

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 планетарно-шнекових
змішувачах

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

Студент групи _____ ОХП-17 зм _____ Кунченко В.В.

Сєвєродонецьк 2019

РЕФЕРАТ

Кунченко В.В. Дослідження енергетичних витрат в планетарно-шнекових змішувачах. Дипломна робота магістра. Східноукраїнський нац. Університет ім В. Даля. 2019 – 82 с., 29 рис., 17 табл., 1 додаток, 22 джерела

ЕНЕРГЕТИЧНІ ВИТРАТИ, ПЛАНЕТАРНО-ШНЕКОВИЙ ЗМІШУВАЧ, СИПКІ МАТЕРІАЛИ, РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ, ПРОЕКТУВАННЯ ЗМІШУВАЧИВ.

Об'єкт дослідження – змішувачі планетарно-шнекові.

Мета роботи – дослідження енергетичних витрат в планетарно-шнековому змішувачі.

Методи дослідження – експериментальне дослідження енергетичних витрат на лабораторній моделі змішувач.

Зроблено огляд розповсюджених в світі змішувачів сипких та пастоподібних матеріалів. Приведені результати наукових досліджень що до енергетичних витрат. Проведено дослідження процесу змішування в планетарно-шнековому змішувачі. Виконано визначення енергетичних витрат в процесі змішування. Розроблені рекомендації до розрахунку енергетичних витрат. Запропоновані заходи що до підвищення конкурентоздатності вітчизняних змішувачів.

ЗМІСТ

	с.
Перелік скорочень, умовних познач, одиниць і термінів	5
Вступ	6
1 Аналітичний огляд	7
1.1 Планетарно-шнекові змішувачі	9
1.2 Змішувачі з вертикальним ротором	16
1.3 Барабанні	18
1.4 Стрічкові	19
1.5 Плужні	21
1.6 Двохроторні	23
1.7 Двохроторні з Z-подібними лопатями	24
1.8 Двохроторні з Z-подібними лопатями і розвантажувальним шнеком	26
2 Ціль та задачі досліджень	28
3 Обладнання для проведення експериментів	28
3.1 Змішувач ПШ-24	28
4 Дослідження енергетичних витрат в планетарно-шнекових змішувачах	34
4.1 Методика вивчення енерговитрат	35
4.2 Експериментальні дослідження енерговитрат	35
5 Дослідження розподілу компонентів	43
5.1 Теорія змішування	43
5.2 Приклад обробки експериментальних даних вибірки	53
5.3 Результати експериментів по змішуванню сухого піску Северодонецького кар'єру з чавунною тирсою	58
6 Візуальна оцінка розподілу компонентів	61
7 Рекомендації до конструювання планетарно-шнекових змішувачів	63
8 Розробка типорозмірного ряду планетарно-шнекових змішувачів	65
9 Економічна оцінка ефективності випуску змішувачів	68

10 Техніка безпеки при роботі в лабораторії	72
10.1 Вимоги безпеки перед початком роботи	72
10.2 Вимоги безпеки під час виконання робіт	73
10.3 Вимоги безпеки після закінчення роботи	75
10.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	75
10.5 Вимоги безпеки при роботі на змішувачах	76
11 Висновки та рекомендації	77
Перелік джерел посилання	78
Додаток А	80

Перелік скорочень, умовних познач, одиниць і термінів

n – число проб у вибірці;

i – номер проби;

\bar{x} – середня концентрація ключового компонента в 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 групі, %;

ρ_n – насипна маса сипучого матеріалу, кг/м^3 ;

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

h – глибина занурення в сипучий матеріал, м;

μ – коефіцієнт бокового тиску;

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

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

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

φ_s – кут зовнішнього тертя сипучого матеріалу об поверхню витка шнека, град;

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

Вступ

У техніці використовуються різноманітні конструкції і принципи дії змішувачів сипких та пастоподібних матеріалів : пневматичні, механічні, вібраційні та інші, проте широке поширення отримали не усі конструкції. Перевагу мають надійні прості машини.

Ця робота направлена на вивчення досвіду, отриманого в процесі створення змішувачів і вивчення їх роботи на хімічних підприємствах.

Перехід на ринкові стосунки потребує підвищення економічної ефективності виробництва. Відомим фактом є те, що серійне виробництво продукції вигідніше, ніж одиничне, тому в цій роботі пропонується до розробки само серійні ряди змішувачів.

Випуск вітчизняного устаткування окрім економічних вигод дає соціальний ефект: збільшує число робочих місць, підвищується кваліфікації фахівців в галузі машинобудування.

Широке застосування мають змішувачі сипких матеріалів які показали при тривалій експлуатації високу надійність і економічність. На кафедрі «Машинознавство та обладнання промислових підприємств» (МОПП) є моделі таких конструкцій, які використовуються для досліджень. Змішувачі сипких матеріалів є широко поширеними машинами в хімічній та інших галузях промисловості. Метою цієї роботи є вивчення конструкцій змішувачів, області їх застосування, а також дослідження енерговитрат в планетарно-шнекових змішувачах.

На кафедрі МОПП є планетарно-шнековий змішувач фірми «Nauta», який використовувався для проведення експериментальних робіт.

1 Аналітичний огляд

Процеси змішування сипких та пастоподібних матеріалів відрізняються, один від одного, але часто цим нехтують.

Змішування є одним з основних процесів, яке широко застосовується в різних галузях промисловості. Процес змішування може здійснюватися примусовим способом в результаті подачі енергії ззовні, зокрема, за допомогою мішалок або шляхом обертання ємності, наповненою компонентами.

Метою змішування є рівномірний розподіл компонентів, котрі змішуються. Воно полягає в переміщенні різних частинок середовища по відношенню один до одного до досягнення однорідності одно - або багатофазної концентрації середовища, щільності, температури і інших властивостей. Це також спосіб інтенсифікації процесів тепло - і масообміну, прискорення реакцій. Оптимізація процесу змішування полягає в досягненні необхідного змішування компонентів в найкоротший час і з найменшими енерговитратами.

Про якість змішування компонентів свідчить розподіл їх концентрації, інакше кажучи, однорідність суміші. При змішуванні двох компонентів, що володіють схожими фізичними властивостями (схожа щільність і величина частинок) теоретично може бути досягнуто кілька станів змішання:

Неоднорідні суміші (що складаються з частинок різної величини) легко піддаються сегрегації і з цієї причини ніколи не досягають стану ідеального безладу. Сегрегація в процесі змішування відбувається майже завжди в тих випадках, коли змішуються компоненти, що сильно розрізняються за фізичними властивостями. Це пов'язано з тим, що дрібні частинки, які знаходяться спочатку зверху, переміщуються в ході процесу змішування вниз і там залишаються, незважаючи на те, що процес триває. Те ж саме можна спостерігати при змішуванні компонентів, що розрізняються по щільності.

Можна зробити перелік змішувачів, які використовуються в наш час на сучасному виробництві. Приклади складені на основі методичних вказівок, та матеріалу взятого с Інтернету.

Перелік найбільш розповсюджених у наступний час змішувачів, приведений нижче, складений на основі літературних матеріалів та даних полічених з Інтернету.

Це слідує конструкції змішувачів [1]:

Планетарно-шнекові;

З вертикальним ротором;

Барабанні;

Стрічкові;

Плужні;

Двохроторні;

Двохроторні з Z-подібними лопатями (ЗЛ);

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

Конкретний вибір конструкції змішувача залежить від таких умов:

- безперервний або періодичний процес;
- обсяг однієї партії матеріалу;
- 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;
- та інше.

С.ф. НДХіммаш розробила типорозмірні ряди змішувачів [3] , а також методику вибору типа змішувача [4] на підставі визначення фізико-механічних характеристик сипких матеріалів. У світі перевага віддається надійним конструкціям, що пом'януті вище.

1.1 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.

Матеріал подається через завантажувальний люк в кришці змішувача. Усередині конусної робочої ємності (паралельно конусу) встановлено шнек, що здійснює планетарне обертання. Тобто, при обертанні шнека навколо своєї осі перемішуємо матеріал піднімається знизу-вгору близько стінок робочої ємності і при обертанні шнека навколо осі ємності утворюється спадний рух матеріалу.

Залежно від технології перемішуємо матеріал може зволожувати введенням рідини аерозольним методом через форсунки в кришці змішувача (опція), при цьому можливе утворення агломератів.

Рух сипучого матеріалу вгору в окремих обсягах близько стінки корпусу - переривчасте воно відбувається тільки в моменти проходження через ці обсяги шнека. Після завершення процесу змішування пневмоциліндром відкривається розвантажувальний клапан. Сипкий матеріал починає витікати через отвір в приймальній пристрій для готової суміші. Випуск суміші виробляють при обертанні шнека.

Окружні швидкості при цьому лежать на рівні 1 м/с і, таким чином, настільки низькі, що змішувальний матеріал не піддається руйнівному впливу і виключаються додаткові ефекти подрібнення. Робоча швидкість обертання в цьому випадку завжди нижче критичної. При цьому під критичною розуміють швидкість, при якій частинки змішаного матеріалу отримують від змішувача інструменту настільки велике прискорення, що описують кругову траєкторію. Вітчизняною промисловістю випускаються шість типорозмірів таких змішувачів з робочим об'ємом камери змішувача 0,63 1,6 3,2 6,3 10 і 16 м³.

Планетарно-шнекові змішувачі були вперше розроблені фірмою «Nauta» (Нідерланди).

Планетарно-шнековий змішувач складається з наступних основних частин (Рис.1.1) [20] конічного корпусу 1, кришки 4, приводу шнека 3, приводу водила 2, шнека 7, запірною механізмом 8 і коробки 9. Шнек 7, який одержує обертання навколо власної осі від мотор-редуктора 3 через дві пари конічних шестерень (знаходяться в коробках передач 5 і 6), здійснює планетарне обертання навколо осі корпусу змішувача від мотор-редуктора 2 через черв'ячний редуктор, пари конічних шестерень і водило 10. Верхній кінець вала шнека 7 має опору в коробці передач 6, а нижній - в шарнірній опорі, закріпленій в нижній частині корпусу змішувача. Приводи шнека і водила змонтовані на кришці 4 корпусу змішувача. У деяких конструкціях планетарно-шнекових змішувачів привід водила - на кришці, а привід шнека знаходиться на окремій плиті розташованій біля нижньої частини корпусу.

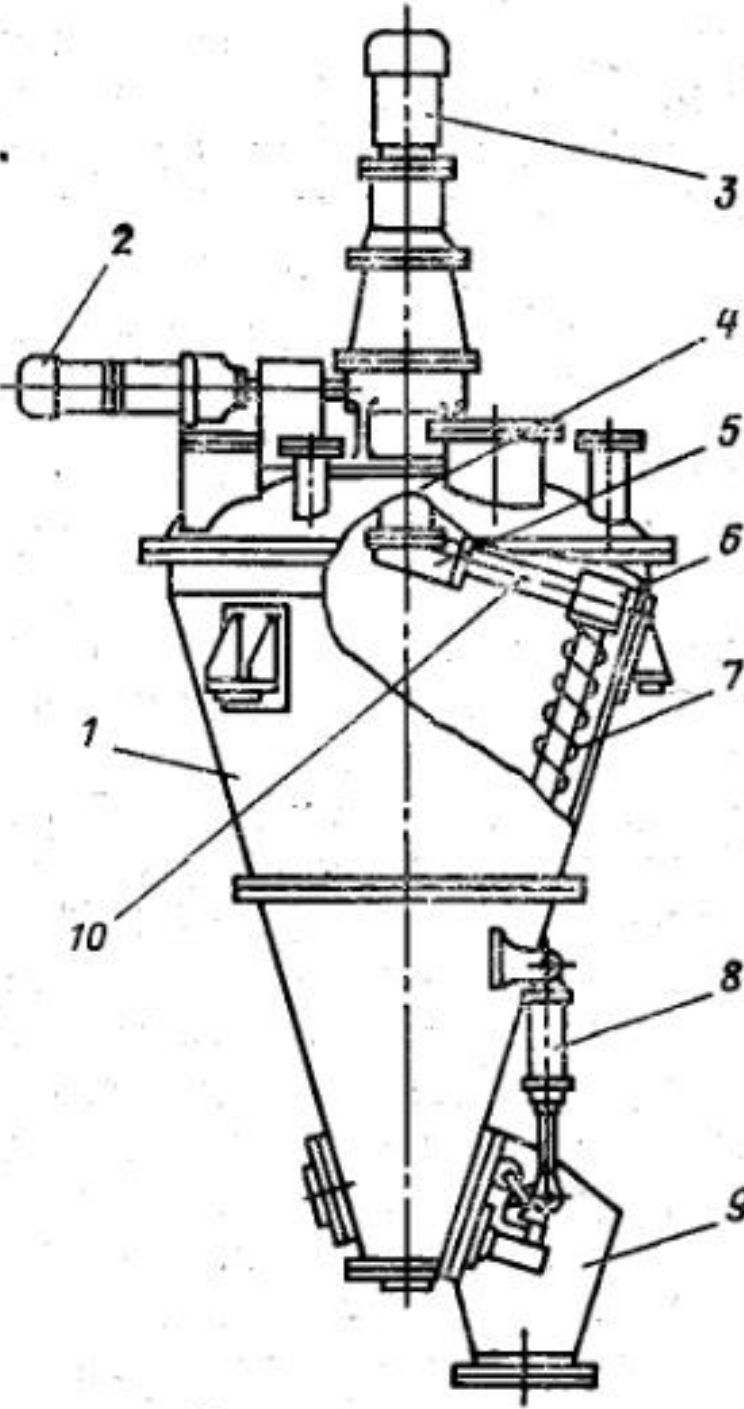


Рисунок 1.1 - Планетарно-шнековий змішувач

Для прикладу розглянемо конструкцію змішувача ПШ-1 розроблену Сєвєродонецьким НДІхіммаш (рис. 1.2) . Призначений для змішування та усереднення партій сипких матеріалів розміром не більше 5 мм, насипною щільністю не більше 1300 кг/м³.

Змішувач ПШ-1 являє собою змішувальну камеру конічної форми. Усередині камери уздовж твірного конуса консольне встановлений шнек, який верхнім кінцем за допомогою муфти з'єднаний з валом водила.

Привід шнека закріплений на кришці камери змішувача. Обертання шнека навколо власної осі - від приводу, що складається з мотор-редуктора або електродвигуна і редуктора, а обертання водила - від мотор-редуктора через муфту і черв'ячну передачу.

Матеріал завантажується через штуцери, які розташовані на кришці. Вивантаження продукту відбувається через розвантажувальний шибєрний затвор, який приводиться в дію пневмоциліндрами.

Змішувачі комплектуються електроустаткуванням у вибухозахисному виконанні; призначені для установки у вибухонебезпечних приміщеннях зони класу В-Іа по ПУЕ-86.

Середовище в камері змішувача - вибухонебезпечна категорії ПА, групи Т4 згідно з ГОСТ 12.1.011-78, шкідлива, 3 і 4-го класів безпеки за ГОСТ 12.1.007-76, не корозійні для виконання 14У і корозійна для виконання 14К.

Кліматичне виконання змішувача - У3 по ГОСТ 15150-69.

Перелік штуцерів в табл. 1.1.

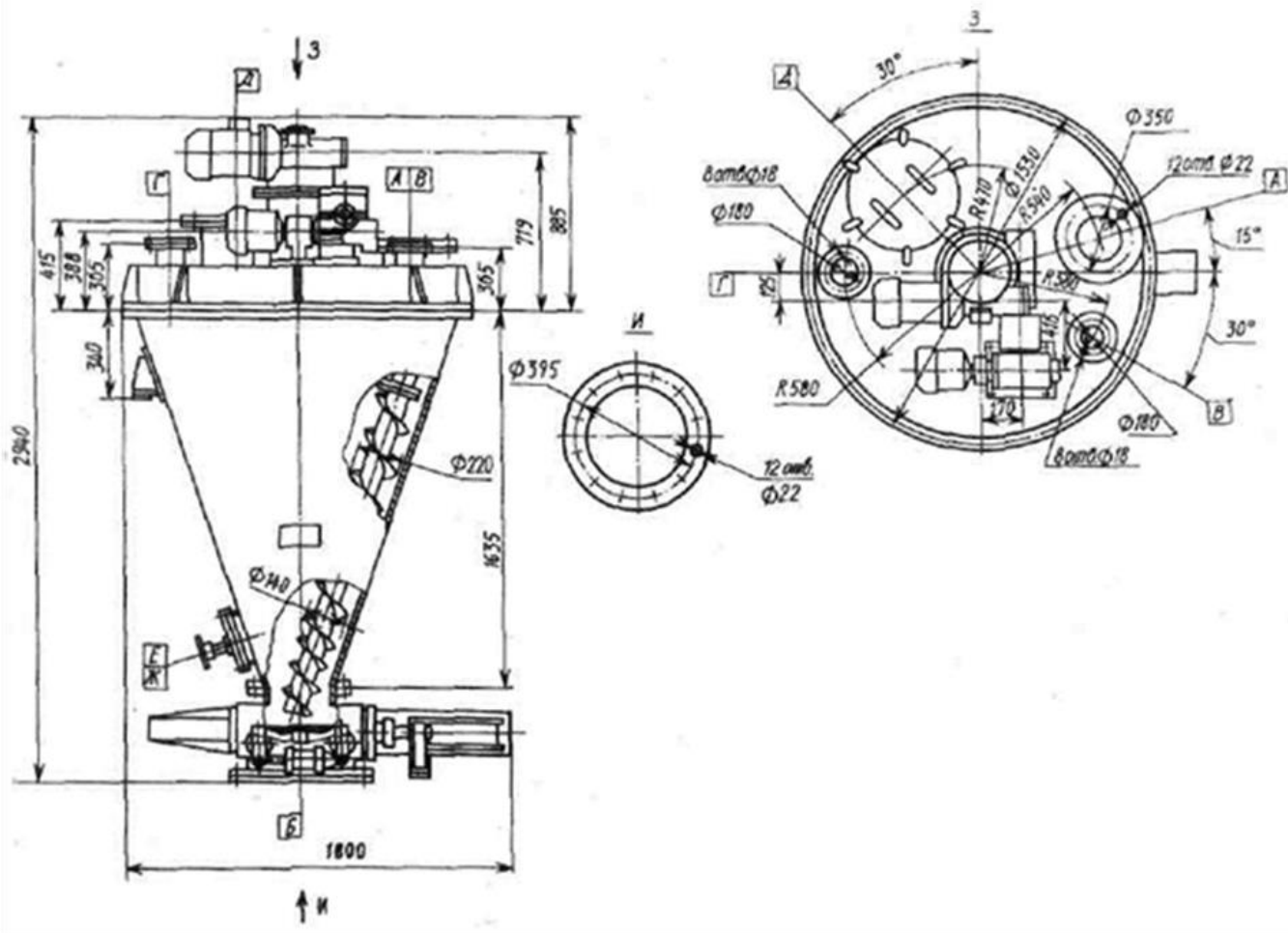


Рисунок 1.2 - Змішувач ПШ-1

Таблиця 1.1 – Призначення та параметри штуцерів

Позн.	Призначення	Кол.	Умовний прохід, Ду, мм	Умовний тиск Р _у , МПа
А	Завантаження сипких компонентів	1	250	0,1
Б	Вивантаження готового продукту	1	250	0,1
В	Резервний	1	100	0,1
Г	Резервний	1	100	0,25
Д	Люк	1	350	0,1
Е	Люк	1	15	0,1
Ж	Для відбору проб	1	50	0,1

Технічна характеристика:

Обсяг змішувальної камери, м³:

номінальний 1

робочий 0,63

Коефіцієнт заповнення змішувальної камери. 0,5-0,8

Робочий тиск, МПа, не більше:

в камері змішувача 0,002

в пневмосистемі 0,4 - 1

Робоча температура в змішувальній

камері, ° С. від 0 до +45

Тип електродвигуна:

приводу шнека АІМ90L4

приводу водила В71В4

Потужність електродвигуна, кВт:

приводу шнека 2,2

приводу водила 0,75

Частота обертання, об./хв.:

шнека 120

водила 3,663

Габаритні розміри, мм 1800x1530x2940

Маса без автоматики, кг, не більше:

загальна:

для виконання 14У-01 1100

для виконання 14К-02 1070

для виконання 14К-03 1060

в тому числі корозійностійкої сталі 610

ПШ-1 є покращеним виконанням змішувача ПШ-0,63. Відмінністю є: консольний шнек, шиберний розвантажувальний затвор, привід з черв'ячними редукторами. Консольний шнек працює набагато надійніше і краще, ніж шнек з нижньою опорою. Шиберний затвор надає можливість проводити часткове вивантаження суміші. Черв'ячні приводи шнека і водила спеціальної конструкції дозволили знизити масу змішувача і рівень шуму.

Численні фірми в світі також випускають цей тип змішувачів. Наприклад, фірма SHUANGLONG GROUP (Китай)[16] (Рис. 1.3).



Рисунок 1.3 - Планетарно шнековий змішувач фірми SHUANGLONG GROUP (Китай)

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.

Змішувачі цієї конструкції зазвичай мають порівняно невисоку інтенсивність змішування і потужність приводу шнека і водила. Характерна відсутність застійних зон і повне вивантаження матеріалу з корпусу після замісу.

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

1.2 З вертикальним ротором

Змішувачі з вертикальним конічним корпусом мають усічений конічний корпус (Рис. 1.4).

По осі корпусу розташований вертикальний ротор з стрічками, що транспортують матеріал вгору.

Цей змішувач добре показав себе при змішуванні незв'язних сипучих матеріалів. При змішуванні зв'язних матеріалів, що мають невелику насипну вагу матеріал обертася разом з ротором.

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

Для приготування сумішей карбонільного заліза С.ф. НДІхіммаш був спроектований, виготовлений і поставлений на виробництво один зразок такого змішувача робочим об'ємом 0,63 м³. Карбонільне залізо являє собою дрібнодисперсний залізний порошок, який застосовується для виготовлення сердечників електричних котушок та має велику насипну масу.



Рисунок 1.4 - Змішувач з вертикальним конічним конусом фірми .
SHUANGLONG GROUP (Китай) [16]

Змішувач успішно пройшов приймальні випробування. Але при вивантаженні змішаного матеріалу через затвор, розташований в нижній частині корпусу невелика його кількість залишалася на стрічках ротора і в зазорі між стрічкою і днищем. Матеріал що оставався від попереднього замісу змішувався з матеріалом з нового завантаження, тому ця обставина не перешкоджало експлуатації змішувача.

1.3 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 на рис.1.5, на 1.6 змішувач фірми «ХімМікс»

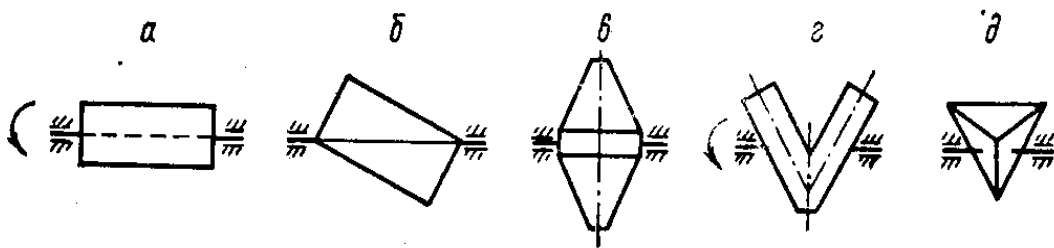


Рисунок. 1.5 - Форми корпусів барабанних змішувачів



Рисунок 1.6 - 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 так же для опудрювання.

Вони ефективні для змішування продуктів, в состав яких входять компоненти с хрумкої структурою.

1.4 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.1.7).

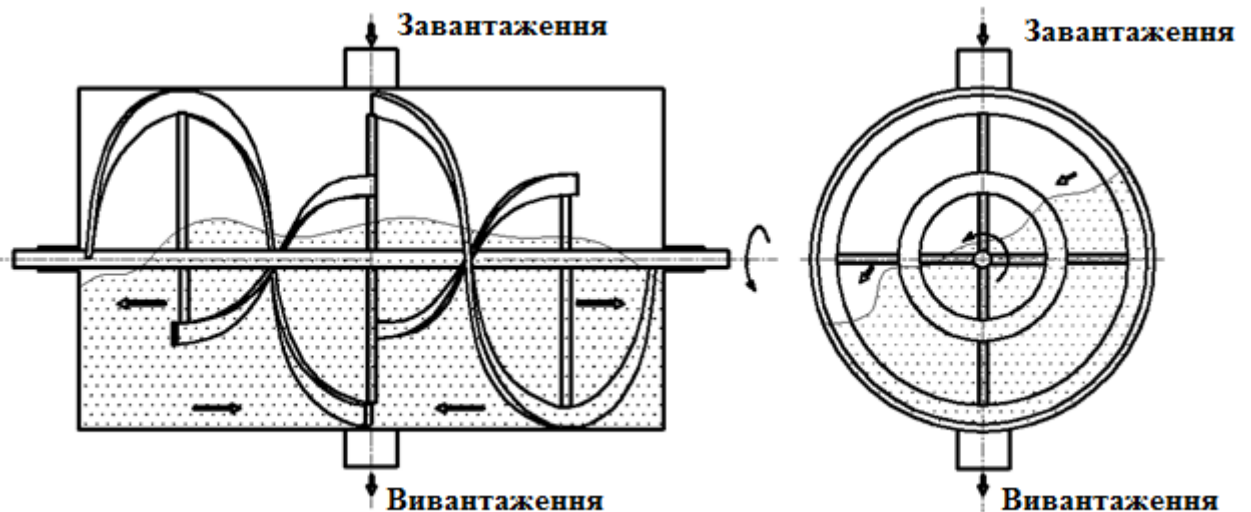


Рисунок. 1.7 - Стрічковий змішувач

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.

Ці змішувачі 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, завдяки чому вони є однією з найбільш розповсюджених конструкцій в світі.

Приклад конструкції змішувача на рис.1.8.



Рисунок 1.8 - Стрічковий змішувач фірми SOWERGROUP [15]

1.5 Плужні

Ці змішувачі мають ротор, що обертається навколо горизонтальної осі в нерухомому корпусі, який має робочі елементи у вигляді плужка, які переміщують матеріал по осі корпусу (рис.1.9). 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. Приклад конструкції змішувача рис.1.10.

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.

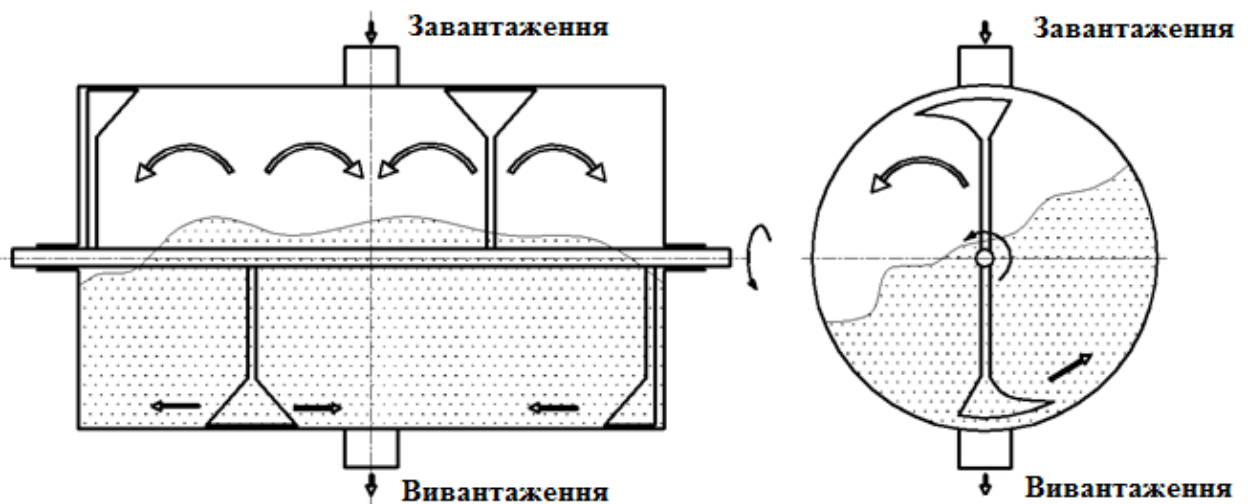


Рисунок 1.9 - Плужні змішувачі

Ці апарати 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.

Він застосовується там, де треба мати високу швидкість змішування. Його часто оснащують диспергуючими головками, та застосовують там, де треба виконувати подрібнення агрегатів.

Як що збільшити довжину корпусу, він може використовуватися як змішувач безперервної дії.

Ця конструкція застосовується в будівельній, харчовій, хімічній промисловості.

Були також проведені досить успішні експерименти по приготуванню обмазочних мас зварювальних електродів.



а)



б)

Рисунок 1.10 - Плужні змішувачі фірми SHUANGLONG GROUP (Китай) [16]. а) Зовнішній вигляд. б) Ротор

1.6 Двохроторні

Це новий перспективний тип змішувачів що згоден для приготування як добре сипучих матеріалів, так і зв'язаних, а також пастоподібних невеликої в'язкості [12]. Приклад конструкції змішувача рис.1.11..

Він має можливість взаємного очищення лопатей, подрібнення агрегатів, високу інтенсивність змішування.



Рисунок 1.11 - Змішувач WZL-4
фірми SHENGLI (Китай)[20]

Характеристика змішувача WZL-4

загальний обсяг: 4000 л;

потужність: 30 кВт;

матеріал: вуглецева сталь;

Оснащений мотор-редукторами з синхронними двигунами;

Сальникові ущільнення;

Люки з боку для обслуговування;

Клапани для розвантаження наїжені пневматичним циліндром.

Принцип роботи: змішувач має корпус подвійної U- подібної форми, паралельно висям U- подібної форми розташовані вали з кількома лопатями. Два вала, які приводиться в дію двома синхронними двигунами, викидають матеріал один до одного, та рівномірно змішують його в дуже короткий час.

1.7 Двохроторні з Z-подібними лопатями

Ці змішувачі мають два ротора з паралельними осями, які розташовані горизонтально. Вони призначені для роботи з високов'язкими матеріалами. Конструкції роторів можуть бути різні. Найчастіше застосовуються Z-образні ротори, тому вони мають таку назву [1].

Ротори обертаються назустріч один одному з різними частотами обертання (рис.1.12).

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. 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. Приклад конструкції змішувача рис.1.13.

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

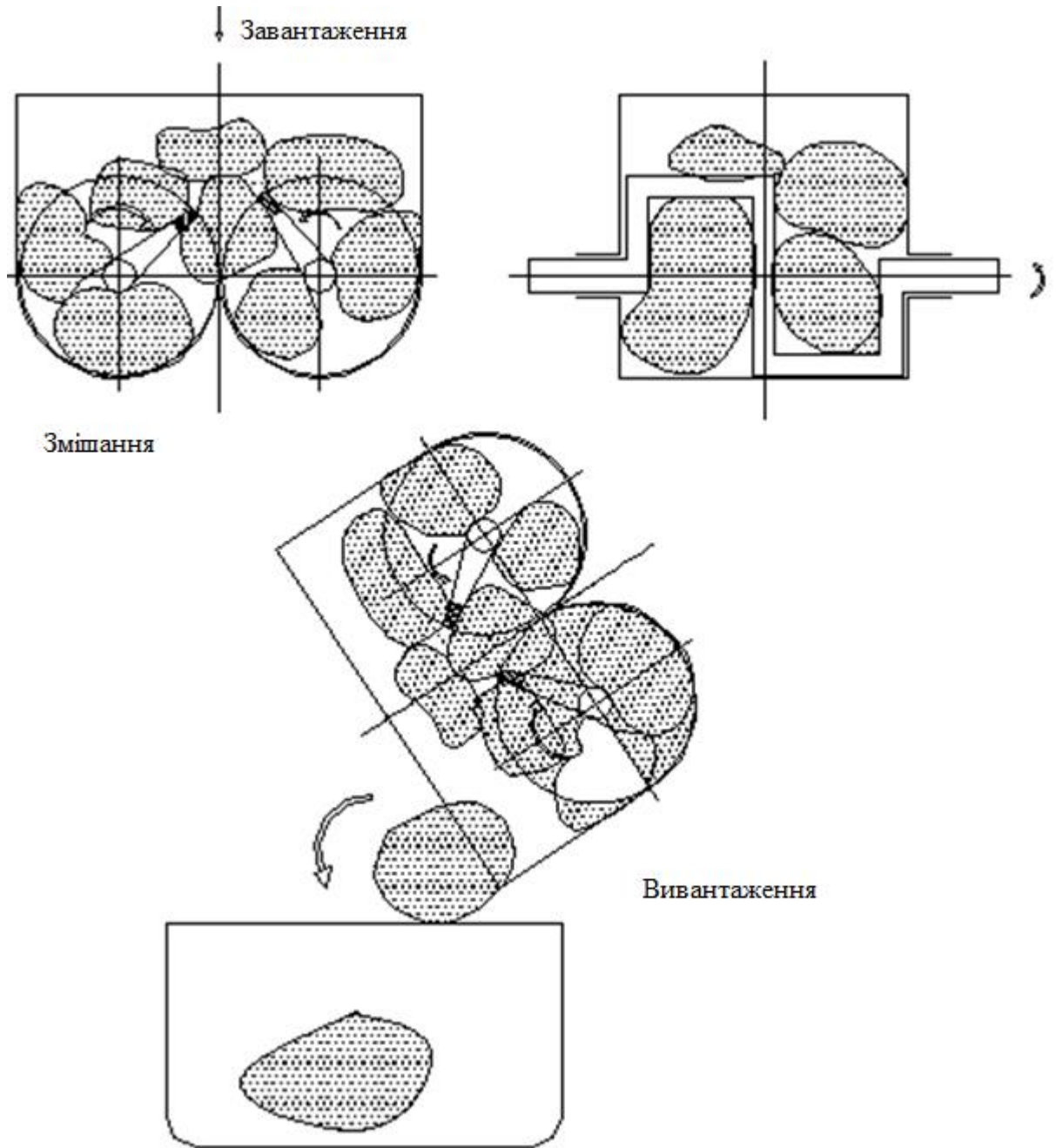


Рисунок 1.12 - Змішувачі з Z-подібними лопатями

Розвантаження отриманої суміші, зазвичай пастоподібної, відбувається шляхом перекидання корпусу навколо осі одного з роторів при їх обертанні, шляхом гравітаційного вивантаження суміші з корпусу.

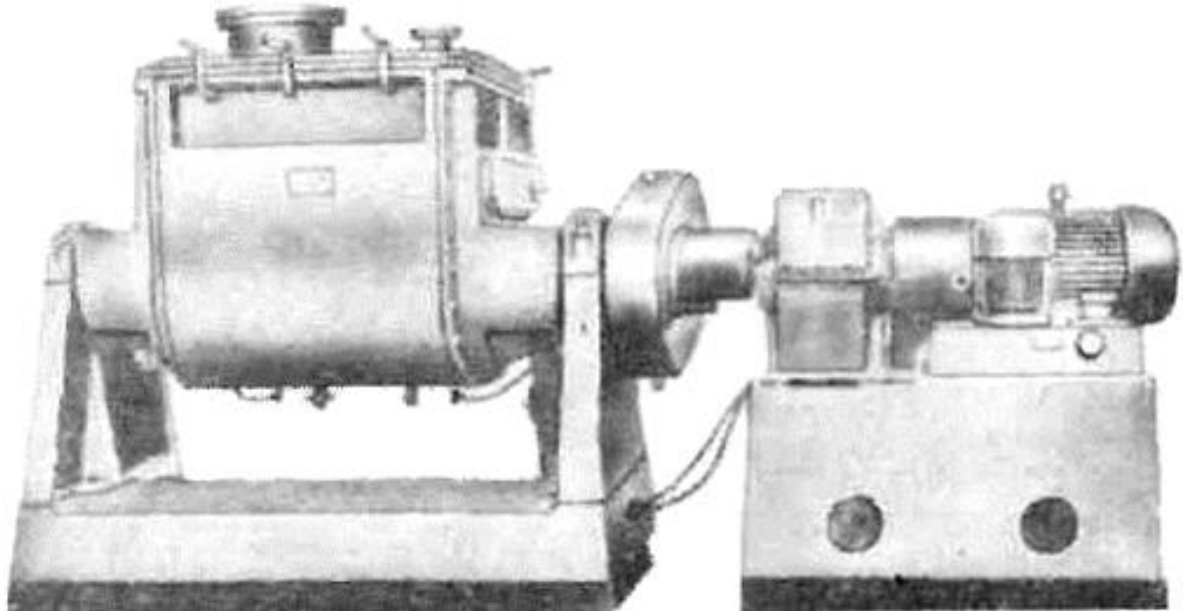


Рисунок 1.13 - Змішувач з Z-подібними лопатями ЗЛ-630 [3]

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. Їх застосування виправдане при проведенні складних процесів: змішання паст або приготування паст із сипучих компонентів.

1.8 Двохроторні 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.1.14). Приклад конструкції змішувача рис.1.15.

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 з попередньою конструкцією, приведеної в розділі 1.7 (ЗЛ).

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.

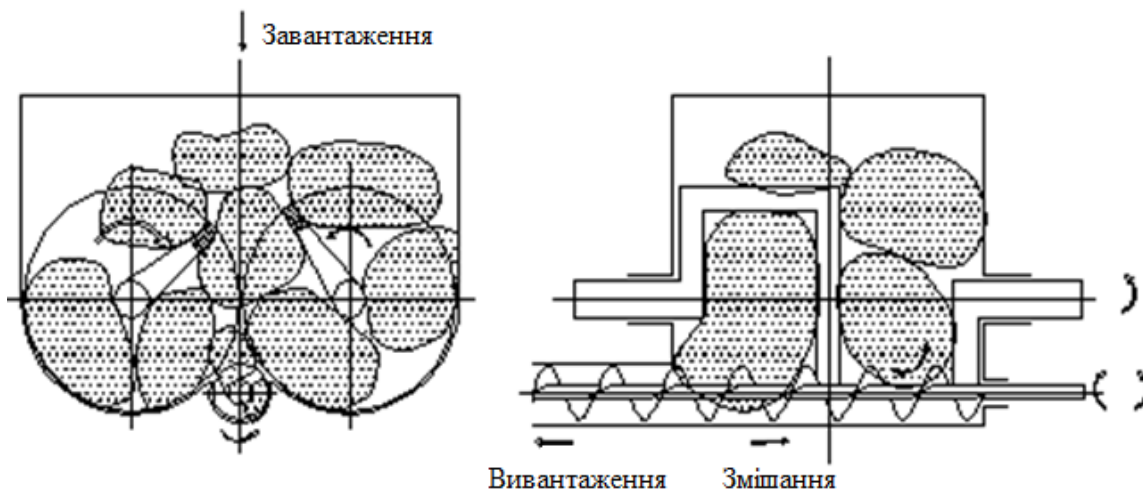


Рисунок 1.14-Змішувачі з Z-подібними лопатями і розвантажувальним шнеком

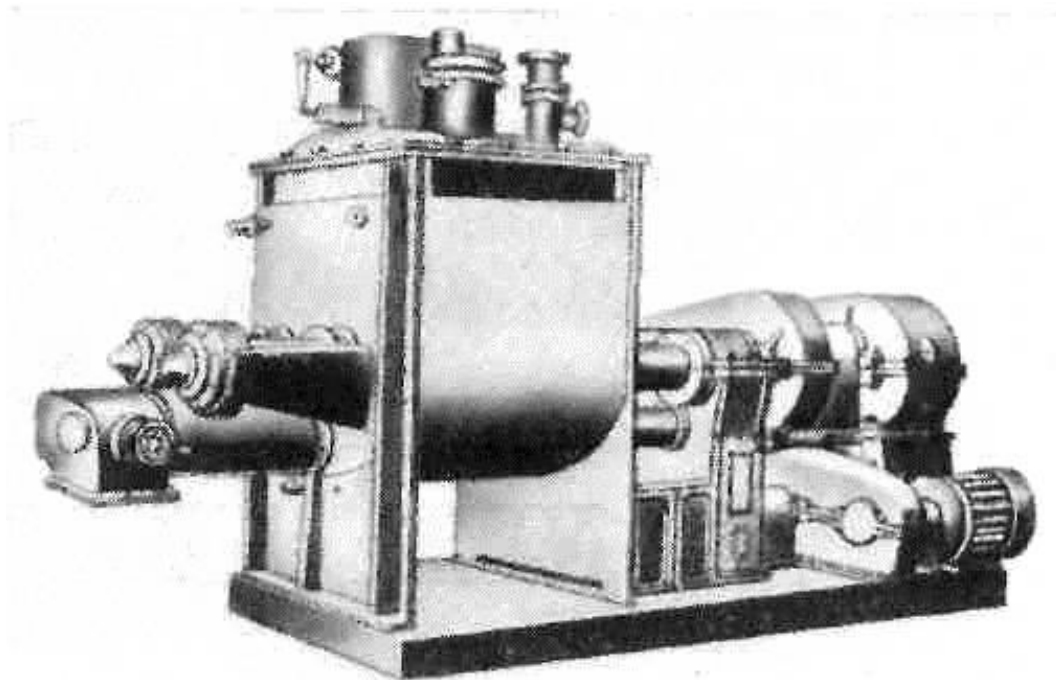


Рисунок 1.15 - Змішувач з Z-подібними лопатями і розвантажувальним шнеком ЗШ-1000 [3]

В [1] приведено приклад використання подібної конструкції змішувача для приготування маси яка потім гранулювалася методом пресування. Спочатку маса змішувалась, здійснювалось подрібнення злежалого матеріалу. Потім, шнек включався на розвантаження і здійснювалось живлення установки гранулювання. Таке використання змішувача в якості також живителя дозволило удосконалити умови праці, підняти вироблення, підняти якість гранульованого продукту.

2 Цілі та задачі досліджень

Основним предметом досліджень є енергетичні витрати в планетарно-шнекових змішувачах з одним шнеком. В лабораторії кафедри МОПП проведено також декілька робіт по дослідженню процесів змішування в ньому. Крім того, приведені теорія змішування та деякі результати дослідження розподілу компонентів.

Отримані результати є базою для зрівняння з модифікованими конструкціями які були предметом досліджень других студентів. Ці дані дозволяють робити висновки о доцільності модифікацій.

3 Обладнання для проведення експериментів

3.1 Змішувач ПШ-24

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

Технічні характеристики ПШ-24

Робочий об'єм, л

до 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;

Розміри корпусу та шнека на рис.3.2;

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 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.

Живлення двигуна МИ-32 здійснюється за допомогою блока живлення (рис. 3.3).



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

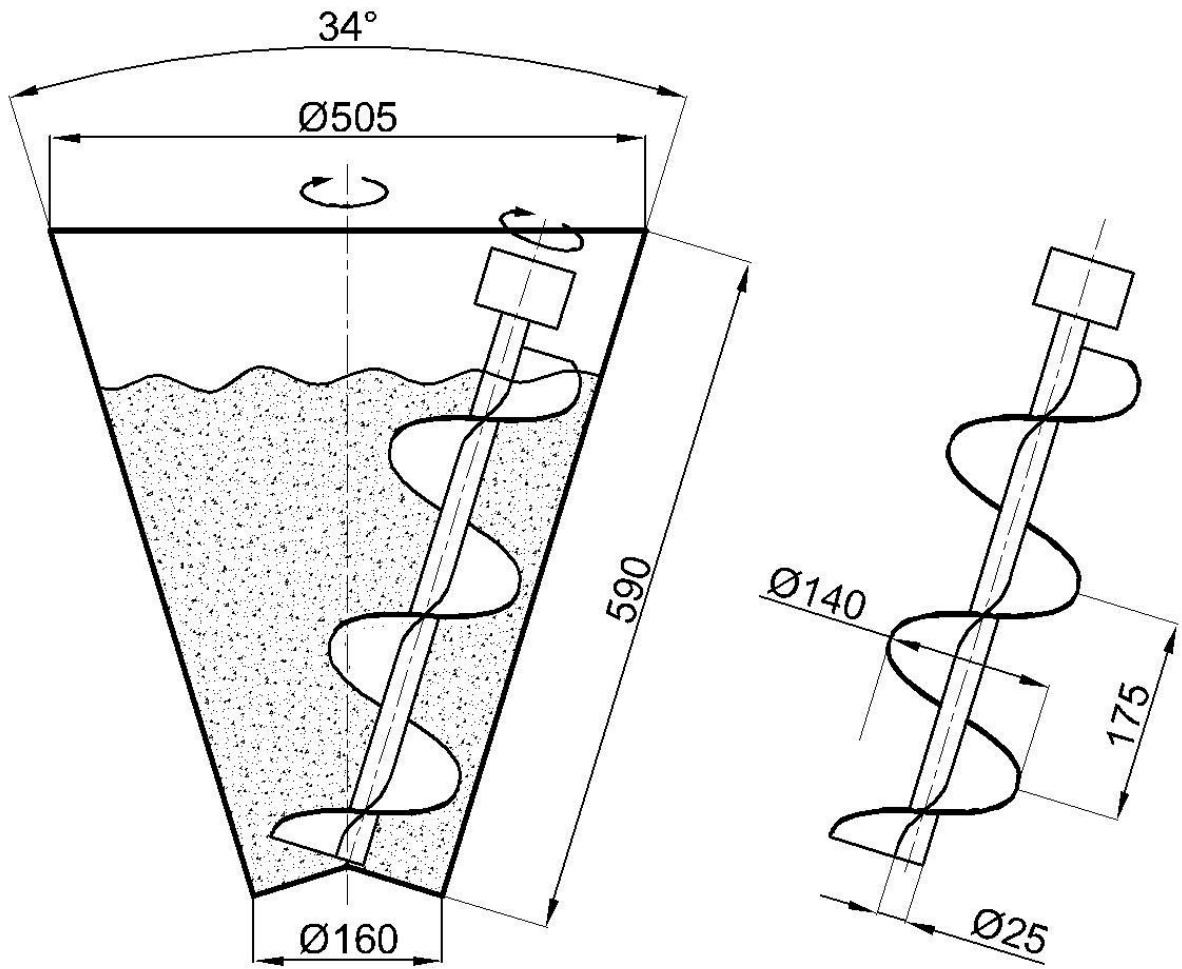


Рисунок 3.2 - Розміри корпусу та шнека змішувача ПШ-24

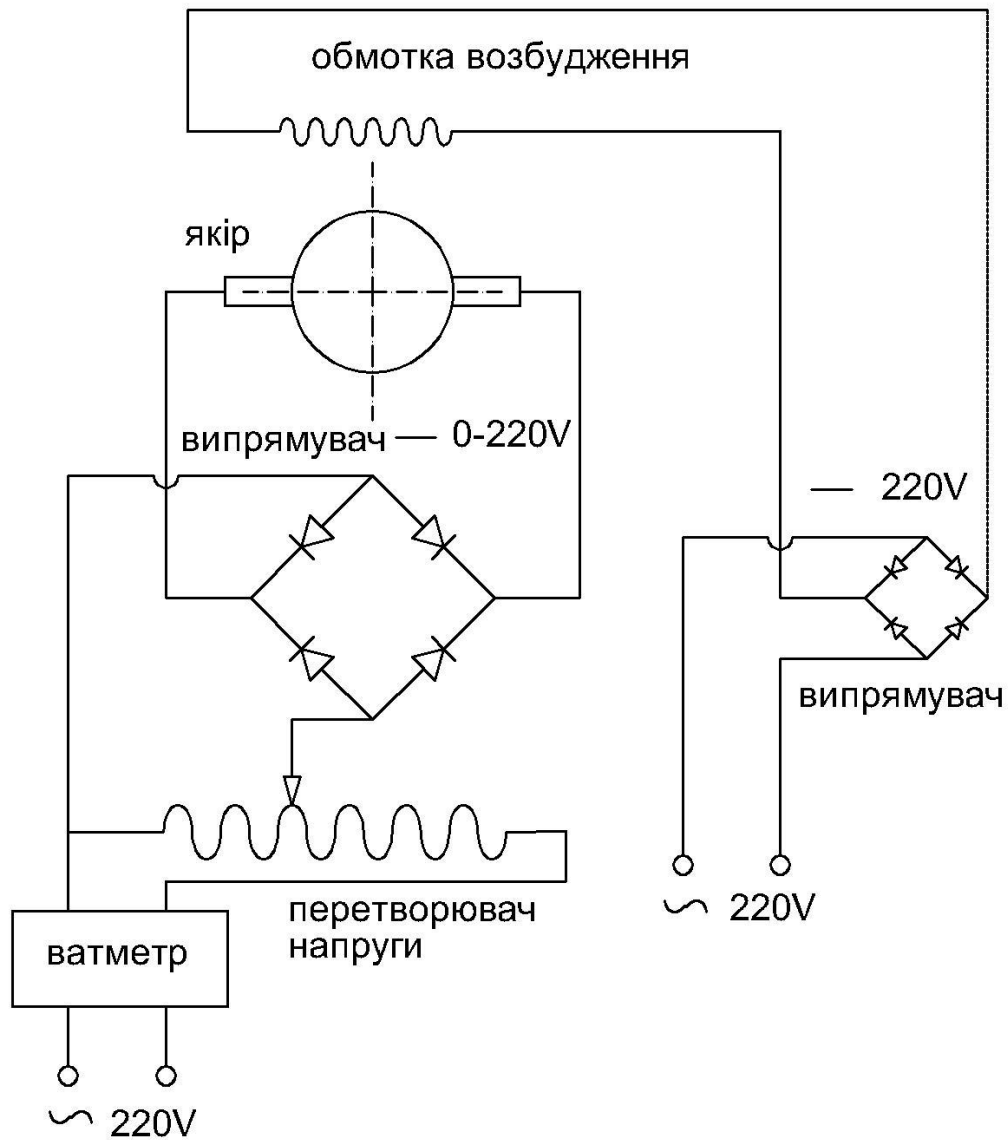


Рисунок 3.3 - Схема підключення двигуна

Обмотка збудження 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 (рис.3.4).



Рисунок. 3.4 - Вело комп'ютер ASSIZE AS-820

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

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

4 Дослідження енергетичних витрат в планетарно-шнекових змішувачах

Для вимірювання витрат енергії в процесі змішування був використаний ватметр PZEM-021 (рис.4.1). Цій ватметр застосовується для виміру потужності підключеного активного навантаження.

Він єдино терміново відображає 4 параметра вимірювання:

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



Рисунок 4.1 - Ватметр PZEM-021

Характеристики:

Потужність: 4.5кВт

Живлення: 80 -260В-переменного 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 приведенного прибору був вимірян розхід енергії. Дані по розходу енергії,що отримані при проведенні 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%.

4.1 Методика вивчення енерговитрат

Дослідження енерговитрат були визначені як різниця вимряної Ватметром PZEM-021 потужності та потужності холостого руху при однакових частотах обертання двигуна. Енерговитрати на змішування N визначалися по формулі

$$N = N_u - N_{xx}, \quad \text{Вт} \quad (4.1)$$

где: N_u – виміряна потужність, Вт;

N_{xx} – потужність холостого руху, Вт.

4.2 Експериментальні дослідження енерговитрат

Отримані результати експериментів приведені в таблицях 4.1-4.7. а також на рисунках 4.2; 4.3.

Таблиця 4.1 - Енерговитрати двигуна на холостому ході

Холостой ход n двигуна, об/хв	Показання Ватметра PZEM-021		
	Nxx, 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 4.2 - Енерговитрати двигуна при завантаженні 5л піску

Завантаження 5 л піску n двигуна, об/хв	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 4.3 - Енерговитрати двигуна при завантаженні 10 піску

Завантаження 10 л піску n двигуна, об/хв	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 4.4 - Енерговитрати двигуна при завантаженні 15л піску

Завантаження 15 л піску n двигуна, об/хв	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 4.5 - Енерговитрати двигуна при завантаженні 20л піску

Завантаження 20 л піску n двигуна, об/хв	Показання Ватметра PZEM-021			Споживана потужність, N, W
	Nu W	U, V	I, A	
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 4.6 - Енерговитрати двигуна при завантаженні 25л піску

Завантаження 25 л піску n двигуна, об/хв	Показання Ватметра PZEM-021			Споживана потужність, N, W
	Nu W	U, V	I, A	
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 4.7 - Енерговитрати двигуна при завантаженні 30л піску

Завантаження 30 л піску n двигуна, об/хв	Показання Ватметра потужність, PZEM-021			Споживана потужність, N, W
	Nu, W	U, V	I, A	
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

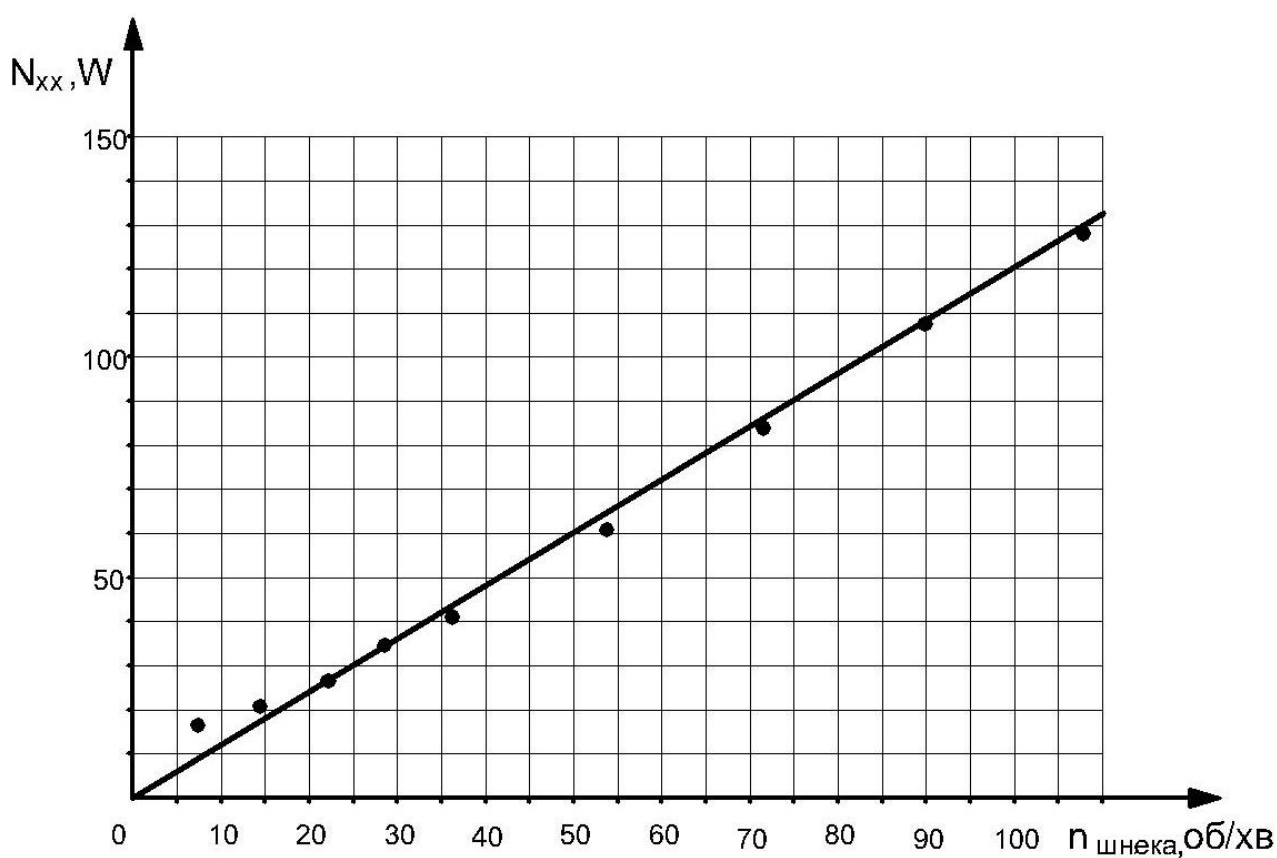


Рисунок 4.2 - Залежність потужності холостого ходу привода від частоти обертання шнека

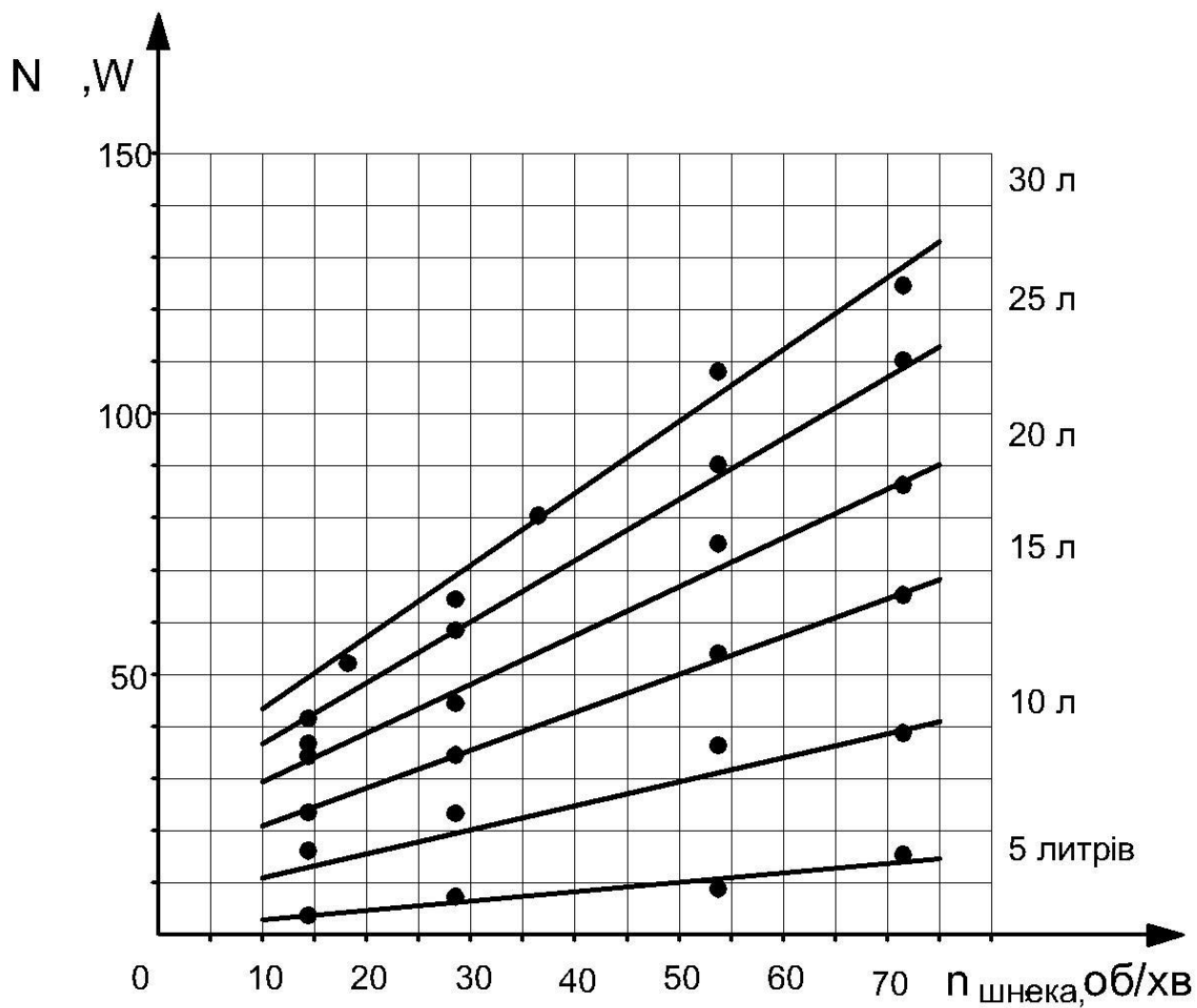


Рисунок 4.3 - Залежність енергетичних витрат на змішення від частоти обертання шнека при різних загрузках змішувача ПШ-24 піском

Потужність, що витрачається шнеком на змішення можливо розрахувати по теоретичним формулам, приведеним в [1], [5].

Формула для визначення потужності, що споживається шнеком N_s , Вт:

$$N_s = \pi \cdot \rho_n \cdot g \cdot \sin(\theta + \varphi_v) \cdot \frac{D_s^2}{4} \cdot \frac{H^2 \cdot \text{tg} \varphi \cdot \text{tg} \alpha}{\cos \alpha \cdot (2 \cdot \mu \cdot \text{tg} \varphi + \text{tg} \alpha)} \cdot \omega_s^3 \quad (4.2)$$

Для розрахунку осьової сили, P_{oc} , Н, що діє на шнек при обертанні в сипкому середовищі, можна рекомендувати наступну формулу:

$$P_{oc} = \pi \cdot \rho_n \cdot g \cdot \frac{D_s^2}{4} \cdot H \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot H \cdot \cos(\theta + \varphi_g) \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha}{D_s \cdot \cos \alpha \cdot (2 \cdot \mu \cdot \operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \alpha)} \right] \quad (4.3)$$

Результати розрахунків приведені в таблицях 4.8 – 4.10, що наведені нижче.

Таблиця 4.8 - Експериментальні дані потужності на перемішування, Вт

n двиг., об/хв	n шнека, об/хв	N _{хх}	Об'єм завантаження піску											
			5л		10л		15л		20л		25л		30л	
			Nu	N	Nu	N	Nu	N	Nu	N	Nu	N	Nu	N
100	7	16,5												
200	14	20,9	24,8	3,9	37	16,1	44	23,1	55	34,1	57	36,1	61	40,1
300	21	27,0											77	52,4
400	29	35,0	43,0	8,0	57,0	22,0	73,0	38,0	80,0	45,0	93,0	58,0	109	64,0
500	36	41,6											122,0	80,4
750	54	60,9	70,0	9,1	98,0	37,1	115,0	54,1	135,0	74,1	151,0	90,1	170,0	109,1
1000	71	84,6	100,0	15,4	123,0	38,4	150,0	65,4	170,0	85,4	195,0	110,4	210,0	125,4
1250	89	108,0												
1500	107	128,0												

$$N = N_u - N_{xx},$$

де: N_u – виміряна потужність при завантаженні, Вт;

N_{xx} – виміряна потужність холостого ходу, Вт;

Як слідує зі зрівняння експериментальних і теоретичних значень потужностей (табл. 4.9), вони являються величинами одного порядку.

Експериментальні значення більше теоретичних, що можливо об'яснити наступними причинами.

Розхід енергії здійснюється не тільки на обертання шнека, а і водила.

Співвідношення діаметрів корпусу змішувача в верхній частині корпусу и шнека більше, чім у промислових змішувачів, тому в рух приходе більша частина матеріалу в корпусі.

Зі зростанням завантаження корпусу різниця між експериментальними і теоретичними значеннями потужності що споживається стає меншою.

Експериментальні дані, виміряні на промислових змішувачах [1], [5] суттєво ближче к теоретично розрахованим (табл. 4.11).

Тому можливо застосування рівнянь що приведені вище при проектуванні планетарно-шнекових змішувачів.

Таблиця 4.9 - Експериментальні та теоретичні значення потужності на перемішування сухого піску, N, Вт

n _s , об/хв	5л		10л		15л		20л		25л		30л	
	експ.	теор.	експ.	теор.	експ.	теор.	експ.	теор.	експ.	теор.	експ.	теор.
14	3,9	1,0	16,1	2,6	23,1	4,1	34,1	5,6	36,1	7,1	40,1	8,6
21		1,4		3,3		5,3		7,3		9,2	52,4	11,1
29	8,0	2,1	22,0	5,1	38,0	8,2	45,0	11,2	58,0	14,2	64,0	17,1
36		2,6		6,4		10,2		14,0		17,8	80,4	21,4
54	9,1	3,9	37,1	9,6	54,1	15,3	74,1	21,1	90,1	26,7	109,1	32,1
71	15,4	5,3	38,4	13,1	65,4	20,8	85,4	28,7	110,4	36,3	125,4	43,7

Теоретичне значення N розраховані [1, (89), с,233]

Таблиця 4.1 - Теоретичне значення осьової сили, P_{ос}, Н

Об'єм завантаження піску					
5л	10л	15л	20л	25л	30л
46,5	82,8	113,7	142,5	168,9	193,8

Теоретичне значення P_{ос} розраховані [1, (90), с,234]

Для перевірки відповідності наведеної вище методики можна порівняти розраховану з її допомогою потужність, зі значеннями, отриманими в реальних умовах.

У таблиці 4.11 наведені дані отримані при перемішуванні крупно дисперсного абразивного матеріалу - периклаза в планетарно-шнековому змішувачі фірми "Nauta". Периклаз - матеріал, який застосовується для виготовлення керамічних ізоляційних матеріалів методом пресування. Змішувач мав: робочий об'єм 0,9 м³, глибину занурення шнека в сипучих матеріал, Н – до 1,670 м, діаметр шнека - 0,310 м, кут нахилу шнека до осі корпусу, α - 17°, кут підйому гвинтової лінії шнека, θ - 14°, частоту обертання шнека, n_s - 60 об/хв., частоту обертання водила, n_в - 2 об/хв. Привід шнека мав асинхронний двигун потужністю 7,5 кВт, конічної-циліндричний редуктор, муфту, дві конічні зубчасті передачі. Загальний ККД приводу

шнека приймаємо рівним 0,7. Привід водила мав асинхронний двигун, потужністю 0,55 кВт. Потужність холостого ходу приводу шнека - 630 Вт, потужність холостого ходу приводу водила - 120 Вт.

Таблиця 4.11 - Теоретичні та експериментальні значення потужності, що споживається шнеком змішувача фірми «Nauta» (Нідерланди) [5]

Маса завантаження, кг	Глибина занурення нижнього кінця шнека в сипкий матеріал, м	Розраховані значення		Експериментальні значення			
		Розхід енергії, що отриманий чисельним методом, [1, (14)], Вт	Розхід енергії, що отриманий по формулі [1, (17)], Вт	Розхід енергії, шнеком при нерухомому водили, з урахуванням КПД привода, Вт	Розхід енергії, шнеком при нерухомому водили, Вт	Розхід енергії, шнеком при рухомому водили, Вт	Розхід енергії на водили, Вт
600	1,03	1145	1077	1638	2340	2430	120
1200	1,43	2183	2086	2202	3150	3780	126
1400	1,53	2511	2406	-	-	4320	150
1700	1,67	2971	2857	2898	4140	4950	180

5 Дослідження розподілу компонентів

5.1 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.

На рис. 5.1 наведені приклади розподілу сипких компонентів.

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).

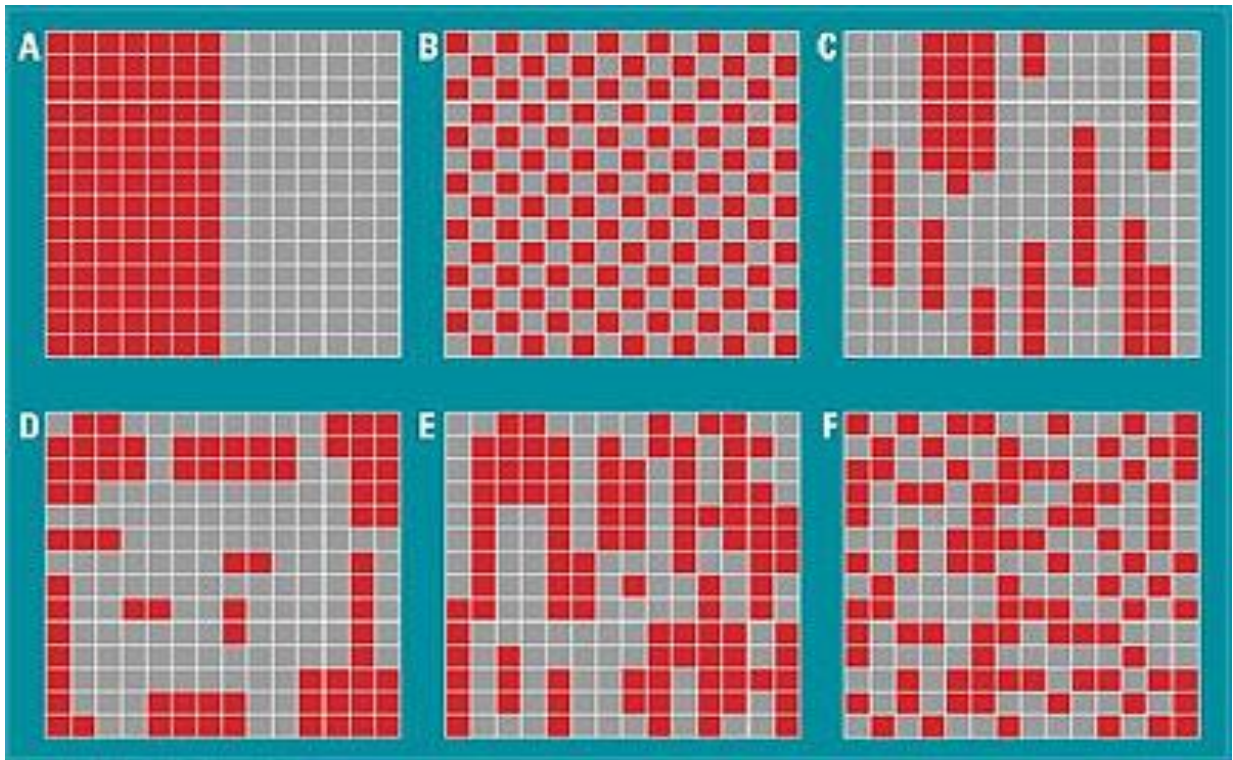


Рисунок 5.1 - Приклади змішаних станів

A: Повне розділення окремих компонентів, B: Ідеальна регулярно-розподілена суміш (недосяжна в реальності), C - E: реальні стани неідеального змішання, F: реальна, гомогенна суміш (випадково розподілена суміш)

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 промисловості - при виробництві кісткових цементів, лікарських препаратів, преміксів; у будівельному виробництві - для отримання сухих будівельних сумішей; при виробництві композиційних матеріалів.

Ідеальний випадок повного змішування частинок двох компонентів представлений на рисунку (5.1 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.

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.

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

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

Ці елементарні процеси протікають в змішувачах одночасно, але ступінь їх впливу в різні періоди часу не однаковий. У початковий період переважає конвекційне 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 конвекційного 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 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. 5.1 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], [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

$$V_c = \frac{100 \cdot S_u}{\bar{x}} \quad (5.1)$$

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]

$$S_R^2 = \frac{c_p \cdot c_q}{G} \cdot \left[c_p \cdot \bar{\gamma}_q \cdot (1 - V_g^2) + c_q \cdot \bar{\gamma}_p \cdot (1 - V_p^2) \right] \quad (5.2)$$

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

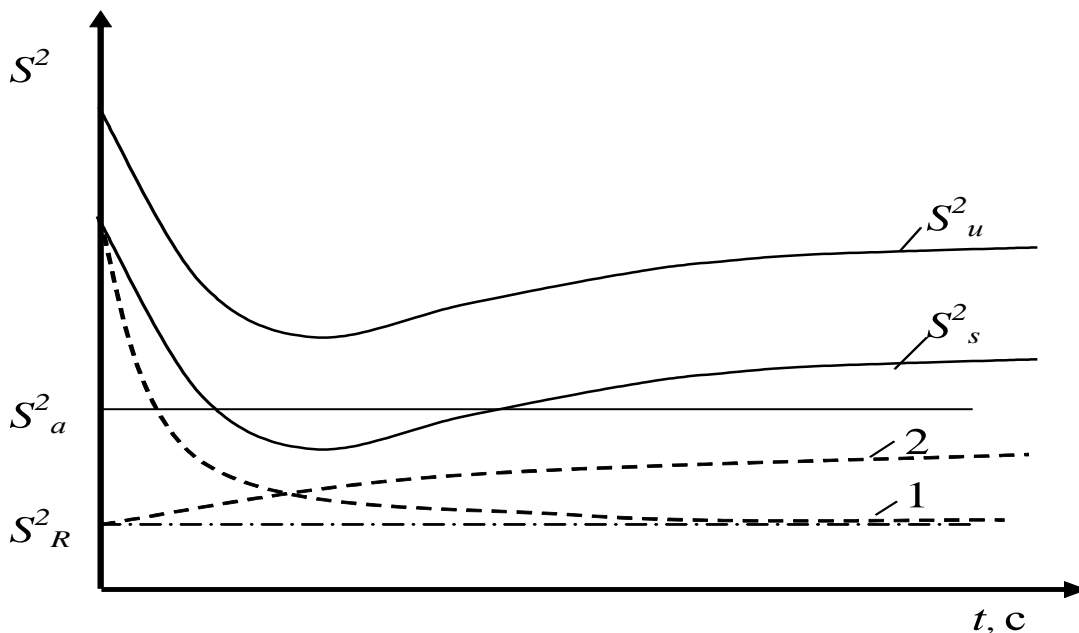


Рисунок 5.2 - Зміна дисперсії розподілу ключового компонента при змішуванні

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.

$$S_u^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (5.3)$$

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]

$$S_u^2 = S_s^2 + S_a^2 + S_R^2 \quad (5.4)$$

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.

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]. 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.

$$S_a^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\delta x_i - \bar{\delta x}_i)^2}{n-1} \quad (5.5)$$

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:

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

$$\bar{\delta x} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{i1} - x_{i2})}{n} , \quad (5.6)$$

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 (див. Рис. 5.1.2).

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 (5.1.1) 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 переконатися, що ці величини не мають істотного впливу на отримані результати.

Однак якщо потрібно вивчити розподіл компонентів в корпусі змішувача, визначити напрямки, 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.

5.2 Приклад обробки експериментальних даних вибірки

Розглянемо методику обробки результатів змішання піску і чавунної тирси, отримані в змішувачі ПШ-24 через 12 обертів водила. Відповідно до номерів проб (рис.5.3) 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)

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (5.7)$$

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

$$S^2(x) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (5.8)$$

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

Виправлена вибіркова дисперсія

$$D(x) = \frac{S^2(x)}{n-1} \quad (5.9)$$

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

Коефіцієнт неоднорідності суміші

$$Vc(x) = \frac{100 \cdot \sqrt{D(x)}}{\bar{x}} \quad (5.10)$$

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

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

$$\bar{x}_e = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{ei}}{5}; \quad (5.11)$$

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

$$\bar{x}_n = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{ni}}{5}. \quad (5.12)$$

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

Визначимо виправлені вибірові дисперсії верхньої і нижньої груп

$$D_e = \frac{\sum_{i=1}^{n_e} (x_{ei} - \bar{x}_e)^2}{n_e - 1}; \quad (5.13)$$

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

$$D_n = \frac{\sum_{i=1}^{n_n} (x_{ni} - \bar{x}_n)^2}{n_n - 1}; \quad (5.14)$$

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

де: n_B и n_H кількість проб у верхній і нижній вибірках.

Для коректного порівняння \bar{x}_B і \bar{x}_H необхідно провести перевірку однорідності дисперсій D_B і D_H . Підраховуємо відношення більшої з порівнюваних дисперсій до меншої (критерій Фішера-Снедекора).

$$F = \frac{D_{\text{большая}}}{D_{\text{меньшая}}}. \quad (5.15)$$

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

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 $k_1 = n_B - 1 = 4$, 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 $H_0: \bar{x}_B = \bar{x}_H$.

Підраховуємо значення критерію Стюдента

$$Z = \frac{|\bar{x}_B - \bar{x}_H|}{\sqrt{\frac{D_H}{n_H} + \frac{D_B}{n_B}}}. \quad (5.16)$$

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

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 вертикалі 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.

$$\bar{x}_{kJ} = \frac{\sum_{i=1}^3 x_{ikJ}}{3}, \quad (5.17)$$

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.

$$D_{kJ} = \frac{\sum_{i=1}^3 (x_{ikJ} - \bar{x}_{kJ})^2}{3-1}. \quad (5.18)$$

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

Проведемо перевірку однорідності дисперсій за критерієм Кочрена

$$G = \frac{D_{J \max}}{\sum_{k=1}^5 D_{kJ}} = \frac{0,041}{0,13} = 0,21. \quad (5.19)$$

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]

$$D_{\phi} = \frac{i \cdot \sum_{k=1}^5 (\bar{x}_{kJ} - \bar{x})^2}{J - 1} = 0,041, \quad (5.20)$$

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

Залишкова дисперсія

$$D_o = \frac{\sum_{k=1}^5 \sum_{i=1}^3 (x_{ikJ} - \bar{x}_{kJ})^2}{(k-1) \cdot i} = 0,021; \quad (5.21)$$

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

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

Підраховуємо 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.

5.3 Результати експериментів по змішуванню сухого піску северодонецького кар'єру з чавунною тирсою

При змішуванні з корпусу змішувача через певний час відбиралися проби по нижче приведеної схемі (рис. 5.3).

Завантаження чавунної тирси проводилось в одному місті на поверхні піску біля точки 1 (рис.5.4);

На рис. 5.5 показана поверхня суміші через 12 обертів водила.

На рис.5.6 показана зміна коефіцієнта неоднорідності.

В додатках (таблицях А.1 - А.3) приведені результати визначення змісту ключового компонента в пробах, відібраних з суміші.

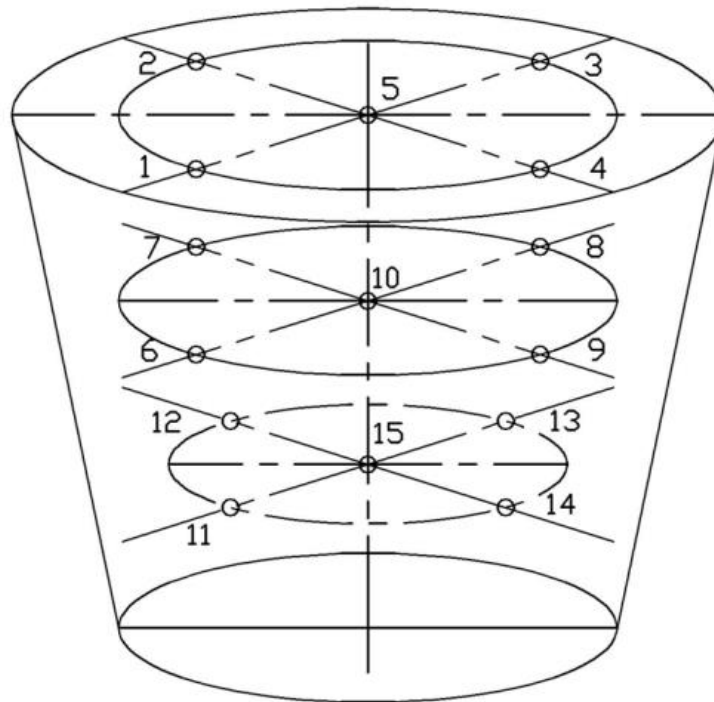


Рисунок 5.3 - Схема відбору проб з корпусу змішувача



Рисунок 5.4 - Начальне завантаження чавунної тирси



Рисунок 5.5 - Розподіл компонентів через 12 обертів водила

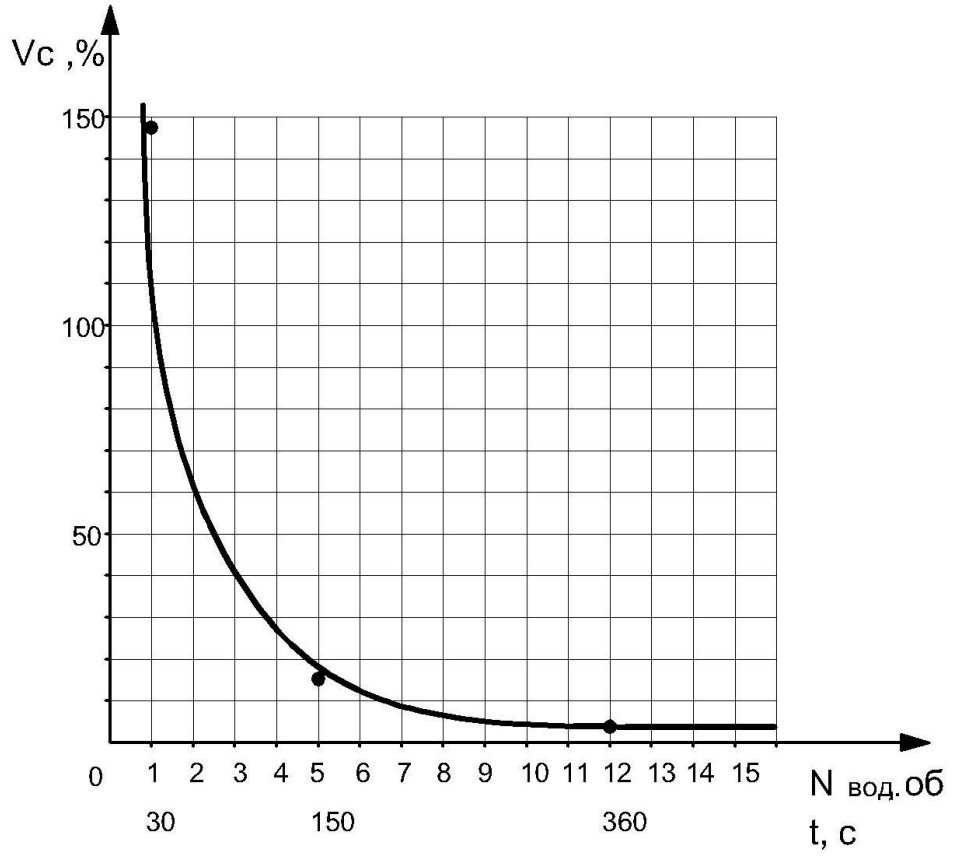


Рисунок 5.6 -Зміна V_c в залежності від часу змішування

6 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 5.4; 5.5.), так і при змішуванні поліетиленових гранул з піском (рис 6.1; 6.2) .



Рисунок 6.1 - Начальний розподіл гранул поліетилену



Рисунок 6.2 - Розподіл гранул поліетилену через 12 обертів водила

В другому випадку спостерігалася сегрегація компонентів.

Аналізуючи отримані результати що приведені в додатках (табл. А.1 - А.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. 5.8 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.

7 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.НДІхіммаша, більш вигідним економічно та більш надійним.

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

При виконанні змішувача з роздільним приводами на шнек та водило, при пуску змішувачів фірми «Nauta» внаслідок запуску шнека, потім, через декілька секунд привод водила. Це здійснюється для того, щоб рух шнека по окружності проходив в розрихленому матеріалі.

8 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 (номінальний обсяг корпусу змішувача $V_n, \text{м}^3$):

Таблиця 7.1 Технічні характеристики планетарно-шнекових змішувачів

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

Додаткова комплектація:

- регулювання швидкості вузла що перемішує;
- пневматичне управління краном вивантаження продукту (для автоматизації процесу);
- програмований контролер для використання в автоматизованих лініях змішування.

Таблиця 7.2 - Пропоновані виконання змішувачів

1	Корозійностійке (12Х18Н10Т)
2	Не корозійностійке (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 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:

DSH 15-1/4/5/7/9/10.

9 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.

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).

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.

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, вдосконалення 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 (табл.8.1).

Таблиця 8.1 - Вихідні дані для калькуляції собівартості змішувача DSH - 15000

№ п/п	Стаття витрат	ЕИ	Вартість Грн
1	Матеріали основні, в тому числі покупні вироби	прямі витрати	
	Лист 12X18Н10Т		660000
	Лист Ст3		19800
	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-АИР100S-У3		19125
	Електродвигун 4А132М4	3112	
	Електродвигун 4А100АS4	3112	
	Система управління (шафа,пускачі і т,п)		6224
	Всього		796609
2	Транспортно-заготівельні витрати	маса апарата кг х на 1 грн	9535
3	Пальне, енергія (технологічні)	маса апарата х на 1 грн	9535
4	Основна заробітна платня	вартість нормо- години	89164
5	Додаткова заробітна платня	20 % от п. 4	17833
6	Відрахування у фонди	34,2 % от (п. 4 + п. 5)	36593
7	Витрати на утримання обладнання та знос інструмента	40 % от (п. 4 + п. 5)	42799
8	Цехові витрати	30 % от (п. 4 + п. 5)	32099
9	Загальнозаводські витрати	10 % от (п. 4 + п. 5)	10700
10	Виробнича собівартість	п. 1 + п. 2 + п. 3 + п. 4 + п. 5 + п. 6 + п. 7 + п. 8 + п. 9	1044865
11	Завиробничні витрати	15 % от п. 10	156729,77
12	Вцілому виробнича собівартість	п. 10 + п. 11	1201595
13	Планові накопичення	10 % от п. 12	120159
14	Оптова ціна	п. 12 + п. 13 + НДС 18 %	1559670

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

Витрата матеріалів згідно конструкції змішувача DSH 15000 [20].

Ціни на матеріали моніторинг Українського ринку Інтернет ресурсу.

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

Висновок.

Склавши калькуляцію собівартості змішувача можемо зробити висновок, що дохід від продажу складе орієнтовно 300000 грн. Для підвищення конкурентоспроможності змішувачів необхідне зниження їх матеріалоемності, особливо корозійностійких сталей, та спрощення конструкції.

10 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)

10.1 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

10.2 Вимоги безпеки під час виконання робіт

Дозволяється працювати лише 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 неізолюваними 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.

10.3 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

10.4 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.

10.5 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.

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

Зрівняння експериментальних значень споживаної потужності шнека та експериментальних результатів вимірювання цієї величини свідчить, що вони є величинами одного порядку. Зі зростанням завантаження корпусу теоретичні та експериментальні значення зближуються. Зрівняння з результатами отриманими на промислових змішувачах дає ще більше совпадіння. Тому можливо рекомендувати приведені теоретичні рівняння для використання при проектуванні планетарно-шнекових змішувачів.

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

Розроблена технічна пропозиція і рекомендації по випуску типорозмірного ряду планетарно-шнекових змішувачів подібних по конструкції DSH з двома шнеками фірми «SHENGLI» (Китай) .

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. 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. 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. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. -М.: Наука,1973, 368 с.
9. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. Пособие для вузов. — 8-е изд., стер. —М.: Высш. шк., 2002, 479 с.: ил.
10. Модестов В. Б. Разработка методики расчёта плужных смесителей для сыпучих материалов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М.: МИХМ, 1984.
- 11.«Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) в промисловості», затверджені наказом Мінпромполітики України від 09.07.2007 р № 373
12. 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 »

13. 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.
14. 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.
15. Смесители сипучих материалов /
URL:<http://www.sowergroup.ru/mixer/horizontal-mixers/>.
(дата звернення: 27.12.2018).
16. Смесители сипучих материалов / URL: <http://www.slggroup.cn/index.html/>
(дата звернення: 27.12.2018).
17. Смесители сипучих материалов /
URL:<http://himmiks.com.ua/katalog/smesiteli/smesiteli-dlya-sypuchikh-materialov> / (дата звернення: 27.12.2018).
18. Смесители сипучих материалов /URL:<http://elemash-m.ru/production/smeshivanie> (дата звернення: 27.12.2018).
19. Смесители сипучих материалов
/ URL:<http://www.1985shengli.com/wzl-double-shaft-mixer-gallery/116.html>
(дата звернення: 27.12.2018).
20. Борщев В. Я., Гусев Ю. И., Промтов М. А., Тимонин А. С. Оборудование для переработки сыпучих материалов.
21. Куприянов Н. А., Кирилук Д. Я., Модестов В. Б. Смеситель для сыпучих материалов. А.С. № 1611430, В01F 7/30, 8.08.90.
22. Смесители сипучих материалов/URL:<http://www.1985shengli.com/wzl-double-shaft-mixer-gallery/116.html> (дата звернення: 27.12.2018).

Додаток А**Результати розподілу ключового компонента**

В таблицях А1-А3 - данні щодо змісту ключового компонента в пробах.

Таблиця А1 - Концентрації ключового компонента в пробах

(1 оберт водила)

№ 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

$X_{cp} = 3,8$

$V_c = 148,0$

Середні по вертикалі розлічуються незначно

Середні по окружності розлічуються незначно

Таблиця А2 - Концентрації ключового компонента в пробах
(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 А3 Концентрації ключового компонента в пробах
(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