

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 процесу змішування в планетарно-шнекових
змішувачах

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

Студент групи _____ ОХП-17 зм Гордієнко А.В.

Севєродонецьк 2019

РЕФЕРАТ

Гордієнко А. В. Дослідження процесу змішування в планетарно-шнекових змішувачах. Дипломна робота магістра. Східноукраїнський нац. Універс. ім В. Даля. 2019: 83 с., 6 табл., 32 рис., 1 дод., 20 джер.

ПЛАНЕТАРНО-ШНЕКОВИЙ ЗМІШУВАЧ, СИПКІ МАТЕРІАЛИ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОЦЕС ЗМІШУВАННЯ, ЕНЕРГЕТИЧНІ ВИТРАТИ, ОГЛЯД РИНКУ ЗМІШУВАЧИВ.

Об'єкт дослідження – змішувачі планетарно-шнекові.

Мета роботи – дослідження процесу змішування в планетарно-шнековому змішувачі.

Методи дослідження – експериментальне дослідження розподілу компонентів в корпусі змішувача та статистична обробка отриманих результатів.

Проведено огляд теоретичних робіт з питання змішення сипких матеріалів. Розглянуті розповсюджені конструкції змішувачів. Приведені результати наукових досліджень планетарно-шнекового змішувача, проведених в Сєверодонецької філії НДІхіммаш та СНУ імені В. Даля. Проведено дослідження процесу змішування в класичній конструкції планетарно-шнекового змішувача з одним шнеком. Визначені енергетичні витрати в процесі змішування.

Розроблені рекомендації до проектування типорозмірного ряду планетарно-шнекових змішувачів.

ЗМІСТ

	с.
Перелік скорочень, умовних познач, одиниць і термінів	5
Вступ	6
1 Аналітичний огляд змішувачів	7
1.1 Барабанні	9
1.2 Стрічкові	10
1.3 Плужні	12
1.4 Планетарно-шнекові	14
1.5 Вертикальні конічні	23
1.6 Відцентрові (ЦЛ)	25
1.7 Двохроторні	26
1.8 Двохроторні з Z-подібними лопатями (ЗЛ)	28
1.9 Двохроторні з Z-подібними лопатями і розвантажувальним шнеком (ЗШ)	30
2 Ціль та задачі досліджень	32
3 Обладнання для проведення експериментів	33
3.1 Змішувач ПШ-24	33
4 Дослідження розподілу компонентів	39
4.1 Теорія змішування	39
4.2 Приклад обробки експериментальних даних вибірки	49
4.3 Результати експериментів по змішуванню сухого піску Северодонецького кар'єру з чавунною тирсою	54
4.4 Візуальна оцінка розподілу компонентів	59
5 Дослідження енергетичних витрат в планетарно-шнекових змішувачах	62
6 Рекомендації до конструювання планетарно-шнекових змішувачів	64
7 Розробка типорозмірного ряду планетарно-шнекових змішувачів	67

8 Економічна оцінка ефективності випуску змішувачів	70
9 Техніка безпеки при роботі в лабораторії	74
9.1 Вимоги безпеки перед початком роботи	74
9.2 Вимоги безпеки під час виконання робіт	75
9.3 Вимоги безпеки після закінчення роботи	77
9.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	77
9.5 Вимоги безпеки при роботі на змішувачах	78
10 Висновки та рекомендації	79
Перелік джерел посилання	80
Додаток А Результати вимірювання енергетичних витрат на змішування	82

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК , ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

об/хв – оберти за хвилину;

і.т.д. – і так далі;

n – число проб у вибірці;

i – номер проби;

—

\bar{x} - середня концентрація ключового компонента в виборці, %;

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

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

—

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

ρ_n – насипна маса сипучого матеріалу, кг/м³;

g – прискорення вільного падіння $9,81 \frac{M}{C^2}$;

h – глибина занурення в сипучий матеріал, м;

μ - коефіцієнт бокового тиску;

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

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

Θ - кут підйому витка шнека на зовнішньому діаметрі, кутовий градус;

$\varphi_в$ – кут зовнішнього тертя сипучого матеріалу об поверхню витка шнека, кутовий градус;

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

ВСТУП

В даній роботі проведено дослідження процесу змішення сипких матеріалів в планетарно-шнекових змішувачах. Зроблено огляд конструкцій змішувачів сипких та пастоподібних матеріалів. Огляд виконано на основі літературних матеріалів та інформації почерпнутої з Інтернету. Планетарно-шнекові змішувачі є одніми з найбільш популярних конструкцій. Вони прочне зайняли значну частину ринку змішувачів. Тому вони заслуговують того, щоб звернути увагу на теорію та практику їх застосування та розробки.

В цієї роботі також приведені результати досліджень процесу змішування, а також енергетичних витрат в планетарно-шнекових змішувачах. Вони були виконані в науковій лабораторії кафедри МОПП СНУ ім. В. Даля. Також використані матеріали одержані в лабораторії відділу змішувачів Сєверодонецької філії НДІхіммаш. Цій заклад був головним в Міністерстві хімічного машинобудування по змішувальному обладнанню. В результаті структурних змін в керуючих структурах назва цього закладу декілька разів змінювалась. В наступний час він зветься Сєверодонецький НДІхіммаш.

Узагальнений досвід створення планетарно-шнекових змішувачів і вивчення їх роботи на промислових підприємствах. Очевидно, що виготовлення змішувачів даної конструкції буде виконуватися на вітчизняних машинобудівних підприємствах. Ці конструкції доцільно випускати серійно, для чого необхідно розробити типорозмірні ряди.

Це дасть окрім економічних вигод соціальний ефект - збільшить число робочих місць.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗМІШУВАЧІВ

Процеси змішування сипких матеріалів дуже відрізняються один від одного, хоч часто дослідники та проектувальники відповідного обладнання не звертають на те увагу.

Наприклад є процеси в яких:

- Продукти загрузають в строго заданому масовому співвідношенні, причому не треба виконувати повне розвантаження корпусу після кожного замісу, тобто припустимо щоб знову завантажений матеріал змішувався з остатками попереднього замісу. Тобто не треба, щоб було повне розвантаження корпусу змішувача та можливість його ретельної очистки.

- Продукти загрузають в строго заданім масовим співвідношенні, причому треба виконувати повне розвантаження корпусу після кожного замісу, тобто неприпустимо щоб знову завантажений матеріал змішувався з остатками попереднього замісу. Наприклад – змішування харчових продуктів;

- Змішуються матеріали, точний склад яких не установлений, однак треба, щоб продукт був однорідний. Наприклад – змішуються партії барвника, якій вироблявся декілька змін. Потім всі партії змішуються та вводяться добавки, які доводять барвник до потрібної марки. Такі змішувачі називають усереднювачами;

- Виконується безперервне перемішування продукту, причому вимоги до однорідності продукту не ставляться. Інтенсивність процесу не має важливого значення. Єдина мета процесу – не допустити злежування. Такі змішувачі називають ворошителями. Часто усереднювачі використовують також як ворошители. Для цього вони мають можливість міняти швидкість обертання ротора;

- Сипкі матеріали, які безперервно подаються в змішувач за допомогою живильників. У всіх випадках використовуються змішувачі безперервної дії;

- Окрім процесу змішування можливо також сумісно виконувати другі технологічні процеси, наприклад, підігрів або охолодження, сушку,

гранулювання, проведення хімічних реакцій та інше. В такому разі змішувач можливо також називати реактором.

Перелік найбільш розповсюджених у цей час змішувачів, приведений нижче, складений на основі літературних матеріалів та даних отриманих з Інтернету. В цій роботі назва змішувачів приведена відповідно [1], [3]. (Застосовується термінологія розроблена в С.ф. НДХиммаш. В каталогах іноземних фірм використовується інша термінологія).

Це слідує конструкції змішувачів [1]:

- барабанні;
- стрічкові
- плужні;
- планетарно-шнекові;
- вертикальні конічні;
- відцентрові;
- двоторні;
- двоторні з Z-подібними лопатями;
- двоторні з Z-подібними лопатями і розвантажувальним шнеком;

Опис цих конструкцій наведено нижче.

Конкретний вибір конструкції змішувача залежить від таких умов:

- 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;
- та інше.

Сєверодонецька філія НДХИММАШ розробила типорозмірні ряди змішувачів [3] , а також методику вибору типа змішувача [4] на підставі визначення фізико-механічних характеристик сипких матеріалів. У світі в цей час велика кількість змішувачів випускається в Китаї, де перевага віддається надійним конструкціям, що згадані вище.

1.1 Барабанні

Призначені для змішування сухих сипких матеріалів, та матеріалів, що містять небагато рідини. Вони мають перевагу в тому, що мало подрібнюють матеріал, та не чуйні до коефіцієнту тертя, відсутні застійні зони. До недоліків слід віднести низку інтенсивність змішування, схильність до сегрегації компонентів.

Можливі форми корпусів наведено на рис.1.1, приклад виконання на рис.1.2.

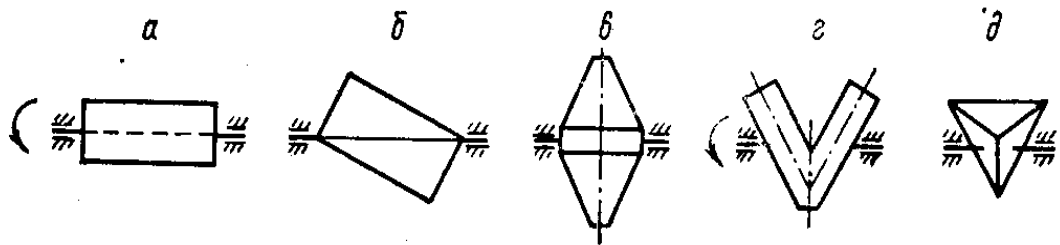


Рисунок 1.1 - Форми корпусів барабанних змішувачів



Рисунок 1.2 - Змішувач типа «п'яна бочка», ООО "ХІММІКС" (Україна) [17]

Змішувач "П'яна бочка" застосовується для швидкого та якісного змішення сухих, сипких, порошкоподібних, гранульованих матеріалів и компонентів, а також для опудрювання. Вони ефективні для змішування продуктів, до складу яких входять компоненти с ламкою структурою.

1.2 Стрічкові

Змішувач 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.1.3).

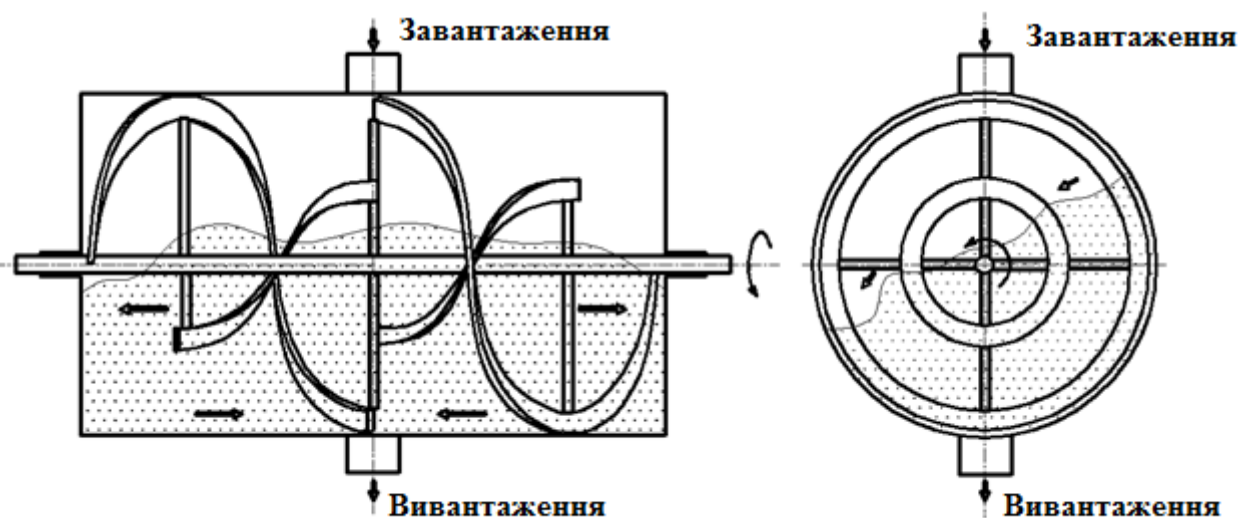


Рисунок 1.3 - Стрічковий змішувач

Рух матеріалу відбувається під дією ротора що обертається; як на поверхні сипучого матеріалу, пересипанням, так і в масі матеріалу; подрібнення компонентів значне; небезпечно змішання з кускових матеріалів - можливе заклинювання ротора; фізико-механічні характеристики змішуваних матеріалів значно впливають на опір обертанню ротора.

Мають середню інтенсивність змішування, яка залежить від частоти обертання ротора (зазвичай 10-20 об/хв). Для збільшення інтенсивності змішування потрібно нелінійне збільшення витрати енергії на змішування.

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. Можливо, це найбільш розповсюджена конструкція в світі. На рис. 1.3 наведено як приклад, конструкція фірми «SOWERGROUP».



Рисунок 1.4 - Стрічковий змішувач фірми «SOWERGROUP» [15]

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.1.5). На відміну від стрічкових змішувачів, частота обертання ротора на порядок вище (100-200 об/хв), відповідно, поживнаа 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 в масі матеріалу; подрібнення компонентів значне; фізико-механічні характеристики матеріалів впливають на опір обертанню ротора.

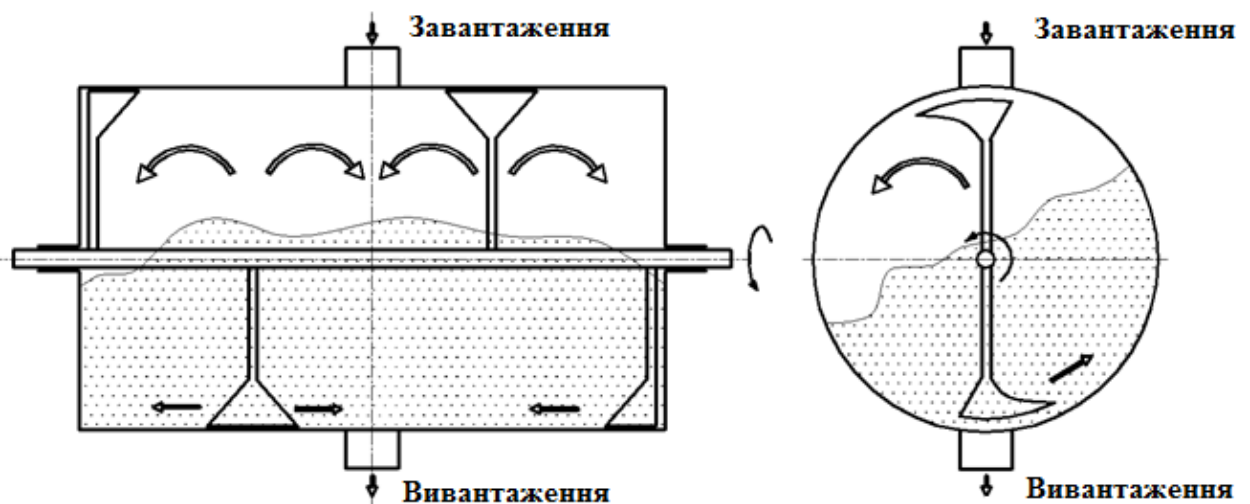


Рисунок 1.5 - Плужні змішувачі

Призначені для змішування добре сипучих матеріалів, а так само незначно зв'язаних не надто схильних до налипання на поверхні. Можливо і приготування паст обмеженою в'язкості. Даний тип змішувача можливо легко уніфікувати з стрічковими. На рис.1.6 наведена конструкція фірми «SHUANGLONG GROUP».



а)



б)

Рисунок 1.6 - Плужні змішувачі фірми «SHUANGLONG GROUP», (Китай) [16]. а) загальний вигляд; б) робочі елементи.

1.4 Планетарно-шнекові

Планетарно-шнекові змішувачі розроблені фірмою "Nauta" (Нідерланди). Вони широко поширені в світі. Подібні конструкції випускають інші фірми, а також спільні с фірмою "Nauta" підприємства.

Перевагою цих змішувачів є невелика поживнаа (на одиницю робочого об'єму) потужність приводу, малі обсяги застійних зон, можливість запуску змішувача після зупинки, при заповненні корпусу зв'язними сипучими матеріалами, висока ефективність змішування, низька питома металоємність.

Класична конструкція, це вертикальний конічний корпус, в якому обертається шнек, який транспортує сипучий матеріал вгору. Верхній підшипниковий вузол шнека встановлений на водило, яке обертається навколо осі корпусу. Вісь шнека паралельна утворюючій конуса. Між корпусом і шнеком є зазор в декілька міліметрів. При русі матеріалу що відбувається під впливом шнека у гору, одночасно відбувається його зрушення вниз по корпусу, тому в зазорі немає застійних зон. Привід шнека зазвичай здійснюється зверху, через трансмісію, розташовану всередині водила. Завантаження матеріалу в корпус відбувається через люк, розташований у верхній кришці.

Фірма має великий досвід впровадження цієї конструкції в різні виробництва, має в своєму розпорядженні дослідний центр (рис.1.7), в якому відпрацьовуються нові конструкції змішувачів, проводиться перевірка їх придатності для конкретних технологічних цілей.

Конструкція змішувача наведено на рис. 1.8.

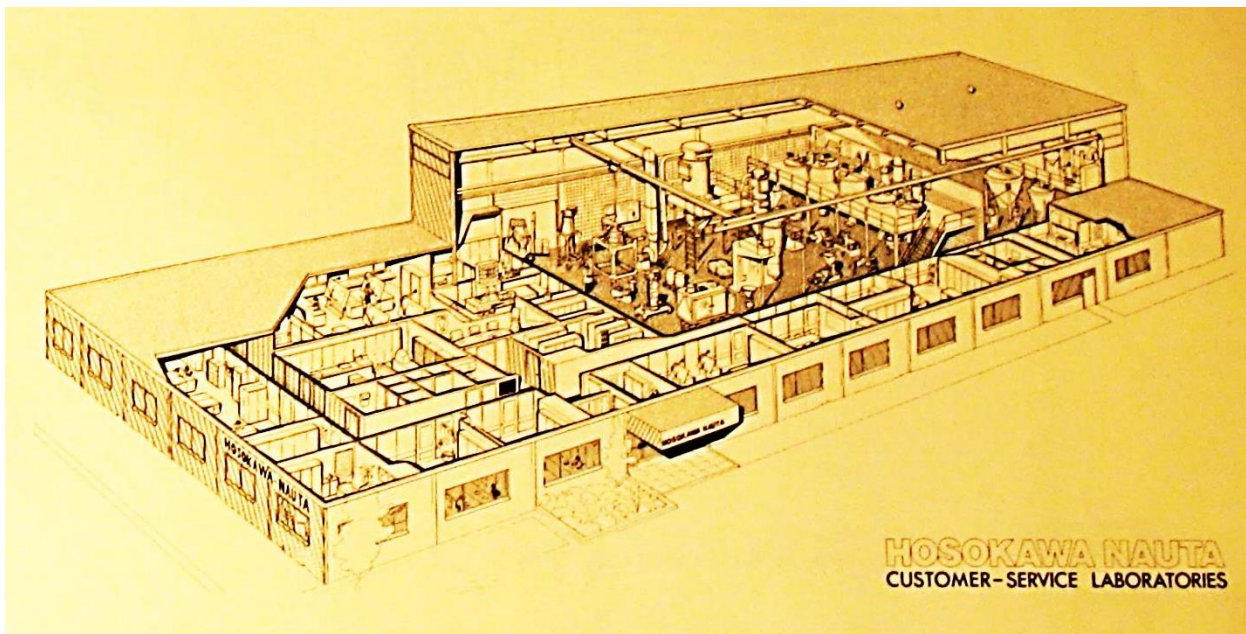


Рисунок 1.7 - Науково-дослідний центр фірми «Hosokawa Nauta»

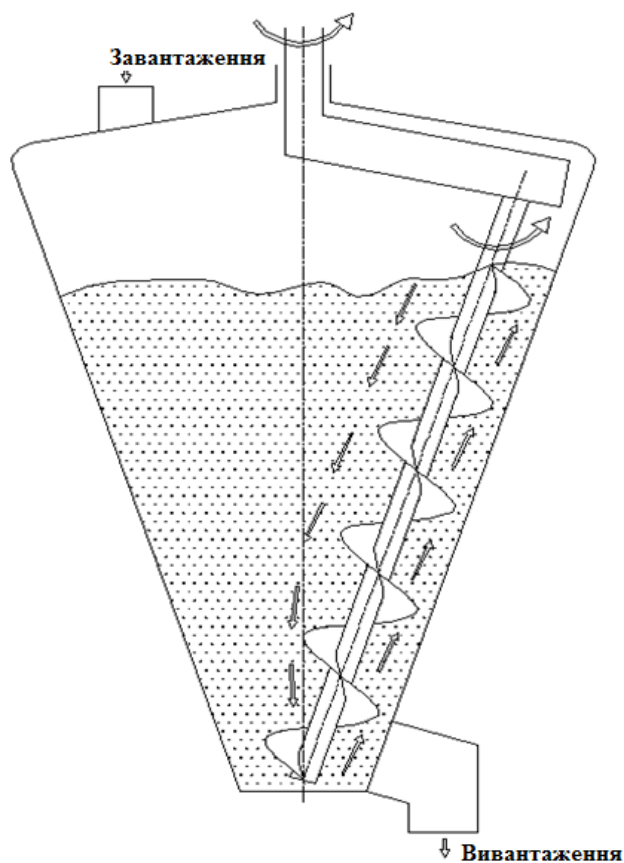


Рисунок 1.8 - Планетарно-шнековий змішувач

Пропонуються також численні модифікації з декількома шнеками, з стрічкової мішалкою, з двома або кількома кінчними корпусами,

розташованими один біля одного і сполученими в верхній частині між собою, змішувачі з сорочками для обігріву або охолодження корпусу, і т.п. Існують виконання, які мають надлишковий тиск в корпусі до 0, 6 МПа або вакуум.

Змішувач найчастіше застосовується для незв'язних сипких матеріалів. Можливо змішання матеріалів з невеликими добавками рідини.

Планетарно-шнекові змішувачі в разі необхідності оснащують диспергуючими головками, зануреними в шар сипучого матеріалу. Їх завданням, в основному, є подрібнення агрегатів, що утворюються в процесі змішування. У змішувачі з вертикальним шнеком, що розташований по осі корпусу (наприклад ПШ-6,3) не слід чекати значного збільшення інтенсивності змішування, бо він і так знаходиться в зоні інтенсивного руху сипкого матеріалу.

Значне збільшення інтенсивності змішування можливо, якщо застосувати додаткові прилади для змішування в зоні нерухомого сипкого матеріалу, наприклад другого шнеку, або лопатей, закріплених на водили.

Часто ця конструкція змішувача використовується в якості усереднювачів. Наприклад, якщо потрібно отримати однорідну партію барвників, одержаних протягом кілька технологічних циклів. Природньо, що в кожному з циклів виходять дещо різні відтінки барвників і їх необхідно змішати і отримати заданий колір (усереднити). Від усереднювачів зазвичай не потрібна висока продуктивність, але необхідна висока однорідність суміші, можливість досить тривалого зберігання і надійного вивантаження.

Усереднювачі мають робочий об'єм, який необхідний для напрацювання партії однорідного продукту, змішувачі фірми «Nauta» за матеріалами каталогів мають обсяг корпусу до 30 м³.

Ці змішувачі є також дуже розповсюдженими. В даній роботі цим змішувачам приділяється найбільша увага.

Конструкція змішувача наведено на рис. 1.9.



Рисунок 1.9 - Планетарно-шнековий змішувач фірми «ЕлеМаш»
(Білорусь) [18]

Перспективної конструкцією є змішувач з двома шнеками що наведено на рис. 1.10.



Рисунок 1.10 - Планетарно-шнековий змішувач з двома шнеками
фірми SHUANGLONG GROUP (Китай) [16]

С.ф.НДІхіммаш розробив типорозмірній ряд планетарно-шнекові змішувачів з робочими об'ємами 0,63; 1,6; 3,2; 6,3; 10; 16 м³ [4].

Вони призначені для змішування і усереднення партій сипких матеріалів розміром частинок не більше 5 мм, насипною щільністю не більше 1300 кг/м³.

Як приклад розглянемо конструкцію і технічні характеристики змішувача ПШ-6300 (рис.1.11).

Технічна характеристика

Обсяг змішувальної камери, м³:

номінальний	10
робочий,	не більше 6,3

Робочий тиск, МПа, не більше:

в камері змішувача	0,002
в пневмоциліндрах	0,6

Робоча температура, ° С не більше 45

Частота обертання, об/хв:

шнеків навколо власної осі	59
води́ла	1,68

Мотор-редуктор приводу шнеків (тип):

для виконань НБУ і НБК МП02-15ВК-24.6-11 / 59-4А132М4;

для виконань ВБУ і ВБК МП02-15ВК-24,6-11/59-В132М4;

потужність, кВт 11

частота обертання електродвигуна, об/хв 1500

води́ла (тип):

для виконань НБУ і НБК МПО2-10Ф-28,2- 3 / 48-4А100S4;

для виконань ВБУ і ВБК МПО2-10Ф-28,2-3/48-В100S4;

потужність, кВт 3

частота обертання електродвигуна, об/хв 1500

Привід розвантажувального затвора - пневмо циліндр 1412-100x200

Габаритні розміри, мм:

довжина	3165
ширина	3165
висота Н: для виконань НБУ і НБК	6806
для виконань ВБУ і ВБК	6840

Маса, кг (загальна):

для виконання НБУ	4950
для виконання НБК	4950 (5897) *
для виконання ВБУ	5100
для виконання ВБК	5100 (5935) *

в тому числі корозійностійкої сталі

для виконань НБК та ВБК

4750 (1810) *

* Для виконання з двошарової сталі.

Змішувачі з робочими обсягами корпусів 1,6; 3,2; 6,3; 10; 16 м³ мають змішувальну камеру конічної форми (рис.1.11), всередині якої розташовані два шнека: центральний, змонтований по осі камери змішувача (встановлений на деяких конструкціях), і похилий, встановлений уздовж твірної конуса. У змішувача з робочим об'ємом 0,63 м³ - один шнек - похилий. Центральний шнек закріплений консольне, похилий - нижнім кінцем з'єднаний з опорою, а верхній за допомогою муфти прикріплений до водила.

Індивідуальні приводи шнеків розташовані на кришці камери змішувача. Обертання шнеків навколо власних осей - від приводу, що складається з мотор-редуктора або електродвигуна і редуктора. Обертання водила - від мотор-редуктора через муфту і черв'ячну передачу.

Матеріал завантажують через штуцери, розташовані на кришці; вивантаження продукту - через розвантажувальний клапан в нижній частині корпусу, що приводиться в дію пневмоциліндрами. Характеристики змішувача наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Призначення та технічні характеристики штуцерів

Позначення	Призначення	Кількість	Умовний прохід, D _y , мм	Умовний тиск, МПа
A _{1,2}	Завантаження матеріалу	2	300	0,1
Б	Вивантаження продукту	1	250	0,1
В	Для вентиляції	1	300	0,1
Г	Люк	1	600	0,25
Д*	Резервний	1	350	0,1
У	Вхід азоту	1	15	0,1
Ж	Вихід повітря	1	50	0,1
З	Люк	1	250	0,1
И	Для пробовідбірника	1	40	0,1
К _{1,2}	Для продувки	2	M36x2	0,1
Л _{1,2}	Резервний	2	50	0,1

* Для змішувачів виконань ВБУ і ВБК - розривна мембрана

Змішувачі, що комплектуються електроустаткуванням у вибухозахищеного виконання, призначені для установки у вибухонебезпечних приміщеннях зони класу В-Іа по ПУЕ-76.

Середовище в камері змішувача для змішувача виконання НБУ-некорозійні, не вибухонебезпечне; НБК- корозійна, не вибухонебезпечне; ВБУ - некорозійні, вибухонебезпечна, категорії і групи ІА-Т4 по ГОСТ 12.1.011-78; ВБК - корозійна, вибухонебезпечна, категорії і групи ІА-Т4 по ГОСТ 12.1.011-78.

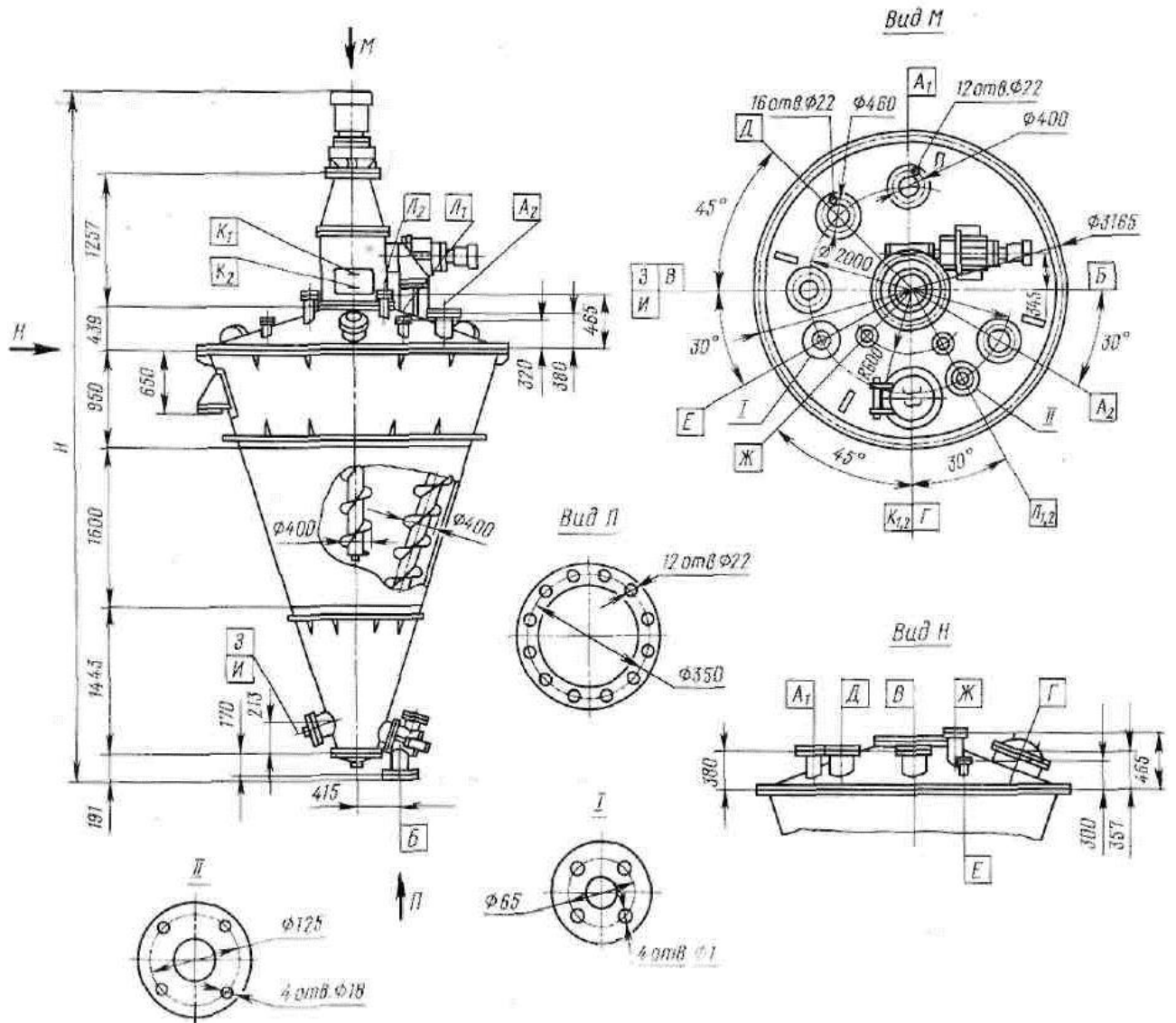


Рисунок 1.11 - Габаритні розміри змішувача ПШ-6300

1.5 Вертикальні конічні

Альтернативою планетарно-шнековим змішувачів можуть служити стрічкові і змішувачі з вертикальним конічним корпусом. Останні змішувачі мають усічений конічний корпус, що розширюється догори (рис. 1.12).

Усередині корпусу обертається вертикальний ротор з стрічками, що транспортують матеріал вгору. Між стрічками і корпусом є невеликий зазор.



Рисунок 1.12 - Змішувач з вертикальним конічним конусом фірми «SHUANGLONG GROUP» (Китай) [16]

С.ф. НДХіммаш виготовила модель такого змішувача. Його корпус був прозорим, що дозволяло спостерігати рух в ньому сипучого матеріалу. Цей змішувач добре показав себе при змішуванні незв'язних добре сипучих матеріалів. Спостерігалось досить інтенсивний рух сипучого матеріалу вгору, під дією гвинтових стрічок біля корпусу і зсипання вниз по центру корпусу. У той же час при змішуванні зв'язних матеріалів, що мають невелику насипну вагу спостерігався невелике інтенсивний відносний рух або повна його відсутність - матеріал обертвся разом з ротором.

Перевагою конструкції в порівнянні з планетарно-шнековими змішувачами є простота приводу (немає водила).

Згодом був спроектований, виготовлений і поставлений на виробництво один зразок такого змішувача робочим об'ємом $0,63 \text{ м}^3$ для приготування сумішей карбонільного заліза. Карбонільне залізо являє собою дрібнодисперсний залізний порошок, який застосовується для виготовлення сердечників електричних котушок. Він має велику насипну масу.

Змішувач успішно пройшов приймальні випробування і працює в даному виробництві. При вивантаженні змішаного матеріалу через затвор, розташований в нижній частині корпусу невелика його кількість залишалось на стрічках ротора і в зазорі між стрічкою і днищем. Решту матеріалу при наступному замісі змішувався з матеріалом з нового завантаження, тому ця обставина не перешкоджало експлуатації змішувача.

Відомий випадок застосування апарату з вертикальним циліндричним корпусом і стрічкової мішалкою для змішування високов'язкого продукту, по консистенції нагадує мед. Змішання компонентів в ньому відбувалося надзвичайно повільно, тривало кілька годин. Дослідження інтенсивності змішування вироблялося шляхом реєстрації випромінювання від радіоактивного порошку, доданого в продукт. Датчики були розташовані на зовнішній поверхні корпусу апарату [1].

С.Ф. НДХІММАШ виготовив модель змішувача з вертикальним циліндричним корпусом і двома шнеками, що мають нахил по ходу обертання водила. Передбачалося, що такий змішувач може працювати без

приводу водила. Обертання водила мало здійснюватися за рахунок реакції матеріалу, що діє на похилі шнеки. Випробування моделі не підтвердило це припущення, тобто ніяких переваг в порівнянні з традиційною конструкцією планетарно-шнекового змішувача він не має. До того ж залишилася невирішеною проблема з нижніми опорами, яких в даній конструкції стало вже дві.

1.6 Відцентрові (ЦЛ)

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. 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 віброзрідження. 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 [1].

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

Конструкція змішувача наведено на рис. 1.13.

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

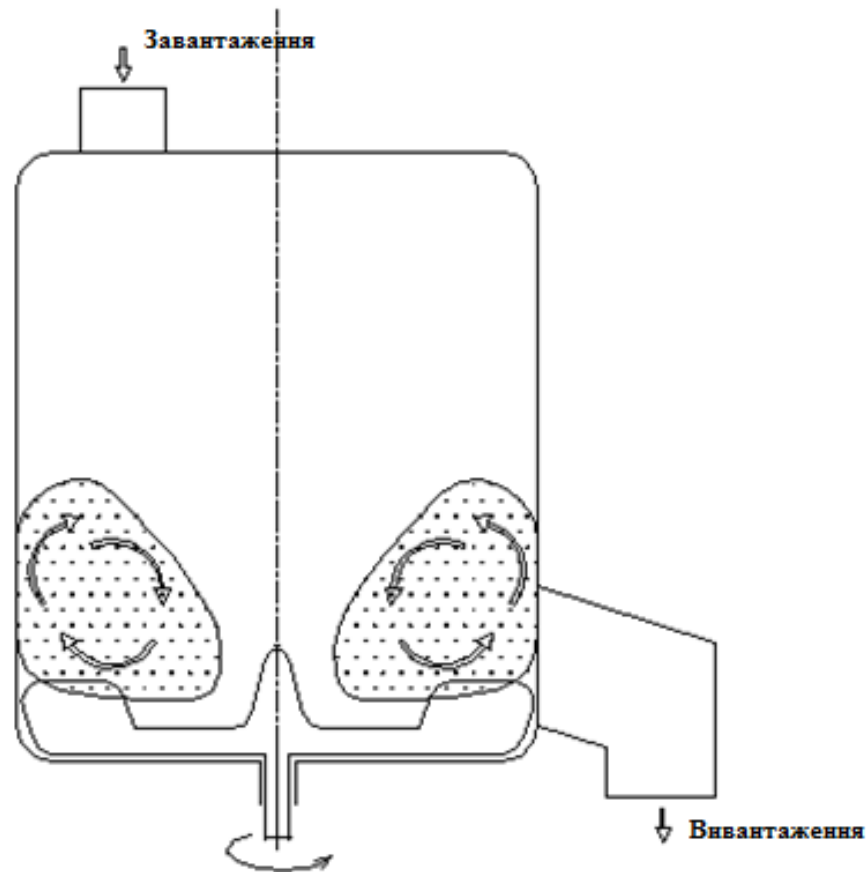


Рисунок 1.13 - Відцентровий змішувач

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.

1.7 Двохроторні

Це новий перспективний тип змішувачів що придатний для приготування як добре сипучих матеріалів, так і зв'язаних, а також пастоподібних невеликої в'язкості [12]. Він має можливість взаємного очищення лопатей, подрібнення агрегатів, високу інтенсивність змішування. Конструкція змішувача наведена на рис. 1.14.



Рисунок 1.14 - Двохроторний змішувач WZL-4
фірми SHENGLI (Китай)[20]

Характеристика змішувача WZL-4

загальний обсяг, м³ 4;

потужність, кВт. 30;

матеріал: вуглецева сталь;

Оснащений мотор-редукторами з синхронними двигунами;

Ущільнення сальникового типу;

Люки з боку для двостороннього обслуговування;

Клапана для розвантаження з пневмоприводом.

Принцип роботи: змішувач має корпус подвійної U- подібної форми, паралельно їх висям розташовані вали з кількома лопатями. 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.

1.8 Двохроторні з Z-подібними лопатями

Особливість конструкції - наявність двох розташованих горизонтально роторів з паралельними осями. Ротори мають форму, призначену для роботи з високов'язкими матеріалами. Конструкції роторів можуть бути різні.

Конструкція змішувача наведено на рис. 1.15; 1.16.

В Сєверодонецької філії НДІХІММАШ найчастіше застосовували Z-образні ротори, тому за цим типом змішувачів і закріпилася така назва [1].

Ротори обертаються з різними частотами обертання.

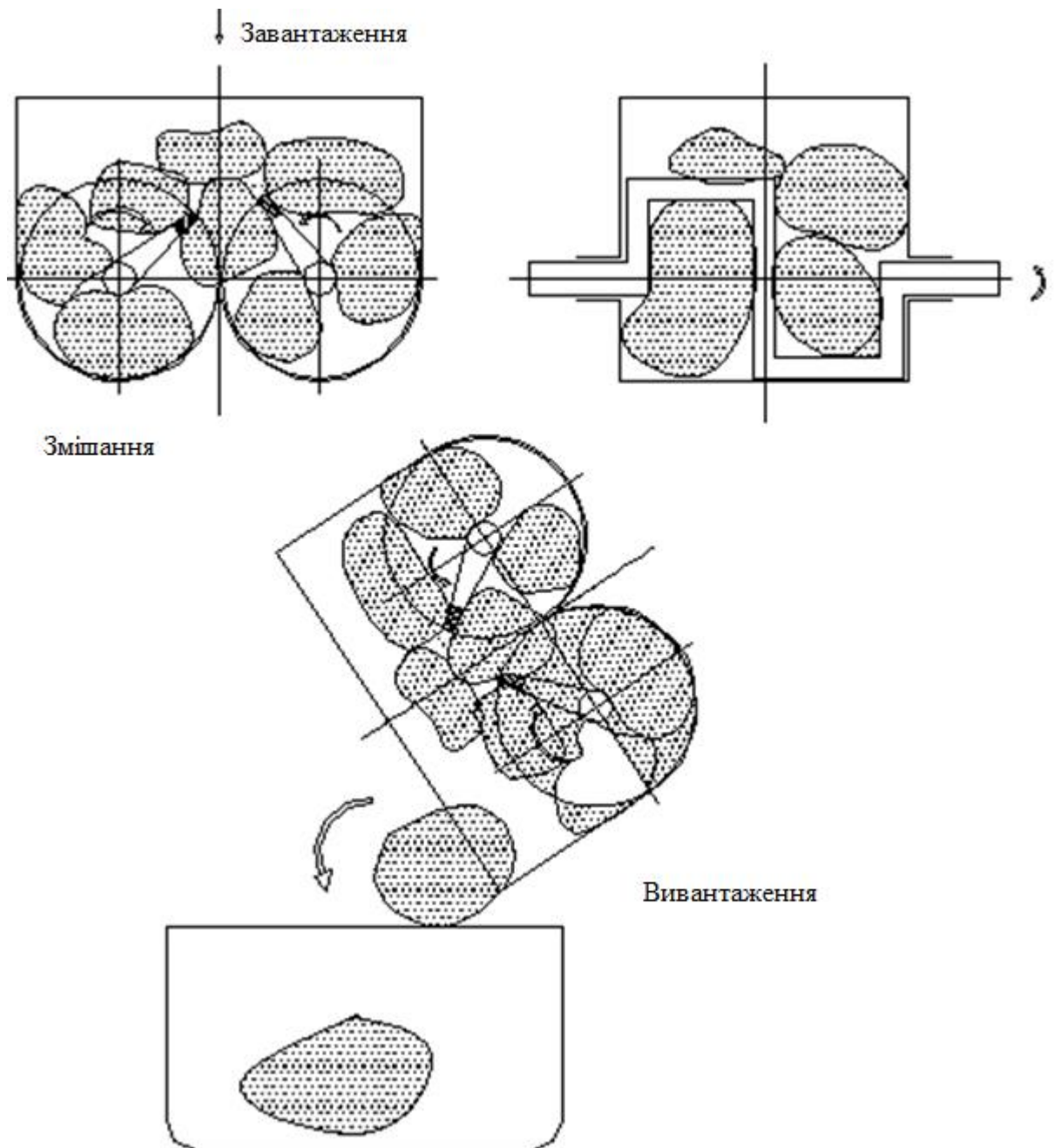


Рисунок 1.15 - Змішувачі з Z-подібними лопатями

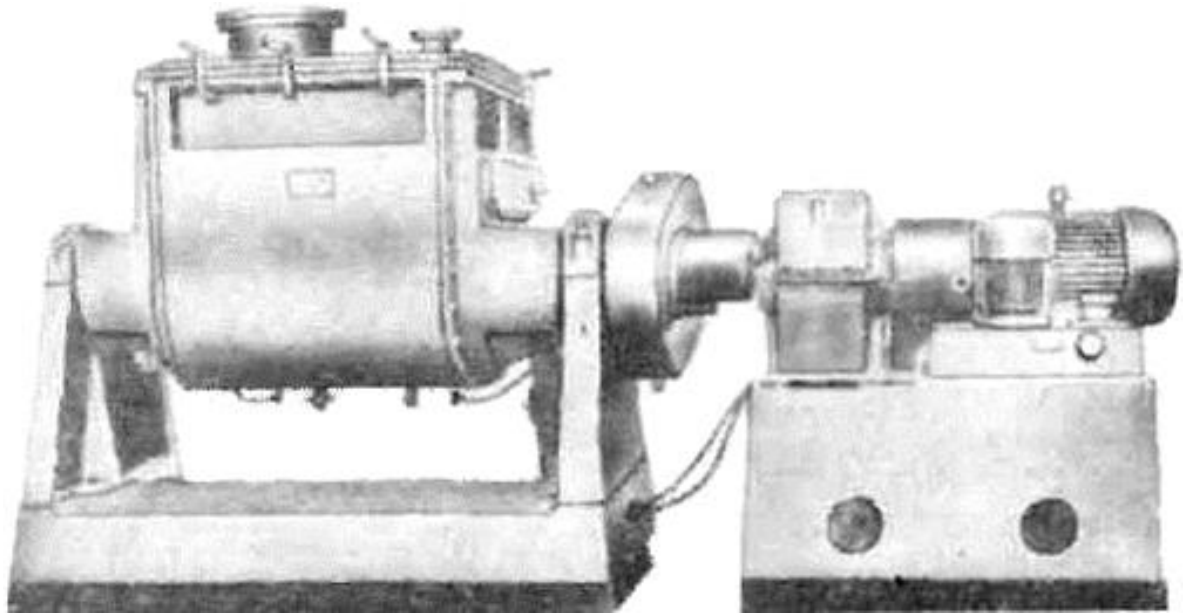


Рисунок 1.16 - Змішувач з Z-подібними лопатями ЗЛ-630

(проект С.ф.НДІхіммаш [3])

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 різна їх частота обертання (тертя) сприяють взаємному очищенню лопатей і корпусу в процесі змішування. Вони універсальні, можуть замінити вищеописані змішувачі для сипких матеріалів і для паст. Однак за цю універсальність доводиться платити значним ускладненням конструкції.

Процес змішування відбувається порівняно повільно, але однорідність отриманої пастоподібної суміші висока.

Потужність приводу залежить від властивостей продуктів що одержуються. Найбільш потужні приводи використовуються для отримання паст для пресування гальмівних колодок, розплавів полімерів.

Розвантаження отриманої суміші, зазвичай пастоподібної, відбувається шляхом перекидання корпусу навколо осі одного з роторів при їх обертанні, шляхом гравітаційного вивантаження суміші з корпусу. 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 скребків. Їх застосування виправдане при проведенні складних процесів: змішання паст або приготування паст із сипучих компонентів.

1.9 Двохроторні з Z-подібними лопатями і розвантажувальним шнеком (ЗШ)

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. Конструкція змішувача наведено на рис. 1.17; 1.18.

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

Корпус змішувача нерухомий, тому і завантаження та розвантаження його полегшується. З іншого боку, ручна очистка корпусу і роторів, в разі такої необхідності, ускладнюється в порівнянні зі ЗЛ, наведеної в розділі 1.8.

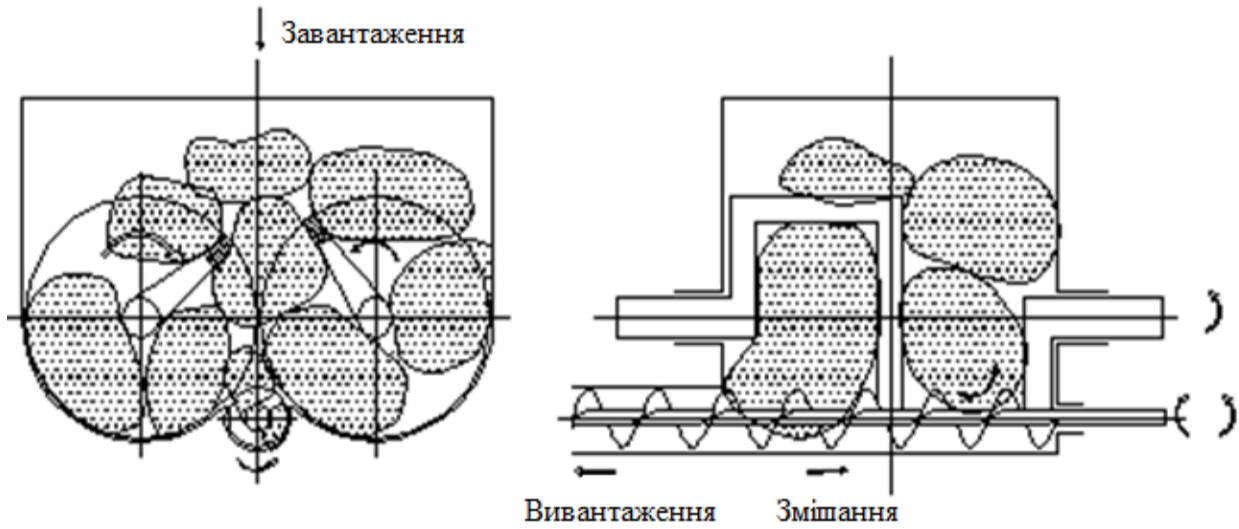


Рисунок 1.17 - Змішувачі з Z-подібними лопатями і розвантажувальним шнеком

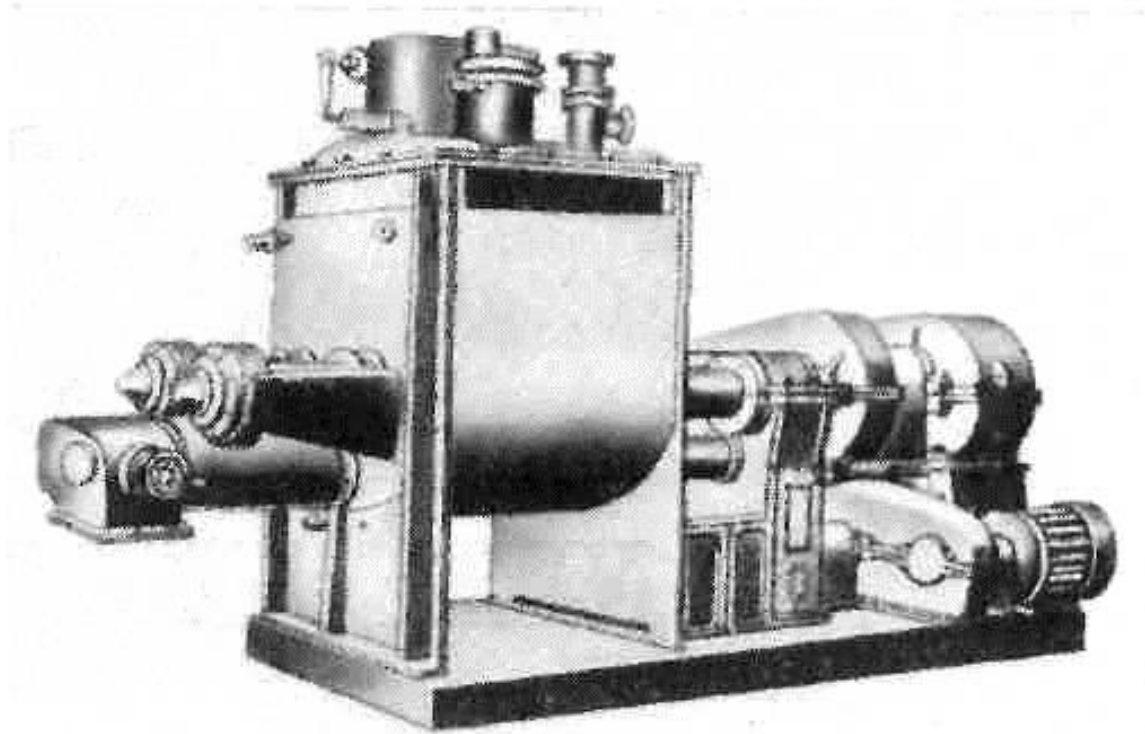


Рисунок 1.18 - Змішувачі з Z-подібними лопатями і розвантажувальним шнеком ЗШ-1000 (проект С.ф.НДІхіммаш) [3]

2 ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Предметом досліджень є планетарно-шнекові змішувачі. Ці апарати широко використовуються в світі. В лабораторії кафедри МОПП проведено декілька робіт по дослідженню процесів які протікають в сіх апаратах. В даної роботі проведено дослідження процесу змішування в планетарно-шнекових змішувачах класичної конструкції – з одним шнеком. Отримані результати є базою для зрівняння з модифікованими конструкціями. Вони дозволяють робити висновки о доцільності модифікацій.

3 ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

3.1 Змішувач ПШ-24

Лабораторний змішувач ПШ-24 є модернізованим змішувачем фірми «Nauta» (Нідерланди) (рис 3.1). В ньому були змінені двигун перемінного струму на двигун постійного току, що дозволило здійснювати зміну частоти обертів водила та шнека. Був змінений оригінальний шнек на шнек з кутом підйому витка $21^{\circ}40'$.

Розміри корпусу надані на рис. 3.2.

Технічні характеристики змішувача ПШ-24

Робочий об'єм, л

до 30;

Привід

двигун постійного струму

Тип МИ-32

Потужність , кВт	0,78;
Напруга на якір, В	0-220;
Струм якіра, А	0-4,1;
Збудження незалежне	
Напруга обмотки розбудження, В	220;
Струм обмотки розбудження, А	0,3;
Частота обертання ротора, об/хв.	0-2500;
Клино- ремінна передача	
Передаточне число, i	1,7

Редуктор оригінальний конструкції фірми «Nauta».

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

На шнек момент передається через черв'ячну передачу.

На водило через черв'ячну передачу-зубчату передачу-черв'ячну передачу.

Передаточне число на шнек ,	8,24;
Передаточне число на водило,	21,36;
Співвідношення частот обертання водила та шнека постійне,	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 3.1 - Змішувач ПШ-24 (модернізований планетарно-шнековий змішувач фірми «Nauta» (Нідерланди)).

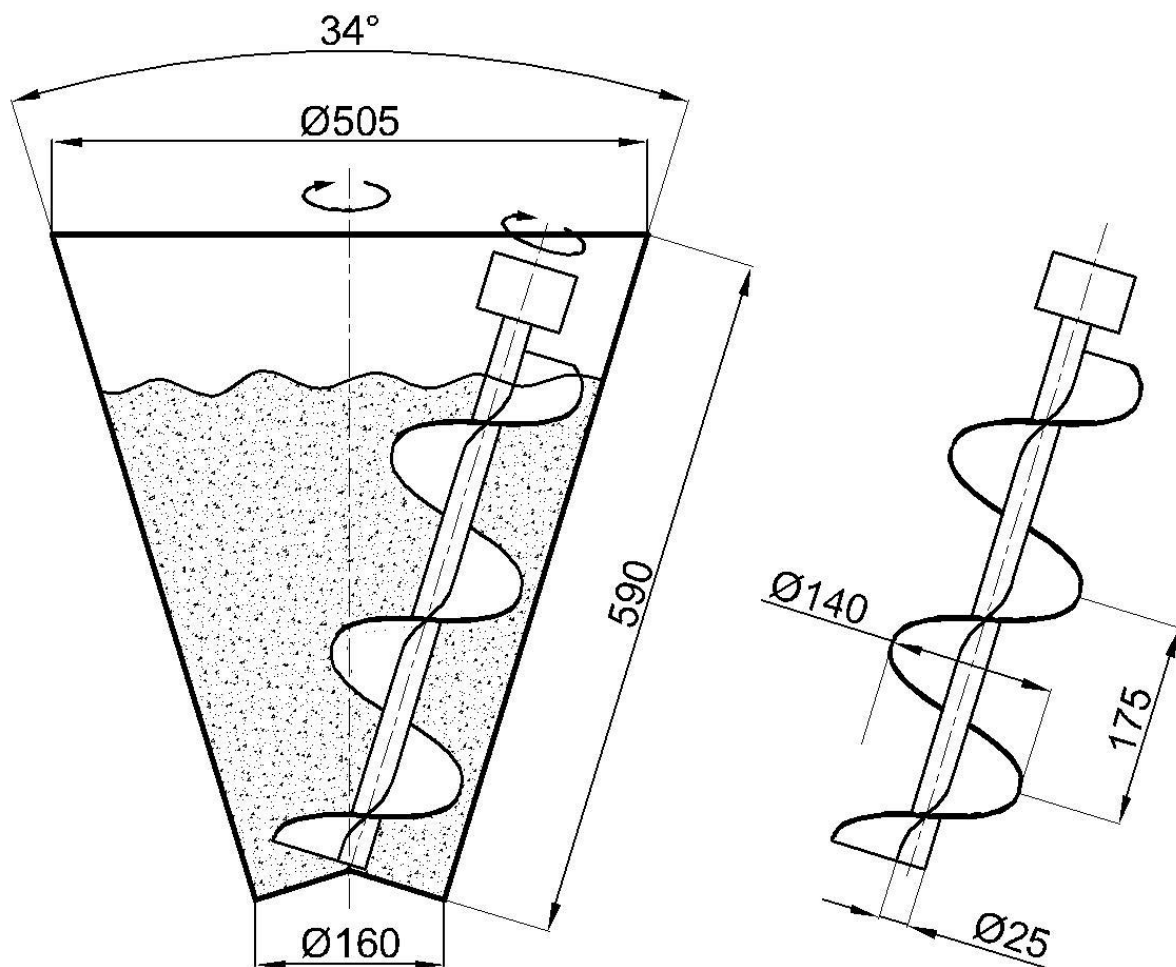


Рисунок 3.2 - Розміри корпусу та шнека змішувача ПШ-24

Електричний струм на якір та обмотку двигуна МІ-32 здійснюється за допомогою блока живлення (рис. 3.3). Обмотка збудження незалежна. На неї подається постійна напруга 220 В від прямокутного моста.

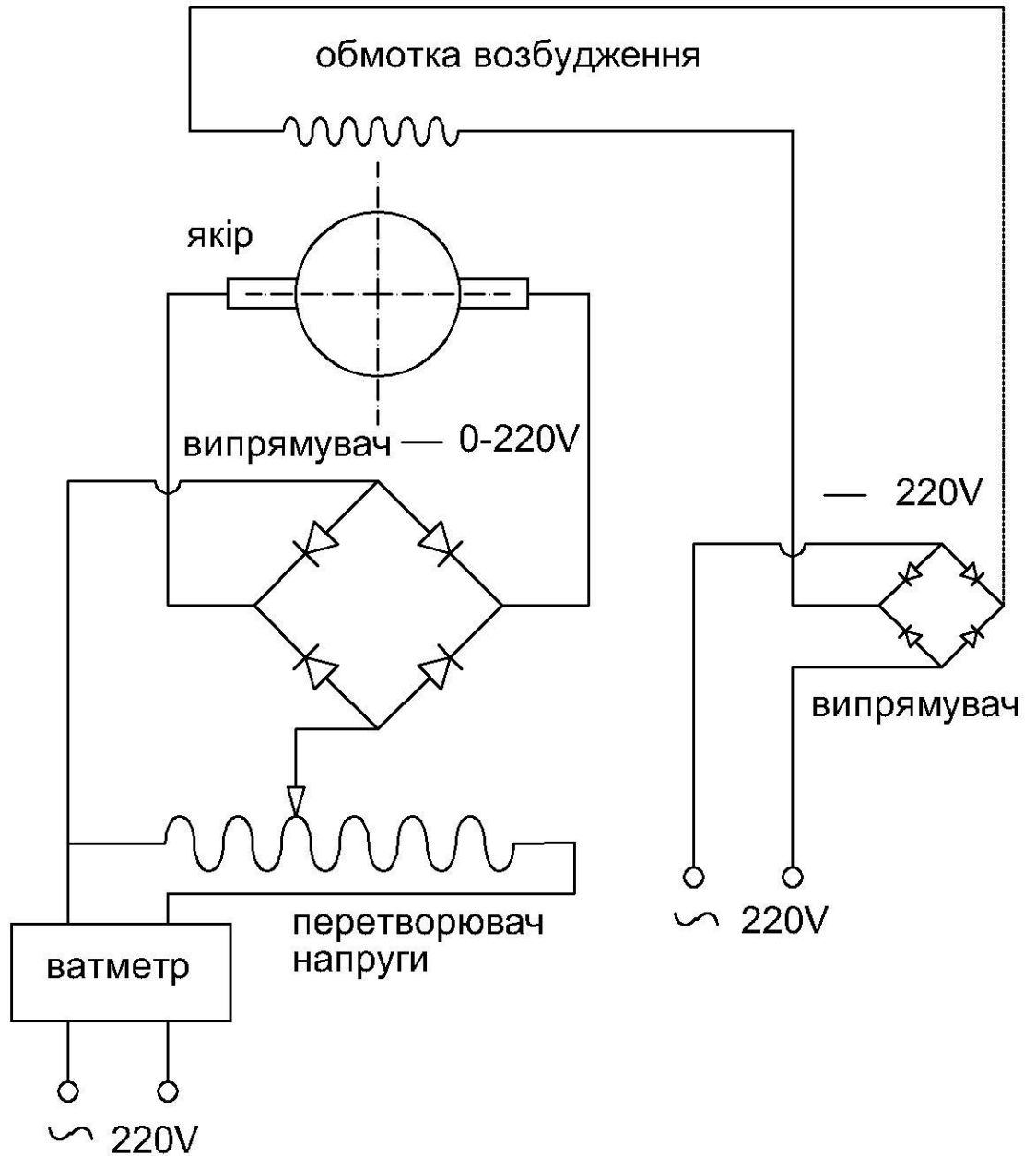


Рисунок 3.3 - Схема підключення двигуна

На ротор (якір) двигуна подається постійна напруга 0-220 В від прямоючого моста. Відповідно напругі змінюється частота обертів двигуна. Зміна здійснюється за допомогою перетворювача напруги (латра).

Частота обертання ротора двигуна вимірюється за допомогою вело комп'ютера ASSIZE AS-820 (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 - Вело комп'ютер ASSIZE AS-820

Цій комп'ютер має функцію відображення частоти обертання колеса, яка і використовувалася в даній роботі.

Вимірювана частота обертання об/хв. 0-3600.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ КОМПОНЕНТІВ

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. Види розподілу компонентів вказані на рис. 4.1. Вхідні матеріали можуть відрізнятися і по агрегатному стані - бути газоподібними, рідкими, твердими. В даній роботі досліджується процес змішування сипких матеріалів. 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.

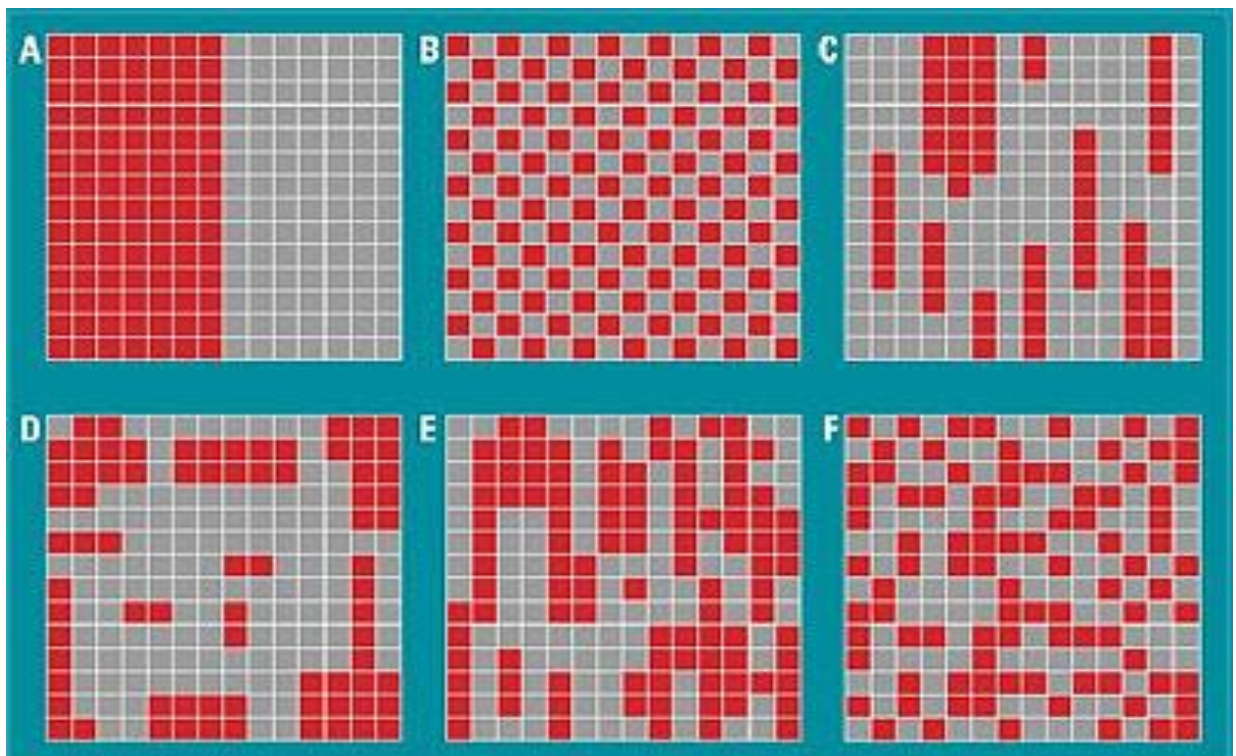


Рисунок 4.1 - Приклади змішаних станів

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)

Під змішуванням прийнято розуміти такий механічний процес, в результаті якого компоненти, що спочатку Процес змішування широко застосовується у різних галузях виробництва: у харчовій промисловості - для утворення емульсій і суспензій, однорідних сумішей сипких матеріалів та інших суцільних середовищ, для інтенсифікації процесів тепло і масообміну; у хімічній промисловості - при виробництві різних хімічних добавок; у сільськогосподарській галузі виробництва - при отриманні комбікормів і добрив; у фармацевтичній знаходяться роздільно, після рівномірного розподілу кожного з них в змішуваному об'ємі матеріалу утворюють однорідну суміш. Ідеальний випадок повного змішування частинок двох компонентів представлений на рисунку (4.1.B). 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 (рис. 4.1.F).

При змішуванні сипучих компонентів велике значення мають співвідношення показників їх щільності і об'ємів. 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.

Має значення також зміст ключового компонента в зміси. Під терміном «зміст ключового компонента» прийнято розуміти співвідношення масової

кількості того з компонентів, якого зазвичай в зміси менше, до того компоненту, якого в зміси більше. Наприклад 0,25; або 25%; або $\frac{1}{4}$. Чим менше це співвідношення, тим трудніше досягається заданий ступінь однорідності.

З практики відомі ряд способів змішування, що відрізняються умовами обробки змішуваних матеріалів в робочому об'ємі змішувача. Найбільш простій з них – періодичний, коли цикл роботи передбачає час завантаження, змішування і вивантаження.

Процес змішування сипких матеріалів є складним механічним процесом, механізм дії якого залежить, головним чином, від способу змішування і конструкції змішувача, що викликає додаткові труднощі в математичному тлумаченні цього явища. Проте, робляться спроби якісного опису процесу змішування. 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).

Ці елементарні процеси протікають в змішувачах одночасно, але ступінь їх впливу в різні періоди часу не однаковий. У початковий період переважає конвективне змішування на рівні макрооб'ємів. Поверхня розділу між різними компонентами невелика, тому частка процесу дифузійного невелика. Ще менший вплив в цей період надає процес сегрегації, оскільки усередині макрооб'ємів, частинки щодо один одного залишаються нерухомі. Швидкість процесу конвективного змішування практично не залежить від фізико - механічних властивостей суміші, оскільки він протікає на рівні макрооб'ємів, тому головний вплив на швидкість процесу змішування у цей момент часу залежить від характеру руху потоків частинок в змішувачі.

Альтернативою періодичному способу змішування може служити безперервний потоковий метод. В цьому випадку 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 конвективне змішування. Тому швидкість процесу сумішеутворення 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. 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).

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].

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 вибіркове 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 змiряної дисперсії S_u^2 під час змішування. Вибіркова дисперсія є оцінкою генеральної дисперсії S^2 .

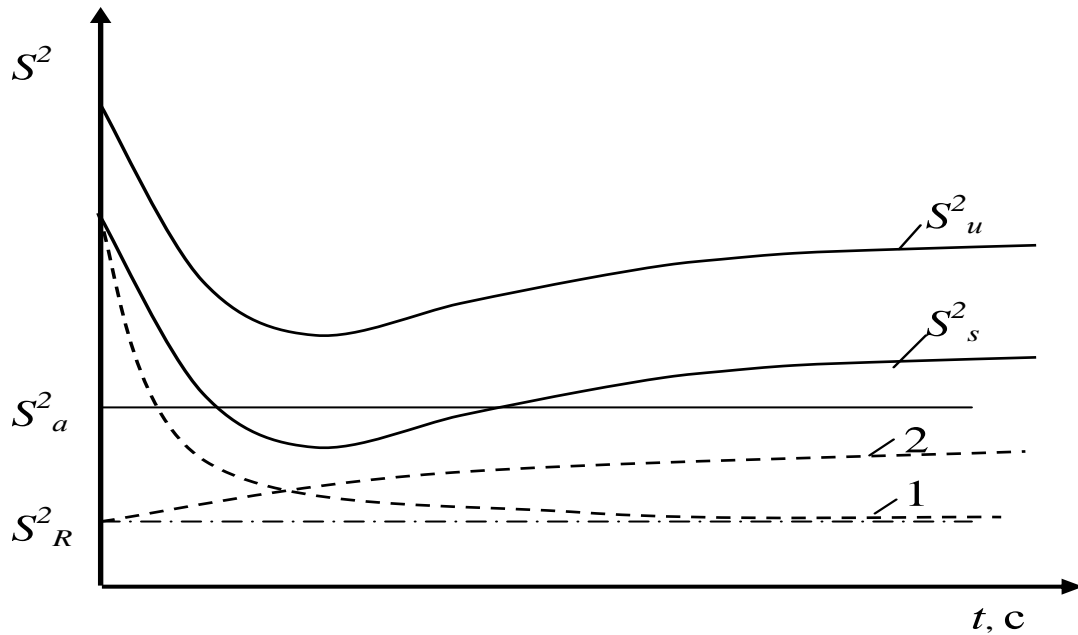


Рисунок 4.2 - Зміна дисперсії розподілу ключового компонента при змішуванні

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.

Зазвичай при дослідженні однорідності розподілу сипучих компонентів не враховується, що 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 (наявністю сегрегації або континуумів);

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.

Очевидно, що дисперсії аналізу і рандомального розподілу ніяк не характеризують ефективність роботи змішувача. Обидві ці величини можуть бути визначені теоретично.

S_a^2 може бути отримана за допомогою статистичної обробки залежних вибірок [1]. Залежними називаються вибірки, у яких проби взяті з одних і тих же точок корпусу змішувача. Теоретично, проби, взяті з одних і тих же точок повинні містити однакову частку ключового компонента. Практично, проби з рівною часткою ключового компонента можна отримати, якщо взяти пробу вдвічі більшої ваги, ніж потрібно для аналізу, добре перемішати вручну і розділити на дві.

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

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 - складне і маловивчене явище. Можна лише відзначити, що вона 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.

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 неоднорідне, 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 переконатися, 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 розміщується. 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 (рис.4.3) 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 -ой 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 вибіркова 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 вибірок середніх верхнього і нижнього шарів \bar{x}_e і \bar{x}_n [8, с.297-303]. Число проб в групах $n_B = n_H = 5$.

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

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

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

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

Визначимо виправлені вибіркві дисперсії верхньої і нижньої груп

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

$$D_{\varepsilon} = \frac{0,12}{4} = 0,0309$$

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

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

де: n_{ε} и n_n кількість проб у верхній і нижній вибірках.

Для коректного порівняння \bar{x}_{ε} і \bar{x}_n необхідно провести перевірку однорідності дисперсій D_{ε} 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 $k_1 = n_{\varepsilon} - 1 = 4$, меншою $k_2 = n_n - 1 = 4$. $F_{кр} = 15,98$.

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

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

Підраховуємо значення критерію Стюдента

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

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

Конкуруюча гіпотеза $H_1: \bar{X}_B \neq \bar{X}_H$, критична область двостороння.

Знайдемо праву критичну точку, для чого спочатку підрахуємо 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, $\bar{x}_B = \bar{x}_H$.

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.

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

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

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 $k_2=10$)

$$F_{кр} = 5,99$$

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

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

Завантаження чавунної тирси проводилось в одному місті на поверхні піску біля точки 1 (рис.4.4; 4.5).

При змішуванні у корпусі змішувача через певний час відбиралися проби по нижче приведеній схемі.

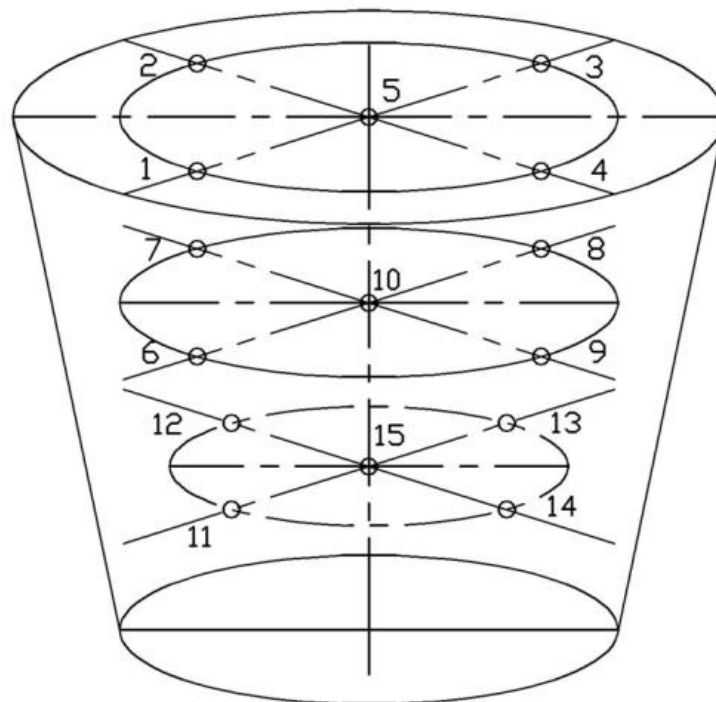


Рисунок 4.3 - Схема відбору проб з корпусу змішувача

Відібрані проби розподілялись на чавунну тирсу та пісок за допомогою магната. Потім ці компоненти важились на аналітичних вагах, та обчислювався зміст ключового компонента.

В таблицях 4.1 - 4.3 приведені результати визначення змісту ключового компонента в пробах, відібраних зі змісті (n шнека=35 об/хв., n водила=2 об/хв.).

Отримані дані оброблялися за допомогою методів математичної статистики.



Рисунок 4.4 - Начальне завантаження чавунної тирси



Рисунок 4.5 - Розподіл компонентів через 12 обертів водила

Таблиця 4.1 - Розподіл ключового компонента через 1 обертів водила

№ проби	Маса ключового компонента, г	Маса основного компонента, г	Зміст ключового компонента, %
	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

$X_{cp} = 3,8$

$V_c = 148,0$

Середні по вертикалі розлічуються незначно

Середні по окружності розлічуються незначно

Таблиця 4.2 - Розподіл ключового компонента через 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

Х_{ср}= 5,596

V_c= 15,128

Середні по вертикалі розлічуються незначно

Середні по окружності розлічуються значно

Таблиця 4.3 - Розподіл ключового компонента через 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 розлічаються незначно

Середні по окружності розлічаються незначно

На рис.4.6 показана зміна коефіцієнта неоднорідності в часі.

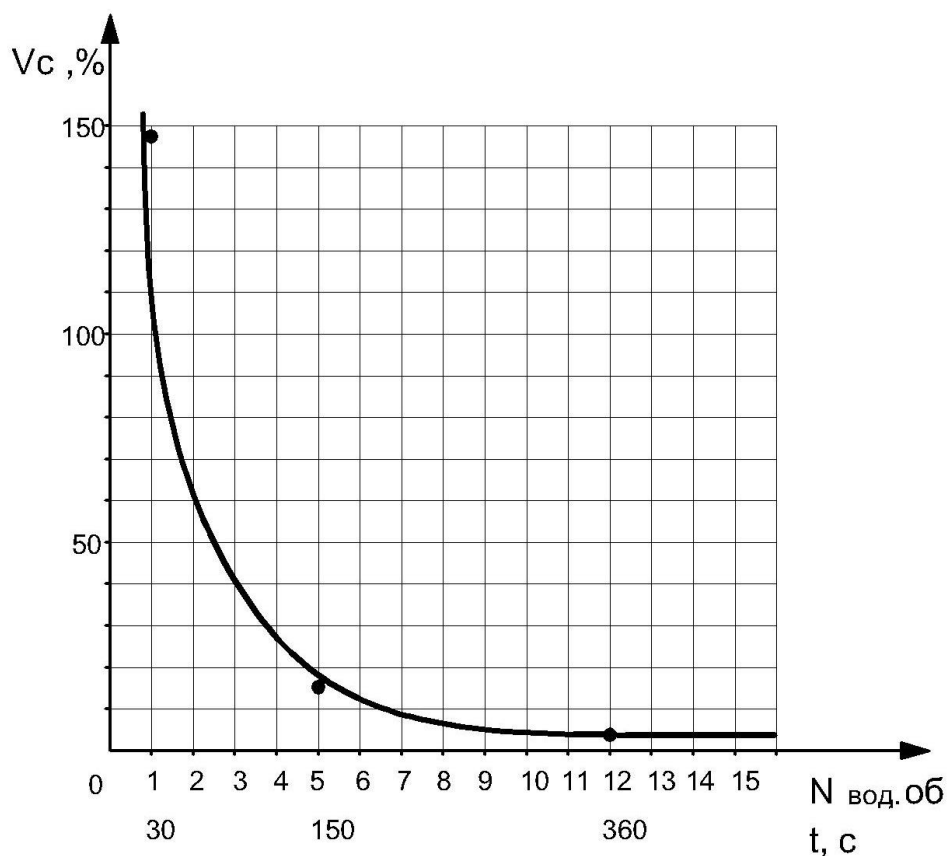


Рисунок 4.6 - Зміна V_c в залежності від часу змішування

4.4 Візуальна оцінка розподілу компонентів

Окрім аналізу складу ключового компонента в пробах проводилось також візуальне спостереження розподілу компонентів як при змішуванні піску та чавунної тирси (рис 4.4; 4.5.), так і при змішуванні поліетиленових гранул з піском (рис 4.7; 4.8) .

В другому випадку спостерігалася сегрегація компонентів.



Рисунок 4.7 - Начальний розподіл гранул поліетилену



Рисунок 4.8 - Розподіл гранул поліетилену через 12 обертів водила

Аналізуючи отримані результати (табл. 4.1 - табл.4.3.), приходимо 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 30 обертів водила ($V_c \approx 3,0\%$).

На рис. 4.8 спостерігається сегрегація компонентів. Вона здійснюється внаслідок того, що гранули поліетилену мають розмір значно більший, чім гранули піску. При руху по поверхні матеріалу вони збираються в нижній часті укосів.

Одним з методів запобігання процесу сегрегації є застосування додаткових змішувальних елементів, що розташовані на водили..

Результати експериментів наведені в пояснювальних записках магістерських робіт що виконані на кафедрі МОПП.

Причини появи сегрегації можуть бути і інші, наприклад різниця чільностей компонентів, різниця форми і.т.д.

5 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ В ПЛАНЕТАРНО-ШНЕКОВИХ ЗМІШУВАЧАХ

Для вимірювання витрат енергії в процесі змішування був використаний ватметр PZEM-021 (рис. 5.1).

Цій ватметр 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)



Рисунок 5.1 - Ватметр PZEM-021

Характеристики:

Живлення: 80 - 260В-переменного току;

Частота: 50 Гц;

Потужність: 4,5кВт;

Максимальний вимірний струм: 20 А;

Діапазон відображення електроенергії: до 9999.9 кВт/ч;

Розміри: 84.6 x 44,6 x 24.4 мм.

За допомогою виші приведеного прибору був зміряний розхід енергії. Дані по розходу енергії,що отримані при проведені експериментів, наведені в додатках.

Матеріали для досліджень:

Пісок Северодонецького 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%.

Результати експериментального визначення енергозатрат на змішування приведені в додатках (рис. Д1 , Д2).

6 Рекомендації до конструювання планетарно-шнекових змішувачів

Проблемним вузлом даної конструкції є нижня опора шнека. В підшипники опори потрапляють матеріали що змішуються. На жаль С.ф.НДІхіммаш не розв'язав цю проблему до кінця, 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. Відомі змішувачі фірми "Nauta" виконуються з консольними шнеками при обсязі корпусу до 3 м³.

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 була зникла.

Кут нахилу твірної корпусу до його осі рекомендується приймати рівним 17°. Такий кут має переважна більшість корпусів.

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.

Затвор змішувача розташовується в нижній частині корпусу. Він призначений для повного вивантаження змішувача. Часткове розвантаження змішувача вимагає застосування затвора спеціальної конструкції, наприклад шиберного [20].

Завод «Дімітровградхіммаш» освоїв виробництво змішувача ПШ-1 з консольним шнеком (Номінальний обсяг камери змішувача - 1 м³) [1]. Мабуть, недоліком цього змішувача можна вважати застосування нестандартних редукторів в приводі шнека і водила. Таке рішення дозволяє зробити конструкцію більш компактною, проте підвищує трудомісткість виготовлення і вартість машини, знижує її ремонтпридатність.

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

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

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].

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

Формула для визначення потужності, що споживається шнеком

$$N_s = \pi \cdot \rho_n \cdot g \cdot \sin(\theta + \varphi_s) \cdot \frac{D_s^2}{4} \cdot \frac{H^2 \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\cos \alpha \cdot (2 \cdot \mu \cdot \operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \alpha)} \cdot \omega_s, \text{ Вт.} \quad (6.1)$$

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

$$P_{oc} = \pi \cdot \rho_n \cdot g \cdot \frac{D_s^2}{4} \cdot H \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot H \cdot \cos(\theta + \varphi_s) \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha}{D_s \cdot \cos \alpha \cdot (2 \cdot \mu \cdot \operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \alpha)} \right], \text{ Н,} \quad (6.2)$$

7 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 «ЕлеМаш» (Білорусь) пропонується розробка типорозмірного ряду сіх змішувачів.(номінальний обсяг корпусу змішувача $V_n, \text{м}^3$) (Табл. 7.1).

Всі змішувачі можуть бути виготовлені в декількох виконаннях (Табл. 7.2).

Таблиця 7.1 - Технічні характеристики планетарно-шнекових змішувачів

Моделі планетарно-шнекового	Повний обсяг (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

Додаткова комплектація:

регулювання швидкості перемішує вузла;

пневматичне управління краном вивантаження продукту (для автоматизації процесу);

програмований контролер для використання в автоматизованих лініях змішування.

Таблиця 7.2 - Пропоновані виконання змішувачів

1	Корозійностійке (12X18H10T)
2	Некорозійностійке (Ст 3)
3	Вибухозахищене
4	Не вибухозахищене
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 10 м³, з корпусом, шнеком та водилом зі сталі 12X18H10T, не вибухозахищене виконання, періодичної дії, з нерегульованою частотою обертання водила і шнека, без сорочки, з розвантаженням через клапанний затвор:

ПШ-10-1/4/5/7/9/10.

8 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 загальновизнано, що 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.

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.

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.

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.

Планова собівартість є прогнозне значення граничної величини витрат на виробництво окремих видів продукції (робіт, послуг), розрахованої на основі прогресивних норм і економічних нормативів на планований період (квартал або рік).

Нормативна собівартість визначає величина витрат на виробі в розрізі встановлених на підприємстві статей, за чинною поточної нормам, нормативи і кошторису (норми витрати сировину, матеріали, напівфабрикати, паливо, енергія, норми і розцінки заробітна плата).

Фактична (звітна) собівартість визначається на основі даних бухгалтерського обліку після закінчення звітного періоду і являє достовірну інформацію про фактичні витрати на виробництво продукції, робіт, послуг. Вона служить основою для економічного аналізу, прогнозування, планування і прийняття рішень на короткострокову та довгострокову перспективу по виготовленню, вдосконаленню або заміни даного виду продукції.

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 узятий [11 таблиця 4 стр.3].

Витрата матеріалів згідно конструкції змішувача ПШ-10 [3].

Ціни на матеріали моніторинг Українського ринку Інтернет ресурсу.

Дані приведені в табл. 8.1.

Висновок.

Склавши калькуляцію собівартості змішувача можемо зробити висновок, що дохід від продажу складе орієнтовно 200000 грн. Для підвищення конкурентоспроможності змішувачів необхідне зниження їх матеріалоемності, особливо корозійностійких сталей, та спрощення конструкції.

Таблиця 8.1 - Вихідні дані для калькуляції собівартості змішувача ПШ-10000

Калькуляція собівартості

№ п/п	Стаття витрат	ЕИ	Вартість Грн
1	Матеріали основні, в тому числі покупні вироби	прямі витрати	
	Лист 12X18Н10Т		418000
	Лист Ст3		4620
	Електроди для 12X18Н10Т		29962
	Електроди для Ст3		1498
	Мотор-редуктор МПО2-15ВК-24,6-11		60000
	Мотор-редуктор МПО1М-10-В-5,74-3/250-АІР100S-У3		19125
	Електродвигун 4А132М4	3112	
	Електродвигун 4А100АS4	3112	
	Система управління (шаф, пускаючи і т.п.)		6224
	Всього		539429
2	Транспортне - заготівельні витрати	маса апарата кг х на 1 грн	5635
3	Пальне, енергія (технологічні)	маса апарата х на 1 грн	5635
4	Основна заробітна платня	вартість нормо-години	56664
5	Додаткова заробітна платня	20 % от п. 4	11333
6	Відрахування в фонди	34,2 % от (п. 4 + п. 5)	23255
7	Витрати на утримання обладнання і знос інструмента	40 % от (п. 4 + п. 5)	27199
8	Цехові витрати	30 % от (п. 4 + п. 5)	20399
9	Загальнозаводські витрати	10 % от (п. 4 + п. 5)	6800
10	Виробнича собівартість	п. 1 + п. 2 + п. 3 + п. 4 + п. 5 + п. 6 + п. 7 + п. 8 + п. 9	696347
11	Поза виробнича витрати	15 % от п. 10	104452,07
12	Всього виробнича собівартість	п. 10 + п. 11	800799
13	Планові накопичення	10 % от п. 12	80080
14	Оптова ціна	п. 12 + п. 13 + НДС 18 %	1039437

9 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. [10], [11].

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 .

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)

9.1 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

9.2 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 захарашувати 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.

9.3 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

9.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

При роботі з електрообладнанням і вимірювальними приладами на кафедрі МОПП можливі наступні аварійні ситуації:

- загоряння горючих матеріалів;
- поразка електричним струмом.

Джерелами загоряння в лабораторіях, комп'ютерному класі можуть бути електронні вузли приладів і блоки комп'ютерів, принтерів, приладів, пристроїв електроживлення, електропаяльники, де в результаті різних порушень перегріваються електронні компоненти схем, дроти, утворюються електричні іскри і дуги, здатні викликати загоряння горючих матеріалів.

Обслуговуючий персонал і користувачі вимірювальних приладів, персональних комп'ютерів зобов'язані знати розташування засобів пожежогасіння та вміти ними користуватися.

При пожежі:

- негайно знеструмити все електрообладнання загальним автоматичним вимикачем;
- негайно евакуювати в безпечне місце постраждалих людей;

- повідомити по телефону 101 до служби порятунку;
- видалити в безпечне місце неушкоджені комп'ютери та прилади;
- приступити до гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння;
- довести до відома керівництво інституту про те, що сталося;
- електрообладнання гасити вуглекислотними вогнегасниками (ВВ), порошковими вогнегасниками (ВПУ) або сухим піском;
- гасити електрообладнання і дроти водою забороняється.

У разі ураження електричним струмом слід негайно знеструмити електрообладнання і викликати швидку допомогу за телефоном 103. Працівники та студенти зобов'язані знати заходи надання першої допомоги потерпілому при ураженні електричним струмом і вміти надати при необхідності.

Негайно повідомити про нещасний випадок безпосереднього керівника робіт, завідувачу кафедри або завідувачу лабораторії.

9.5 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.

10 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.

Розглянута теорія змішування та методи визначення енергетичних витрат.

Приведені дані результатів дослідження процесу змішення в лабораторному змішувачі ПШ-24 проведених в СНУ ім. В. Даля..

Приведені результати теоретичних та експериментальних досліджень енергетичних витрат при змішуванні сипких матеріалів в планетарно-шнекових змішувачах.

Розроблена технічна пропозиція і рекомендації по випуску типорозмерного ряду планетарно-шнекових змішувачів.

Рекомендовано використовувати конструкцію змішувача з двома шнеками (рис.1.10).

Зроблена оцінка економічного ефекту від випуску представника ряду номінальним об'ємом 10 м^3 . Економічний ефект складає приблизно 200 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.РД 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.Вентцель Е. С. Теория вероятностей. -М.: Наука,1973, 368 с.
- 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», затверджені 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. 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.

13. 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.

14. Модестов В. Б. Определение мощности смесителя, необходимой при смешивании сыпучих материалов. Ж. «Химическое и нефтегазовое машиностроение», №3, 2003.

15. Смесители сыпучих материалов/

URL: <http://www.sowergroup.ru/mixer/horizontal-mixers/> (дата звернення: 25.12.2018).

16. Смесители сыпучих материалов/ URL:

<http://www.slgroup.cn/index.html> (дата звернення: 27.12.2018).

17. Смесители сыпучих материалов/

URL: <http://himmiks.com.ua/katalog/smesiteli/smesiteli-dlya-sypuchikh-materialov/> (дата звернення: 27.12.2018)

18. Смесители сыпучих материалов/ URL: <http://elemash->

[m.ru/production/smeshivanie](http://elemash-m.ru/production/smeshivanie) (дата звернення: 27.12.2018)

19. Williams I.C., Khan M.I. The Mixing and Segregations of Particulate Solids of Different Particle Size. The Chemical Engineer, January, 1973, s. 19-25.

20. Смесители сыпучих материалов/

URL: <http://www.1985shengli.com/wzl-double-shaft-mixer-gallery/116.html> (дата звернення: 27.12.2018).

ДОДАТОК А

Результати вимірювання енергетичних витрат на змішування наведено на рис. А1-А2

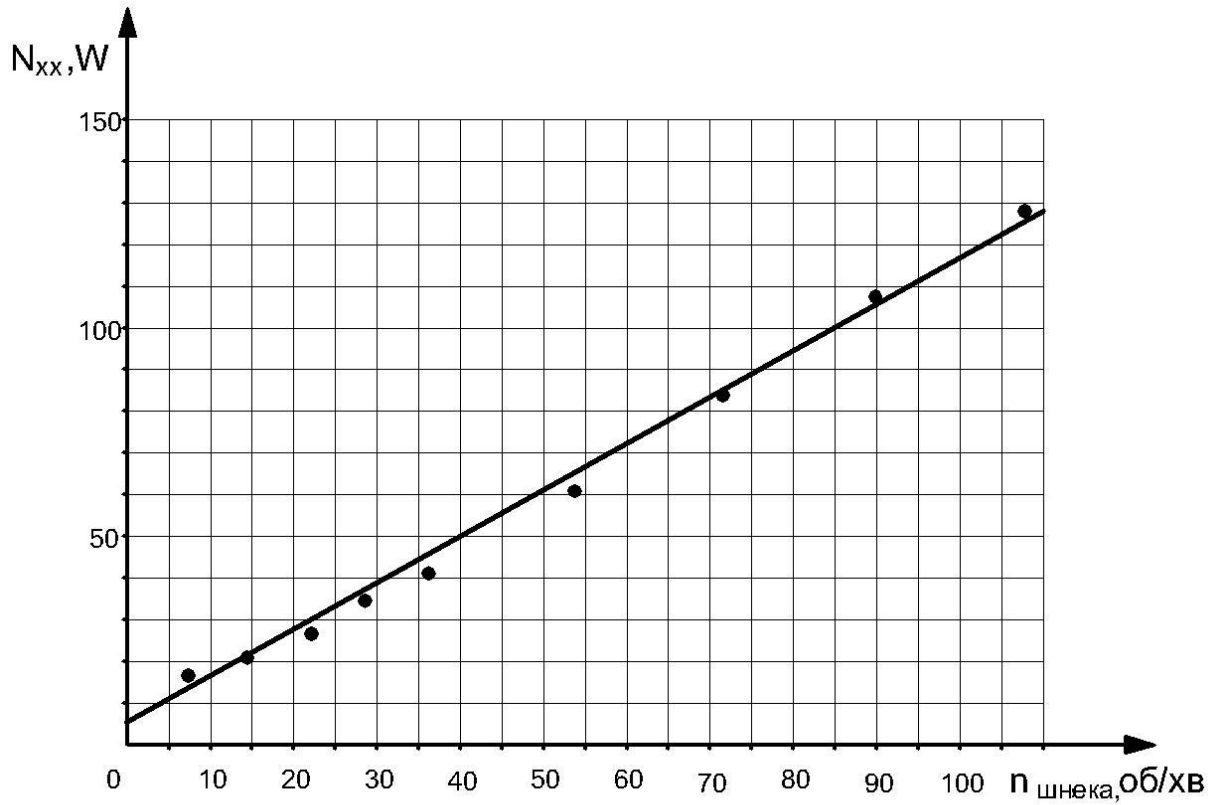


Рисунок А1 - Залежність потужності холостого ходу привода від частоти обертання шнека

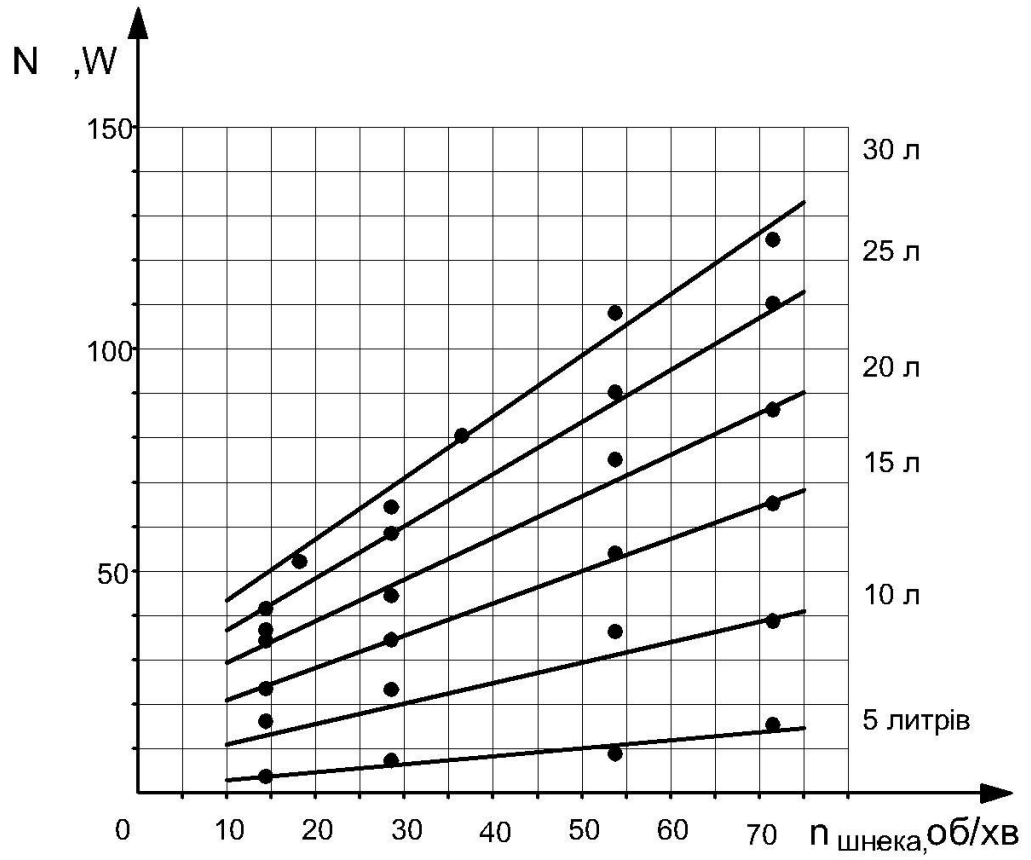


Рисунок А2 - Залежність енергетичних витрат на змішення від частоти обертання шнека при різних загрузках змішувача ПШ-24 піском