типорозмірного ряду планетарно-шнекових змішувачів на основі ряду DSH фірми «SHENGLI» (Китай) з додатковими робочими елементами.

Зроблена оцінка економічного ефекту від випуску представника ряду номінальним об'ємом 15 м³. Економічний ефект складає приблизно 300 тис. грн.

Перелік джерел посилання

1. Модестов В.Б. Смесители сыпучих и пастообразных материалов /Монография. — Луганськ, СПД Резніков В.С., 2011. — 352 с.
2. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов. – М.: Высш.шк., 1973, 216 с.
3. Смесители для сыпучих и пастообразных материалов. Каталог. М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ. 1986. 77 с.
4. РТМ 26-01-129 - 80 «Машины для переработки сыпучих материалов. Метод выбора оптимального типа питателей, смесителей и измельчителей».
5. Модестов В.Б. Определение затрат энергии на перемешивание в планетарно-шнековых смесителях. Ж. «Химическое и нефтегазовое машиностроение», №3, 2002.
6. Модестов В.Б. Определение мощности смесителя, необходимой при смешивании сыпучих материалов. Ж. «Химическое и нефтегазовое машиностроение», №3, 2003.
7. Stange K. Die Mischgute einer Zufall Mischung als Grundlage zur Beurteilung von Mischversuchen. Chemie-Ingenieur-Technik, 26. 1954, s. 331-337]
8. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. Пособие для вузов. 8-е изд., стер. -М.: Высш. шк., 2002, 479 с.: ил.
9. Модестов В.Б. Разработка методики расчёта плужных смесителей для сыпучих материалов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М.: МИХМ, 1984.
- 10.«Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) в промисловості», затвержені наказом Мінпромполітики України від 09.07.2007 р № 373
- 11.ВСН 452-84 «Виробничі норми витрат матеріалів в будівництві. Сварка трубопроводів з легованих сталей автоматичне зварювання під флюсом листових конструкцій, зварювання стрижнів арматури і заставних деталей, газове різання».

12. Куприянов Н.А., Кирилук Д.Я., Модестов В.Б. Смеситель для сыпучих материалов. А.С. № 1611430, В01F 7/30, 8.08.90.
13. Смеситель для сыпучих материалов. А.С. № 1611430, В01F 7/30, 8.08.90.
14. Інструкція з безпеки життєдіяльності № 8 при виконанні лабораторних робіт студентами кафедри машинознавства та обладнання промислових підприємств (МОПП). Сєверодонецьк, СНУ ім. В. Даля, факультет інженерії, 2017.
15. Інструкція з охорони праці № 11 при роботі на електрообладнанні, вимірювальних приладах і персональному комп'ютері на кафедрі машинознавства та обладнання промислових підприємств (МОПП). Сєверодонецьк, СНУ ім. В. Даля, факультет інженерії, 2017.
16. Борщев В.Я., Гусев Ю.И., Промтов М.А., Тимонин А.С. Оборудование для переработки сыпучих материалов.
17. mixers for bulk materials / URL / <http://www.sowergroup.ru/mixer/horizontal-mixers/> (дата звернення: 20.12.2018).
18. mixers for bulk materials / URL / <http://www.slgroup.cn/index.html/> (дата звернення: 18.12.2018).
19. mixers for bulk materials / URL / <http://himmiks.com.ua/katalog/smesiteli/smesiteli-dlya-sypuchikh-materialov/> (дата звернення: 24.12.2018).
20. mixers for bulk materials / URL / <http://elemash-m.ru/production/smeshivanie/> (дата звернення: 24.12.2018).
21. mixers for bulk materials / URL / <http://www.1985shengli.com/wzl-double-shaft-mixer-gallery/116.html/> (дата звернення: 24.12.2018).
22. mixers for bulk materials / http://www.tdredoctober.com/catalog/jemalirovannoe_oborudovanie/smesiteli-tipov-zl-i-zsh.html/ (дата звернення: 24.12.2018).
23. mixers for bulk materials / URL / http://euromash.kiev.ua/ru/home_ru.php/ (дата звернення: 27.12.2018).

Додаток А Результати розподілу ключового компонента

Таблиця А1 - Зміст ключового компонента в пробах
(після 1 оберта водиля)

№ проби	Маса ключового компонента, г	Маса основного компонента, г	Зміст ключового компонента, %
1	2,960	12,500	19,146
2	0	18,700	0,000
3	0	9,000	0,000
4	0	13,200	0,000
5	0,120	15,995	0,745
6	0,800	17,000	4,494
7	0,070	16,900	0,412
8	0,100	14,994	0,663
9	2,580	16,000	13,886
10	1,292	15,900	7,515
11	0,495	14,700	3,258
12	0,110	17,400	0,628
13	0,200	15,894	1,243
14	0,210	18,500	1,122
15	0,800	17,696	4,325

Хср= 3,8

Vс= 148,0

Середні по вертикалі розлічуються незначно

Середні по окружності розлічуються незначно

Таблиця А.2 - Зміст ключового компонента в пробах
(після 5 обертів водила)

№ проби	Маса ключового компонента, г	Маса основного компонента, г	Зміст ключового компонента, %
1	1,193	16,618	6,698
2	0,992	16,900	5,544
3	0,507	12,907	3,780
4	0,803	13,296	5,695
5	1,030	16,895	5,746
6	1,136	16,9	6,299
7	1,098	14,708	6,947
8	0,700	15,003	4,458
9	1,094	15,190	6,718
10	0,901	15,910	5,360
11	0,902	16,700	5,124
12	0,897	14,903	5,677
13	0,701	13,000	5,116
14	1,001	17,400	5,440
15	1,092	19,393	5,331

$X_{cp} = 5,596$

$V_c = 15,128$

Середні по вертикалі розлічуються незначно

Середні по окружності розлічуються значно

Таблиця А.3 - Зміст ключового компонента в пробах
(після 12 обертів водила)

№ проби	Маса ключового компонента, г	Маса основного компонента, г	Зміст ключового компонента, %
1	0,889	15,9	5,295
2	0,935	15,900	5,554
3	0,861	15,700	5,199
4	0,611	11,4	5,087
5	0,81	14,740	5,209
6	1,039	18,85	5,224
7	0,931	16,810	5,248
8	1,029	18,900	5,163
9	0,870	15,002	5,481
10	0,871	15,997	5,164
11	1,014	17,250	5,552
12	1,12	19,220	5,506
13	0,770	13,570	5,370
14	1,090	19,880	5,198
15	0,89	15,5	5,430

$X_{cp} =$ 5,312

$V_c =$ 2,947

Середні по вертикалі розлічуються незначно

Середні по окружності розлічуються незначно