

Реферат

Болото Е.С. Дослідження процесу змішування сипких матеріалів в апаратах з горизонтальним ротором. Дипломна робота магістра. СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім В. Даля 2018– 83 с., 37 ілюстрацій, 12 таблиц, 1 додаток, 17 бібл.назв.

Дано описання конструкції змішувачів. Приведені результати наукових досліджень, проведених в лабораторії кафедри МОПП, а також в Сєвєродонецькій філії НДІХІММАШ по вивченню процесу змішення.

Запропонований типорозмірний ряд змішувачів з горизонтальним ротором. Конструкція запропонованого змішувача відрізняється від традиційної. Проведена оцінка ефективності процесу змішування. Запропонована ефективна конструкції змішувача з горизонтальним ротором.

Ключові слова: ЗМІШУВАЧІ, СИПКІ МАТЕРІАЛИ, ПРОЦЕС ЗМІШЕННЯ, ТИПОРОЗМІРНИЙ РЯД, ГОРИЗОНТАЛЬНИЙ РОТОР.

Зміст пояснювальної записки магістерської роботи

Тема: «Дослідження процесу змішування сипких матеріалів в апаратах з горизонтальним ротором».

Виконавець роботи: Е.С.Болото

Перелік умовних позначень	5
Вступ	6
1. Аналітичний огляд	7
1.1 Стрічкові	9
1.1.2. СтрічковізмішувачіконструкціїС.ф.НДІхімміш	13
1.1.3. Стрічковий змішувач фірми "НІММІХ"	16
1.2. Плужні	18
1.3. Планетарно-шнекові	20
1.4. Барабанні	23
1.5. Відцентрові	24
1.6. З Z-подібними лопатями типу ЗЛ та ЗШ	26
1.7. Змішувачі фірми SOWERGROUP	30
1.8. Вібраційний змішувач	35
1.9. Бігунково-лопатеві змішувачі	37
1.10.Пневмомеханічний гомогенізатор	39
2. Мета та задачі досліджень	40
3. Дослідження процесу змішування сипких матеріалів в змішувачах з горизонтальним ротором	42
3.1. Приклад обробки експериментальних даних вибірки	45
3.2. Результати вивчення розподілу компонентів	51
4. Дослідження енергетичних витрат при перемішуванні сипких матеріалів в змішувачах з горизонтальним ротором	57
4.1. Визначення моменту опору і потужності	61

4.2. Опір руху робочих органів при змішенні дрібнодисперсних матеріалів	64
4.3. Висновки по розділу 4	67
5. Розробка типорозмірного ряду змішувачів з горизонтальним корпусом	68
6. Економічна оцінка ефективності випуску змішувачів	71
7. Техніка безпеки при проведенні науково-дослідних робіт	74
7.1. Вимоги безпеки перед початком роботи	74
7.2. Вимоги безпеки під час виконання робіт	75
7.3. Вимоги безпеки після закінчення роботи	77
7.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	77
7.5. Вимоги безпеки при роботі на змішувачах	79
8. Висновки та рекомендації	80
Література	81
Додатки	83

Перелік умовних позначень

η - коефіцієнт заповнення корпусу змішувача;

M – момент опору, Н·м;

N – потужність, Вт;

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

n – число проб у вибірці;

i –номер проби;

ρ_n – насипна маса сипучого матеріалу;

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

h – глибина занурення в сипучий матеріал, м;

μ - коефіцієнт бокового тиску;

ω – кутова швидкість обертання, $\left[\frac{рад}{c} \right]$;

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

Вступ

Темою дипломної роботи є дослідження змішувачів для сипких матеріалів з горизонтальною віссю обертання. У техніці використовуються різноманітні конструкції і принципи дії : механічні, пневматичні, вібраційні та ін., проте широке поширення отримали не усі з них. Перевагу мають надійні прості конструкції.

Метою цієї роботи є узагальнення досвіду, отриманого в процесі створення змішувачів і вивчення їх роботи на хімічних та інших підприємствах.

Перехід на ринкові стосунки вимагає підвищення економічної ефективності виробництва. Відомим фактом є те, що серійне виробництво продукції вигідніше, ніж одиничне, тому в цій роботі пропонується до розробки типорозмірний ряд змішувачів з горизонтальним корпусом, покликаний замінити стрічкові і плугові змішувачі. Ряд включає в себе конструкції періодичної і безперервної дії.

Випуск вітчизняного устаткування окрім економічних вигод дає значний соціальний ефект: збільшує число робочих місць на виробництві, сприяє підвищенню кваліфікації фахівців в області хімічного машинобудування.

Виготовлення змішувачів доступно більшості машинобудівних заводів, тому в цій роботі розроблена технічна пропозиція до випуску уніфікованого ряду змішувачів сипких матеріалів з горизонтальним корпусом і розроблена як приклад конструкція періодичної дії з номінальним об'ємом $6,3\text{м}^3$.

1. Аналітичний огляд

Існує безліч конструкцій змішувачів різного принципу дії, призначених для різних технологічних процесів. Однак насправді широке поширення мають далеко не всі з них. Найбільш поширеними є конструкції, які довели свою надійність, тому новим конструкціям, які постійно з'являються, важко з ними конкурувати. Немає так само однієї універсальної конструкції, яка замінила б всі інші.

За аналогією з транспортними засобами - існують легкові автомобілі для міста, позашляховики для сільської місцевості, трактора для роботи в полі, і т.д.

До найбільш поширених конструкцій змішувачів відносяться:

- Стрічкові
- Плужні;
- Планетарно-шнекові;
- Барабанні;
- Відцентрові;
- З Z-подібними лопатями типу ЗЛ та ЗШ;
- Лопатеві змішувачі;
- Планетарно - лопатеві змішувачі;
- Вібраційний змішувач
- Бігунково-лопатеві змішувачі
- Пневмомеханічний гомогенізатор

Опис їх конструкцій наведено нижче.

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

- 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;
- необхідна вивантаження всього замісу одночасно, або частинами, або безперервним потоком;
- припустимо подрібнення продукту в процесі змішування;
- чи налипає продукт на корпус і лопаті змішувача;
- припустимо проведення замісу, якщо в корпусі є залишки від попереднього замісу або необхідно очистити корпус змішувача після кожного замісу чи ні;
- потрібен нагрів або охолодження в процесі змішування чи ні;
- відбуваються одночасно зі змішуванням інші процеси, наприклад, хімічна реакція, сушка, гранулювання, подрібнення агрегатів і т.д.

Відділ змішувального обладнання С.Ф. НДІХІММАШ розробив типорозмірний ряди вищезазначених конструкцій змішувачів, хоча проводилися роботи і по розробці нових конструкцій.

Була розроблена методика вибору змішувачів. Зокрема, був розроблений РД РТМ 26-01-129 - 80 «Машины для переработки сыпучих материалов. Метод выбора оптимального типа питателей, смесителей и измельчителей»[10]. На підставі визначення фізико-механічних характеристик сипучих матеріалів пропонувалося зробити вибір оптимальної конструкції змішувача.

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

Подібним чином, діють провідні світові виробники змішувачів.

Конструкцій та галузі застосування змішувачів що приведені вище описані в наступному розділі.

1.1 Стрічкові

<http://www.agro-mash.ru/lentochnyi-smesitel.html>

Типова конструкція - 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.

Стрічковий змішувач призначений для змішування сипких матеріалів, а також сипких з невеликою кількістю рідких компонентів за умови отримання готового матеріалу у вигляді сипкої маси. Стрічкові змішувачі можуть застосовуватися в різних галузях промисловості для отримання суміші з високою гомогенністю. Процес змішування в стрічкових змішувачах характеризується двома основними параметрами: однорідність суміші, час змішування, потрібний для досягнення необхідної однорідності.

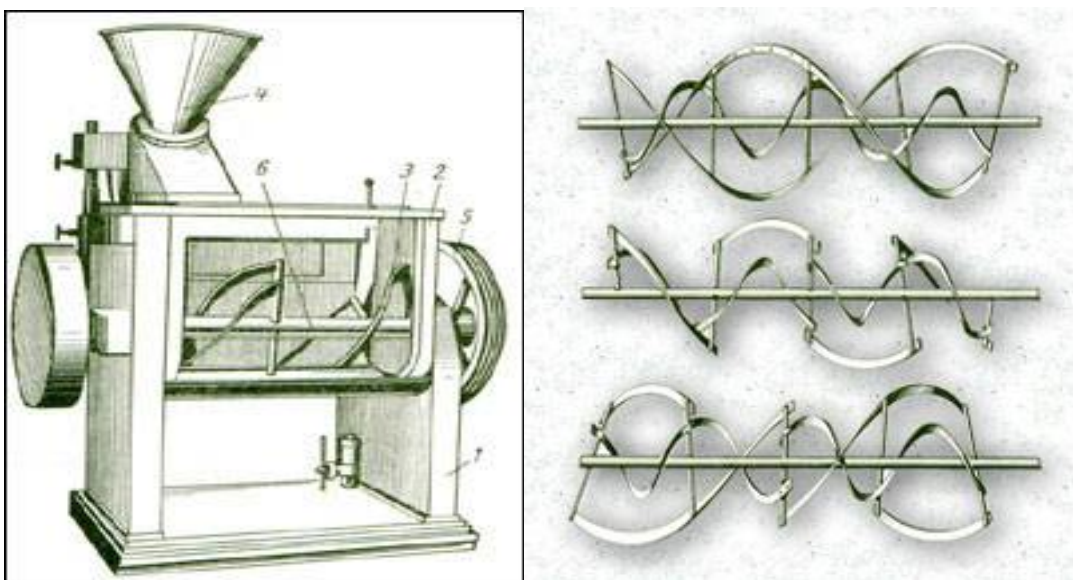


Рис. 1.1-

1 Схема облаштування стрічкового змішувача та тип робочих органів стрічкового змішувача

1-станина, 2-корыто, 3-гвинтоподібні стрічки,

4-загр.устр., 5-привод, 6-горизонтальний вал



Рис. 1.1-2 Вигляд стрічкового механізму у роботі

Облаштування стрічкового змішувача. Як робочий орган стрічкового змішувача використовується вал з навітою стрічкою . У основі роботи - процес змішування із зрушенням, продукт за допомогою стрічки переміщається шарами . Змішування робиться стрічковими спіралями, які не лише перемішують, але і пересувають змішуваний матеріал . У стрічкових змішувачах безперервної дії лопаті закріплюються на валу по гвинтовій лінії, що забезпечує одночасне перемішування і переміщення продукту уздовж валу

Стрічковий змішувач для змішування сипких продуктів з невеликою кількістю рідини зазвичай є барабаном, що обертається, з шкрябаннями для очищення стінок .



Рис. 1.1-3 Стрічкові змішувачі типу СЛ, ВСЛ

Стрічкові змішувачі типу СЛ, ВСЛ випускаються в звичайному і вибухозахищеному виконанні, з вуглецевої і корозійностійкої сталі.

Принцип роботи стрічкового змішувача. Під час обертання валу стрічки піднімаються, переносять і змішують матеріал до отримання однорідної маси за короткі проміжки часу. За один цикл продукт перемішується по замкнутому контуру усередині корпусу 10-12 разів.

Завантаження матеріалу в стрічковий змішувач здійснюється через завантажувальний бункер, вивантаження - через розвантажувальний люк.

У основі роботи процес змішування із зрушенням, продукт за допомогою стрічки переміщується шарами.

Конструкція робочого органу стрічкового змішувача створює складні багатократні взаємнопересекаючися вихрові рухи часток продукту і забезпечує отримання якісної однорідної суміші.

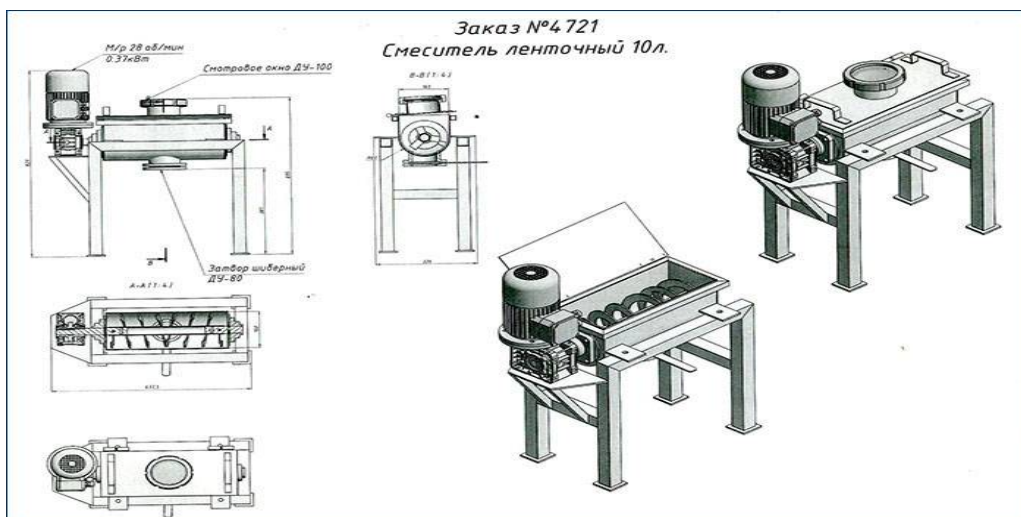


Рис. 1.1-4Стрічковий змішувач 10л - схема пристрою.

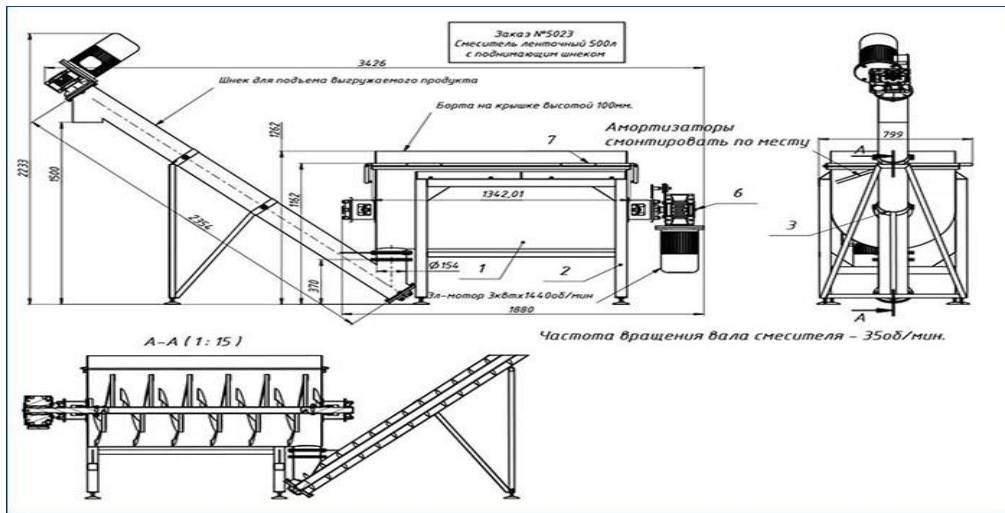


Рис. 1.1-5Варіант схеми стрічкового змішувача з піднімаючим шнеком.

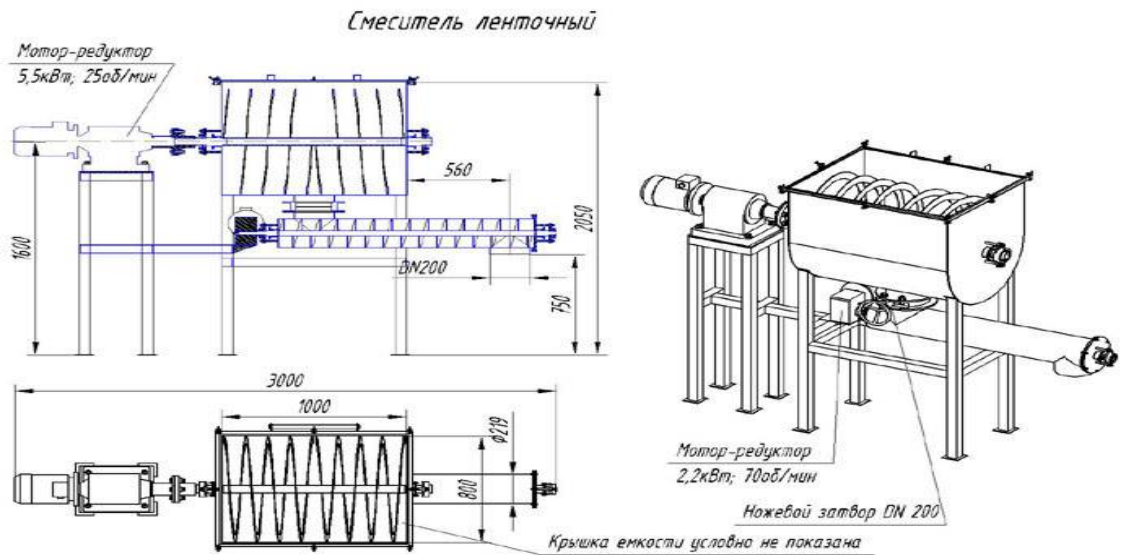


Рис. 1.1-6Схема облаштування стрічкового змішувача.

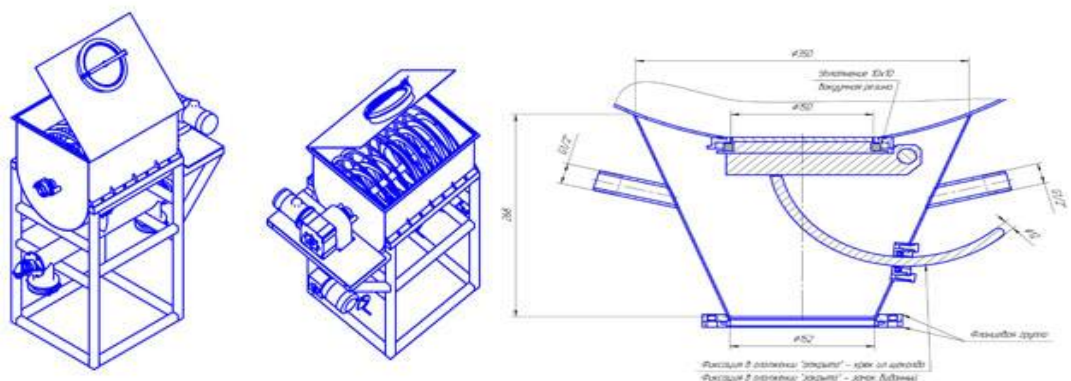


Рис. 1.1-7Стрічковий змішувач з шнековим вивантаженням та ескіз затвора до стрічкового змішувача



Рис. 1.1-8Стрічковий змішувач з двома горизонтальними валами і шнековим вивантаженням.



Рис. 1.1-9Стрічковий змішувач для змішування сухих овочів і спецій

1.1.2 Стрічкові змішувачі конструкції С.ф. НДІхіммаш

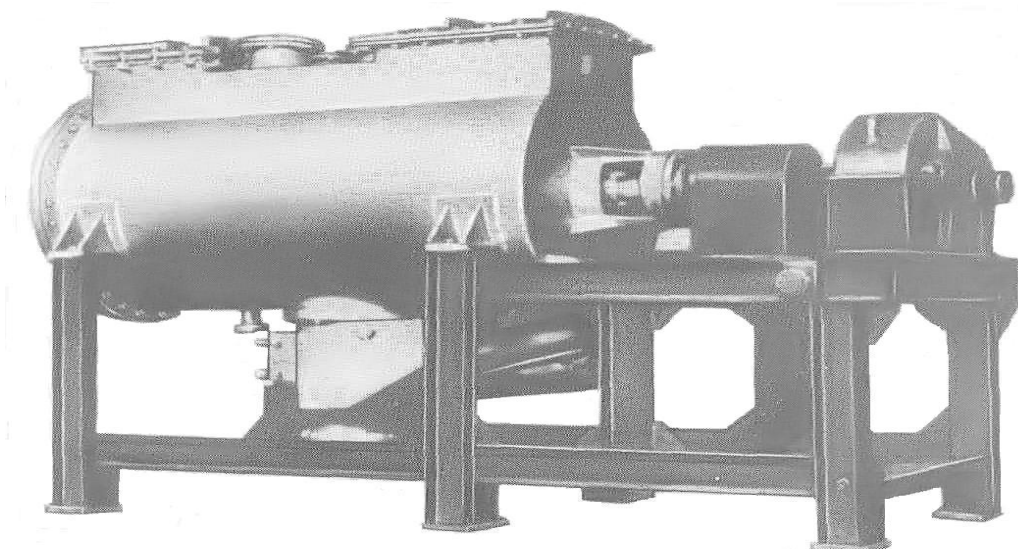


Рис.1.1.2-1Стрічковийзмішувач

ВС.ф.

НДІхіммашбуввиробленийтавипускавсясерийнона заводіБердичевськомузаво діхімічногوماшинобудування «Прогрес» типорозмірнийрядцізмішувачив, номінальниміоб'ємамі 1; 1,6; 3,2; 10 м³, тарізнихвиконань. Вони зарекомендовалисебеякнадійнітапростімашини.

Стрічковізмішувачіпризначенідлязмішуваннясипучихматеріалівнасіпно югустиноюнебільше 1500 кг / м³, атакожсипучихзневеликоюкількістюрідкихкомпонентів, щовводятьсяврозпиленомустані, зотриманнямготовогопродуктуувиглядісипучоїсуміші.Змішувач має горизонтальний корпус ночноподібної або круглої форми. Усередині корпусу розташований ротор, на валу якого на стійках закріплено по дві пари концентричних спіральних ліво- і правозаходних стрічок. В процесі роботи зовнішні стрічки переміщують матеріал в центральну частину корпусу, а внутрішні - до його торцевих стінках.

Привід ротора - від електродвигуна через редуктор і муфту.

Вихідні компоненти завантажують зверху через штуцери; вивантаження суміші здійснюється через нижній розвантажувальний клапан з пневматичним приводом.

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

Приєднувальні розміри фланців - на Ру 0,1 МПа.

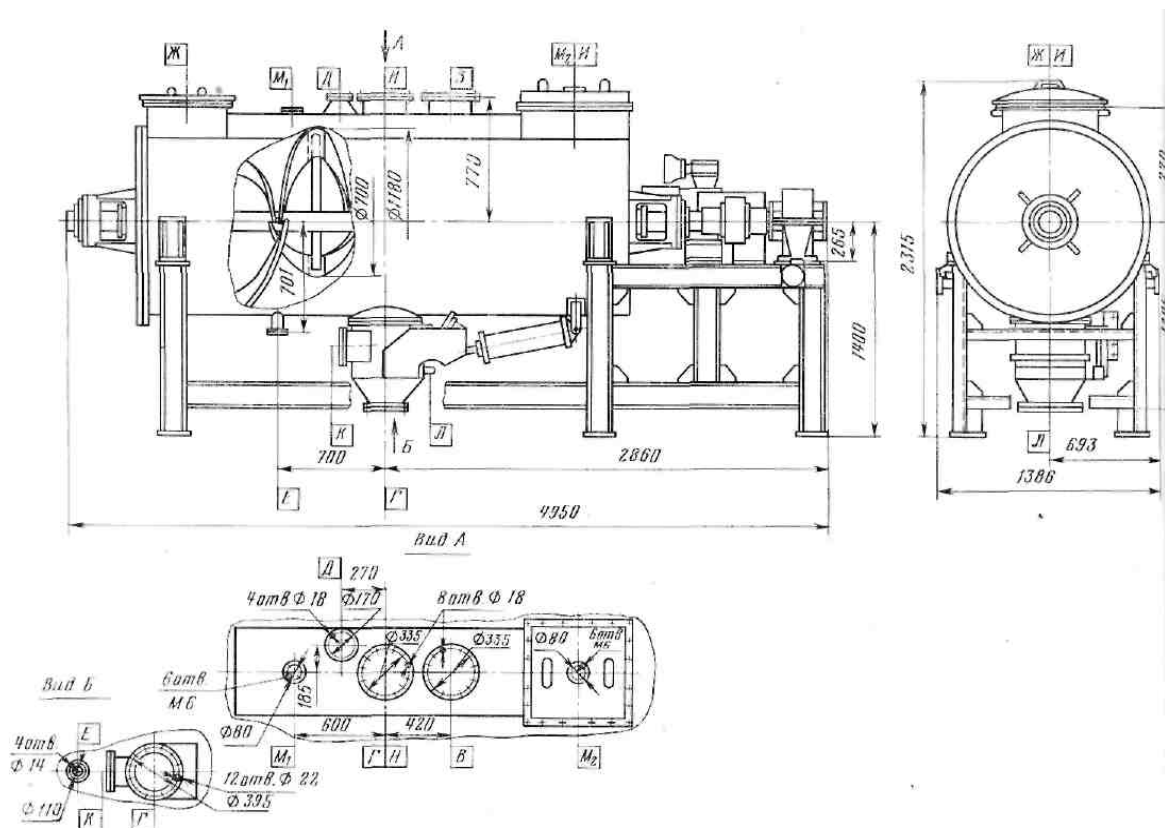
Змішувачі виготовляють в двох виконаннях: НУ (ВБУ) і 14К (ВБК і ВБК5).

Середовище в камері змішувача для виконання 14У (ВБУ) - некорозійні, вибухонебезпечна категорії і групи ІА-Т4 по ГОСТ 12.1.011-78; 14К (ВБК і ВБК5) - корозійна, вибухонебезпечна категорії і групи ІА-Т4 по ГОСТ 12.1.011-78.

Таблиця штуцерів

Обозн.	Призначення	Кількість	Умовний прох.
В	Завантаження матеріала	1	250
Г	Вывантаження продукту	1	3000
Д	Отсос	1	100
Е	Спуск промивних вод	1	50
Ж	Люк	1	500x600*
И	Люк	1	600x690*
К	Люк затвора	1	200x380*
Л	Обдувка затвора	1	20
М1,2	Технологичний	2	40
Н	Для установки розривної мембрани	1	250

*Розмір прямокутного штуцера в свету



План розташування отворів під фундаментні болти и регулюючі гвинти

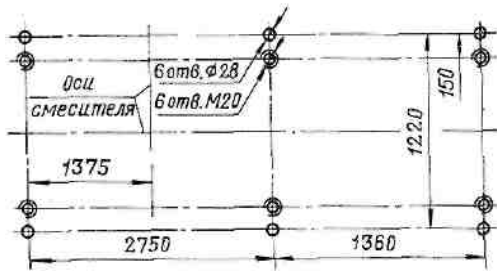


Рис. 1.1.2-23 змішувач ЛН-3,2 (ЛН-2000)

Технічна характеристика

Вихідні компоненти завантажують зверху через штуцери; вивантаження суміші здійснюється через нижній розвантажувальний клапан з пневматичним приводом.

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

Прієднувальні розміри фланців - на $P_u 0,1$ МПа.

Змішувачі виготовляють в двох виконаннях: НУ (ВБУ) і 14К (ВБК і ВБК5).

Середовище в камері змішувача:

для виконання

14У (ВБУ) - некорозійні, вибухонебезпечна категорії і групи ІІА-Т4 по ГОСТ 12.1.011-78;

14К (ВБК і ВБК5) - корозійна, вибухонебезпечна категорії і групи ІІА-Т4 по ГОСТ 12.1.011-78.

1.1.3 Стрічковий змішувач фірми "НІММІХ"

Стрічковий змішувач фірми "НІММІХ", застосовується для змішування сипучих, гранульованих, порошкоподібних матеріалів і компонентів.

Перевага даного змішувача в можливості змішувати сухі інгредієнти з рідкими компонентами.

Даний змішувач дозволяє перемішувати продукти різної щільності, розміру і структури.

Стрічковий змішувач відмінно зарекомендував себе при виробництві кормових сумішей.

Змішувач широко застосовується у фармацевтичній, хімічній, харчовій, металургійній та інших промисловостях.

Так як змішувачі даного типу використовуються в різних галузях, то і проектування може бути в різних варіантах і обсягах, згідно з технічними характеристиками замовника.

Принцип роботи:

Завантаження компонентів в змішувач виконується через завантажувальний люк, який герметично закривається. Робоча ємність має циліндричну форму. Обертання стрічкового пристроями, всередині ємності, забезпечує тривимірне рух частинок матеріалу. Конструкція стрічкового змішувача дозволяє додавати в суміш рідкі компоненти шляхом



Рис. 1.1.3-1 Стрічковий змішувач фірми "НІММІХ"

уприскування. Вивантаження здійснюється через вивантажний люк обладнаний пневматичним приводом.

конструкція:

Змішувач являє собою циліндричну ємність, встановлену на станині і забезпечену приводом обертання (мотор-редуктором). Ємність стрічкового змішувача має герметичні вузли завантаження та вивантаження. Ємність змішувача може бути виконана з різної марки сталі, в тому числі з харчової нержавіючої сталі марки AISI 304 або AISI 316. Також змішувач обладнаний пневматичним приводом вивантажного люка. Щит управління обладнаний таймером роботи, кнопкою аварійної зупинки і системою захисту управління двигуна.

переваги:

Однорідність змішування компонентів.

Можливість змішування сухих матеріалів з рідкими компонентами.

Герметична ємність змішувача.

Зовнішні та внутрішні поверхні змішувача легко піддаються санітарній обробці.

Пневма-привід вивантажувального люка.

За бажанням стрічковий змішувач можна обладнати додаткової оснащенням в будь-якому обсязі і комплектації:

Частотний перетворювач;

Система вакуумної завантаження;

Куттер (подрібнювач, сікач);

CIP мийка (душіруючого головки);

Огорожа безпеки;

Система підігріву і охолодження ємності;

Система вібрації ємності для вивантаження погано сипучих матеріалів;

Адаптація змішувача для роботи з бінами (завантаження і вивантаження в ємності);

Установка Контрольно-Вимірювальних Приборів (КВП) цифровий та аналоговий виходи для віддаленої роботи зі змішувачем, світлова та звукова сигналізація, лічильник кількості оборотів, тахометр, сенсорна TOUCH-панель і т.д.

1.2. Плужні

Плуговий змішувач застосовується для змішування паст низької в'язкості, сипких, гранульованих, порошкоподібних матеріалів і компонентів. Перевага цього змішувача в можливості змішувати сухі інгредієнти з рідкими компонентами. Цей змішувач дозволяє перемішувати продукти різної щільності, розміру і структури. Змішувач широко застосовується у фармацевтичній, хімічній, харчовій, сільськогосподарській і іншій промисловості.

У циліндричному барабані, що лежить, обертаються закріплені на валу в певному порядку лопатки плугового лемеша. Величина, кількість, позиціонування, геометрична форма і окружна швидкість змішуючих елементів приведені так у відповідність один з одним, що змішувані компоненти рухаються в тривимірному просторі. Викликана таким чином в суміші турбуленція при постійному охопленні усього матеріалу змішуючими механізмами запобігає утворенню мертвих або важкодоступних зон і сприяє швидкому і ретельному змішуванню. Завдяки спеціальній формі механізмів суміш в радіальному русі знімається із стінок барабана і запобігає роздроблення частинок.



Рис. 1.2-1 Плужні змішувачі

При певних завданнях може бути необхідним додаткове посилення змішуючого ефекту центрифуги. Він може бути досягнутий шляхом установки окремо приведених в рух, ножових голівок, що обертаються на високих обертах, які у взаємодії зі змішуючим механізмом роблять можливим перетворення сухої суміші на волокнисту масу, а також цільову грануляцію під час процесу.

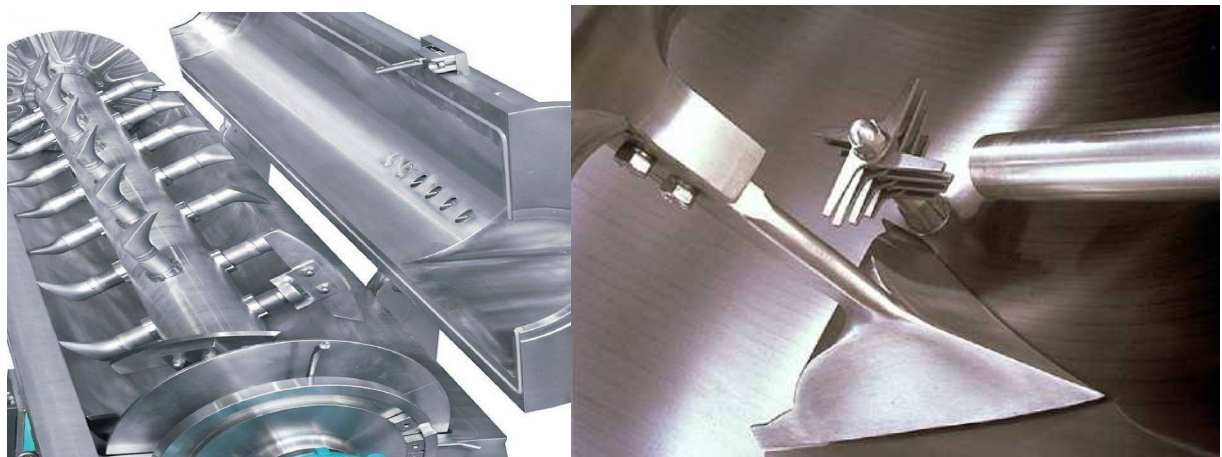


Рис. 1.2-2 Вигляд робочих плугів

1.3 Планетарно-шнекові

Призначені для усереднювання сипких порошкових і зернистих матеріалів з різною питомою вагою, наприклад: мінеральних добрив, пігментів, феритових і твердосплавних порошоків, цементів.

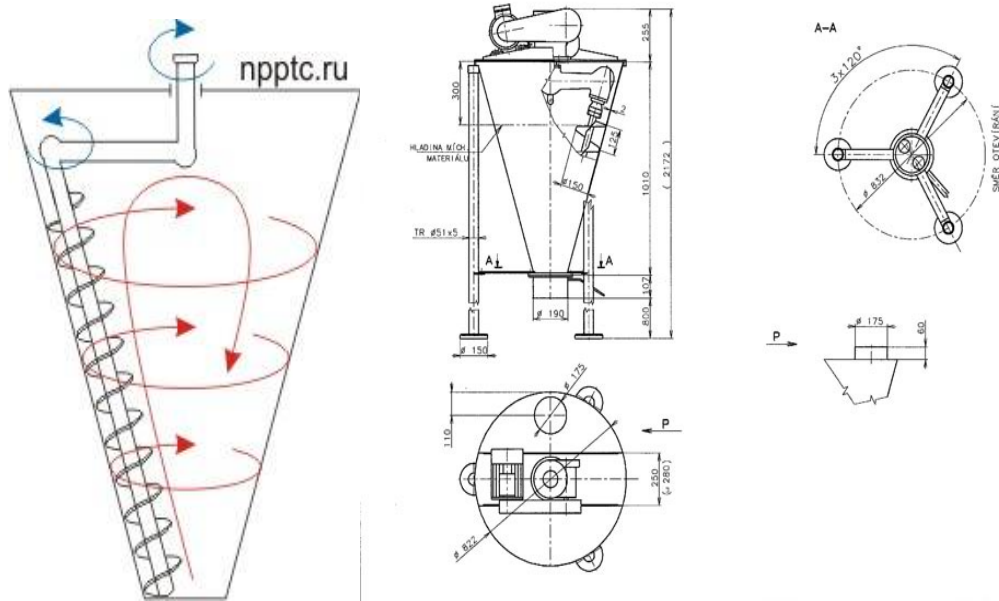


Рис. 1.3-1 Планетарно-шнекові змішувачі

Матеріал подається через завантажувальний люк в кришці змішувача. У середині конусної робочої місткості (паралельно конусу) встановлений шнек, що здійснює планетарне обертання. Тобто, при обертанні шнека навколо своєї осі перемішуваний матеріал піднімається знизу-вгору біля стінок робочої місткості і при обертанні шнека відносно осі місткості утворюється низхідний рух матеріалу.

Таким чином, забезпечується циркуляція усього об'єму матеріалу усередині робочої місткості. Готова суміш інтенсивно вивантажується через розвантажувальний пристрій при працюючому шнеку.

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

Регулювання частоти оборотів перемішуючих органів (опція) дозволяє операторові в широкому діапазоні змінювати режим смесеприготування;

Час змішування задається таймером (опція) - після закінчення заданого часу змішувач автоматично зупиняється;

Дотичні до оброблюваного матеріалу деталі і вузли захищені від корозії (нержавіюча сталь);

Технологічність конструкції і запас міцності забезпечують багаторічну експлуатацію при двозмінному режимі роботи;

Відсутність пуско-налагоджувальних робіт ("підключив і працюй");

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

1.4. Барабанні

Барабанні змішувачі. Одним із найпростіших змішувачів цього типу є кульові млини, що працюють при невеликому числі оборотів. При досить довгому часі обертання млини дають гарне перемішування. Барабанні змішувачі являють собою циліндричні, призматичні або зіркоподібні (хрестоподібні) камери, що обертаються навколо горизонтальної осі, яка приводиться у рух за допомогою електромотора через пасову передачу. Внутрішня поверхня барабана полірується або вистилається гладенькою жерстю, щоб виключити прилипання порошку. Для поліпшення ефекту перемішування на стінках улаштовують так звані відбііники — вертикальні, спіральні або прямокутні лопаті, розташовані під кутом до напрямку обертання.



Рис. 1.4-1 Барабанні змішувачі

Недолік полягає в тому, що матеріал піддається додатковому подрібнюванню, що не завжди бажано. Низька інтенсивність змішування, незручний процес завантаження і вивантаження. Відцентрові сили, що діють на матеріал, настільки збільшуються, що відбувається обертання сипкого матеріалу разом з корпусом.

Використовують для змішування добре сипучих матеріалів. Також призначають для проведення гранулювання. Але можливе приготування паст з обмеженою в'язкістю.

1.5. Відцентрові

У відцентрових змішувачах вихрові потоки сипкого матеріала виникають внаслідок взаємодії сил тертя і відцентрових сил, що діють при русі часток матеріалу по кільцевим траєкторіям. Основним робочим органом відцентрового змішувача є порожнистий конічний ротор, встановлений на

валу, усередині корпусу. До днища ротора жорстко прикріплена лопатева мішалка, лопаті котрі встановлені під кутом 35° . У нижній частині конуса прорізані два симетрично розташованих вікна. Завантаження змішувача робиться через розташований на кришці люк. вивантаження - через перекритий відкидною заслонкою люк. Корпус змішувача укріплений на циліндричній зварній станині. Привід ротора здійснюється через клиноременну передачу від електродвигуна.

При обертанні ротора, що потрапив в нього при завантаженні матеріал внаслідок тертя залучається до обертання. Частиць матеріалу під впливом відцентрових сил, що виникають при їх обертанні, починають рухатися по внутрішній поверхності корпусу, а потім скидаються з неї в кільцеве пространство між конусом і корпусом. Нові порції матеріалу поступають всередину конуса через вікна. Лопатева мішалка обертаючись разом з ротором, створює ефект псевдозрідження збільшуючи рухливість сипкого матеріалу, способствує його припливу через вікна всередину ротора. Перемішування матеріалу відбувається внаслідок його руху по химерних спіральним траєкторіям, проходящим як по внутрішній поверхні конуса, так і в кільцевому пространстві, що супроводжується зіткненнями часток один з одним і із стінками корпусу і ротора.

У змішувачах, призначених для змішення матеріалів з поганою сипучістю, в кільцевому просторі корпусу устанавлюють раму з лопатями і гострим скребком, який входить всередину конуса. Під впливом сил, що діють з боку рухаючого матеріалу на скребок і лопаті, рама залучається до обертання. Регулюючи за допомогою стрічкового гальмаопір обертання, управляють частотою обертання рами. За існування різниці між окружними швидкостями лопатей і матеріалу частина його, натрапляючи на лопаті, "нагнетається" через вікна всередину ротора, інший матеріал залишається в кільцевому просторі.

Швидкість циркуляції через конус залежить від кута конусности ротора θ , форми лопаті і коефіцієнта заповнення корпусу матеріалом. Експериментально встановлено, що найкращі результати дає використання

конусів з кутом $6 \sim 60^\circ$ при коефіцієнті заповнення 0,6-0,8 (менші значення відносяться до важких матеріалів, великі - до легких). Кут атаки нижніх радіальних лопатей повинен при цьому складати близько 45°

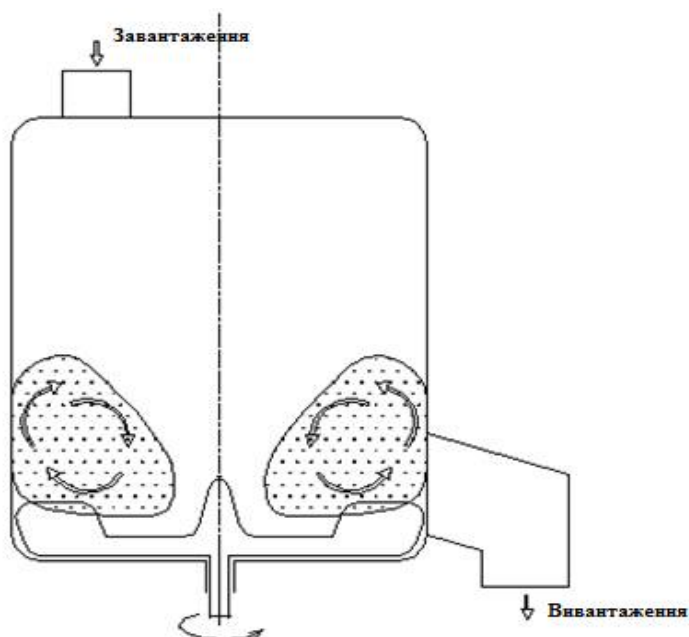


Рис. 1.5-1 Відцентрові змішувачі

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

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

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

1.6 З Z-подібними лопастями типу ЗЛ та ЗШ

http://euromash.kiev.ua/ru/smesitelz_ru.php

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. В НДІХІММАШ віддавали перевагу Z-образним роторам, тому за цим типом змішувачів і закріпилася така назва [8].

Двохвалкові змішувачі періодичної дії типу ЗЛ та ЗШ призначені для розминання та перемішування з одночасним підігрівом або охолодженням різноманітних напівтвердих мас, паст, мастик, клею, м'яких кашоподібних мас, м'яких пластичних мас та інших речовин подібної консистенції.

Змішувачі являють собою змішуючу машину, робочими органами якої є два горизонтально розташованих Z-образних лопастних валка, що обертаються в протилежні сторони, з різними швидкостями, причому обертання валків - реверсивне.

Валки обертаються в кориті спеціальної форми, яке з боків закрито торцевими стінками, а зверху - пилонепроникною кришкою.

Валки приводяться в обертання від електродвигуна через еластичну муфту, редуктор і зрівняльну муфту.

Основний продукт завантажується в корпус через люк в кришці або при відкритій кришці, а додаткові компоненти - через технологічні штуцери. У змішувачах типу ЗЛ готовий продукт вивантажується при відкритій кришці після перекидання корпусу на 110° від горизонтальної площини за допомогою гідроциліндра. 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.

У змішувачах типу ЗШ готовий продукт вивантажується при закритій кришці шляхом видавлювання продукту шнеком. Шнек має кожух, який обігрівається та фланцеве з'єднання. До фланцевого з'єднання можливе підключення трубопроводу, фільтери з корозійностійкої сталі або з вуглецевої сталі з облицюванням корозійностійкою сталлю марки 12X18H10T.

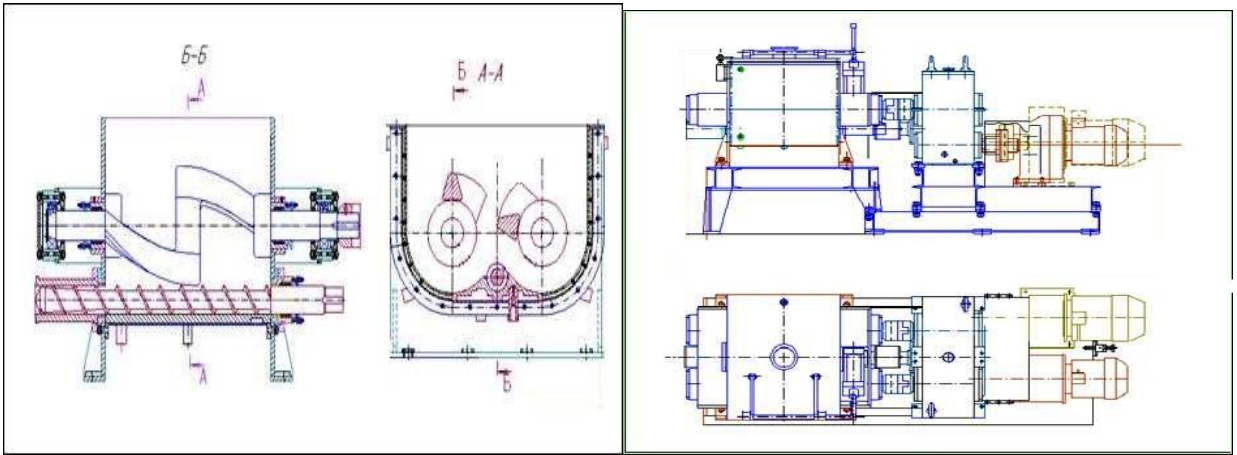


Рис. 1.6-1 Схема Змішувачів з Z-подібними лопатями

Основний привід і привід механізму перекидання або шнекового вивантаження комплектуються електродвигунами єдиної серії АІР (4А) напругою 380В або вибухозахищеними електродвигунами серії АІМ (ВАО) напругою 380В з рівнем вибухозахисту не нижче 1ExdІІВТ4.

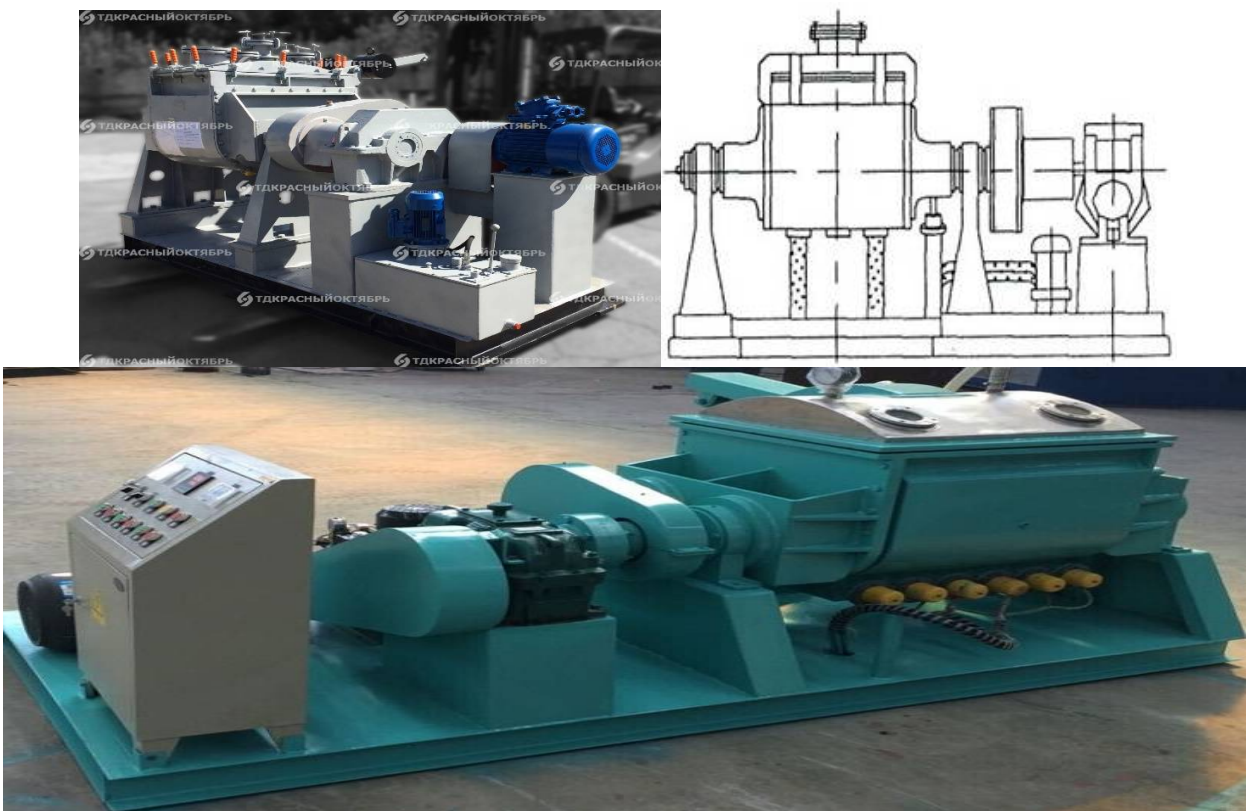


Рис. 1.6-2Змішувачі періодичної дії типу ЗЛ

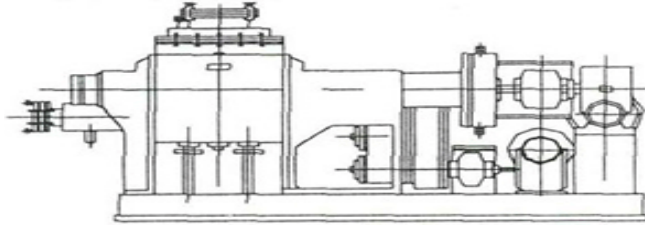


Рис. 1.6-3 Змішувачі періодичної дії типу ЗШ

Промисловий змішувач, призначений для розминання і перемішування з можливістю підігріву або охолодження різних напівтвердих мас, паст, клею, м'яких пластичних мас. На сьогоднішній день активно застосовується в хімічній, фармацевтичній, косметичній, харчовій, а також безлічі інших областей сучасної промисловості. У сфері тваринництва змішувач є досить затребуваним при використанні на всіляких комбікормових підприємствах, фермах, звірорадгоспах, птахофабриках і всіляких підсобних господарствах, де його застосування здійснюється з метою збагачення комбікормів, досягнення більш високої якості раціонів, а також поліпшення їх загальної біологічної повноцінності.

Найбільш широке застосування такі змішувачі отримали в області харчової промисловості, а також у фармацевтичному виробництві.

Залежно від фізико-механічних властивостей змішуваного матеріалу змішувачі типу ЗЛ і ЗШ комплектуються валками різної конфігурації:



Рис. 1.6-4 Форма лопатей двохвалькових змішувачів для паст з Z-подібними лопатями

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. Ці змішувачі універсальні, вони можуть замінити вищеописані змішувачі для сипучих матеріалів і практично всі змішувачі для паст. Однак за цю універсальність доводиться платити значним ускладненням і подорожчанням конструкції.

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

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

Звертаючись до аналогії з транспортними засобами - ці змішувачі подібні тракторам, призначеним для роботи в складних польових умовах. Їх застосування виправдане при проведенні складних процесів: змішання паст або приготування паст із сипучих компонентів.

1.7.Змішувачі фірми SOWERGROUP

<http://www.sowergroup.ru/mixer/horizontal-mixers/>

Як доказ того, що вище перераховані конструкції змішувачів є найбільш розповсюдженими в світі приведемо номенклатуру змішувачів для сипких матеріалів, що випускаються фірмою SOWERGROUP (Китай).



Рис. 1.7-1. Гвинтовий горизонтальний змішувач серії SWWJ
особливості обладнання

Гвинтовий горизонтальний змішувач використовується для змішування сипучого сировини або для сировини з високою в'язкістю. Великий спектр продуктів, які використовують даний вид змішувача в своєму технологічному процесі, шпаклівки, будівельні суміші, добрива, пластмаси, продукти харчування. При перемішуванні вінновие лопаті перевертають сировину, тому при ємність може заповнюватися лише на половину від свого повного обсягу. Клапан виходу продукту, має великий діаметр, що зручно при роботі з в'язким сировиною. Лопаті з нержавіючої сталі гарантують довгий термін служби, і зносостійкість. Устаткування легко чиститься. Обсяг однієї партії може варіюватися від 100кг до 15 тон, в залежності від обсягу ємності. Змішувач може бути виконаний в вибухозахищеному виконанні. Можливість плавного регулювання швидкості.

Таблиця 1.7.-1 Типорозмірний ряд змішувачівсерії SWWJ

Модель	Мощность	Ємкость	Загружаемый объем	Общая скорость	Толщина стенок	Диаметр оси
SWWJ-500	5.5kW	500L	200-300L	50r/min	10mm	89mm
SWWJ-1000	11kW	1000L	400-600L	50r/min	12mm	102mm

SWWJ-1500	15kW	1500L	600-900L	47r/min	12mm	102mm
SWWJ-2000	15kW	2000L	800-1200L	47r/min	12mm	102mm
SWWJ-3000	18.5kW	3000L	1200-1800L	43r/min	12mm	114mm
SWWJ-4000	22kW	4000L	1200-2400L	43r/min	14mm	121mm
SWWJ-5000	30kW	5000L	2000-2400L	33r/min	14mm	121mm
SWWJ-6000	37kW	6000L	2400-3600L	33r/min	16mm	127mm
SWWJ-7000	45kW	7000L	2800-4200L	28r/min	16mm	133mm
SWWJ-8000	45kW	8000L	3200-4800L	28r/min	18mm	133mm
SWWJ-10000	55kW	10000L	4000-6000L	28r/min	18mm	152mm



Рис. 1.7-2. Горизонтальний змішувач серії SWWH

Так само називається «високоєфективний двовісний змішувач». Підходить для змішування порошкоподібного і гранульованого сировини. Застосовується в різних галузях промисловості, для виробництва різних сухих сумішей і розчинів.

Особливості обладнання

1 Підходить для змішування сипучого з сипучою сировиною, сипучого і рідкого сировини, так само можливо проводити сушку під час змішування.

2 Згідно з вимогами замовника, можливо внести зміни в конструкції обладнання.

3 Висока швидкість перемішування, висока ефективність, економічність в роботі

4 У випадках, коли відбувається змішування різної сировини з різним розміром частинок, виключається сегрегація, готовий продукт виходить однорідним.

5 Можливість роботи в герметичних умовах, зручне обслуговування

6 У ємності перемішування, немає «мертвих кутів», виключається випадання осаду, вихід сировини може, здійснюється вручну, за допомогою електроприводу, пневматичної системи (на вибір за умовами замовника).

Таблиця 1.7.-2 Типорозмірний ряд змішувачівсеріїSWWH

Модель	Мощность	Емкость	Коэффициент нагрузки	Габариты	Вес
SWWH-50	2.2кВт	50л.	0.4-0.6	900*550*530мм	230кг
SWWH-100	3кВт	100л.	0.4-0.6	1800*470*750мм	320кг
SWWH-300	4кВт	300л.	0.4-0.6	2450*650*1100мм	700кг
SWWH-500	7.5кВт	500л.	0.4-0.6	2700*800*1250мм	980кг
SWWH-1000	11кВт	1000л.	0.4-0.6	3200*990*1350мм	1800кг
SWWH-2000	15кВт	2000л.	0.4-0.6	3850*1200*1750мм	2100кг
SWWH-3000	18.5кВт	3000л.	0.4-0.6	3750*1510*2000мм	3200кг
SWWH-4000	30кВт	4000л.	0.4-0.6	4100*1530*2100мм	4000кг
SWWH-5000	37кВт	5000л.	0.4-0.6	5250*1530*2300мм	4600кг
SWWH-6000	45кВт	6000л.	0.4-0.6	5700*1600*2345мм	6200кг
SWWH-8000	45кВт	8000л.	0.4-0.6	5950*1820*2560мм	7200кг
SWWH-10000	55кВт	10000л.	0.4-0.6	6420*1850*2780мм	7800кг
SWWH-12000	55кВт	12000л.	0.4-0.6	6850*2000*3000мм	9800кг
SWWH-15000	55кВт	15000л.	0.4-0.6	7250*2170*3150мм	10000кг
SWWH-18000	75кВт	18000л.	0.4-0.6	7550*2700*3230мм	11000кг
SWWH-20000	90кВт	20000л.	0.4-0.6	7600*2370*3375мм	14500кг

1.7.3. ДвохвальнийгоризонтальнийзмішувачсеріїSWWH

Так само називається «високоєфективний двовісний змішувач».

Підходить для змішування порошкоподібного і гранульованого сировини.

Застосовується в різних галузях промисловості, для виробництва різних сухих сумішей і розчинів.



Рис. 1.7-3. Двохвальний горизонтальний змішувач серії SWWH

Особливості обладнання

- 1 Підходить для змішування сипучого з сипучою сировиною, сипучого і рідкого сировини, так само можливо проводити сушку під час змішування.
- 2 Згідно з вимогами замовника, можливо внести зміни в конструкції обладнання.
- 3 Висока швидкість перемішування, висока ефективність, економічність в роботі
- 4 У випадках, коли відбувається змішування різної сировини з різним розміром частинок, виключається сегрегація, готовий продукт виходить однорідним.
- 5 Можливість роботи в герметичних умовах, зручне обслуговування
- 6 У ємності перемішування, немає «мертвих кутів», виключається випадання осаду, вихід сировини може, здійснюється вручну, за допомогою електроприводу, пневматичної системи (на вибір за умовами замовника).

Таблиця 1.7-3. Двохвальний горизонтальний змішувач серії SWWH

Модель	Мощность	Емкость	Коэффициент нагрузки	Габариты	Вес
SWWH-50	2.2кВт	50л.	0.4-0.6	900*550*530мм	230кг
SWWH-100	3кВт	100л.	0.4-0.6	1800*470*750мм	320кг
SWWH-300	4кВт	300л.	0.4-0.6	2450*650*1100мм	700кг
SWWH-500	7.5кВт	500л.	0.4-0.6	2700*800*1250мм	980кг
SWWH-1000	11кВт	1000л.	0.4-0.6	3200*990*1350мм	1800кг
SWWH-2000	15кВт	2000л.	0.4-0.6	3850*1200*1750мм	2100кг
SWWH-3000	18.5кВт	3000л.	0.4-0.6	3750*1510*2000мм	3200кг
SWWH-4000	30кВт	4000л.	0.4-0.6	4100*1530*2100мм	4000кг
SWWH-5000	37кВт	5000л.	0.4-0.6	5250*1530*2300мм	4600кг
SWWH-6000	45кВт	6000л.	0.4-0.6	5700*1600*2345мм	6200кг
SWWH-8000	45кВт	8000л.	0.4-0.6	5950*1820*2560мм	7200кг
SWWH-10000	55кВт	10000л.	0.4-0.6	6420*1850*2780мм	7800кг
SWWH-12000	55кВт	12000л.	0.4-0.6	6850*2000*3000мм	9800кг
SWWH-15000	55кВт	15000л.	0.4-0.6	7250*2170*3150мм	10000кг
SWWH-18000	75кВт	18000л.	0.4-0.6	7550*2700*3230мм	11000кг
SWWH-20000	90кВт	20000л.	0.4-0.6	7600*2370*3375мм	14500кг

Одновальний горизонтальний змішувач серії SWLN

Застосовується для змішування сипучого сирь і необхідністю руйнування цілісності гранул вихідної сировини. Підходить для різних виробництв.



Рис.1.7-3. Одновальний горизонтальний змішувач серії SWLN

Особливості обладнання

1. Підходить для великого виду сировини.
2. Хороший ефект змішування навіть при великій різниці в розмірах і щільності гранул різних видів сировини.
3. Висока швидкість обертання, отримання однорідної маси, розбивання гранул сировини
4. При необхідності змішування сухого сипучого сировини з рідиною, змішування відбувається наступним чином; в ємність спочатку подається сухе сипуча сировина, починає перемішуватися, в процесі перемішування за допомогою спеціального механізму здійснюється впорскування рідини на поверхню сухого сировини, і за короткий час досягається необхідний ефект.

Таблиця 1.7-3 Одновальний горизонтальний змішувач серії SWLH

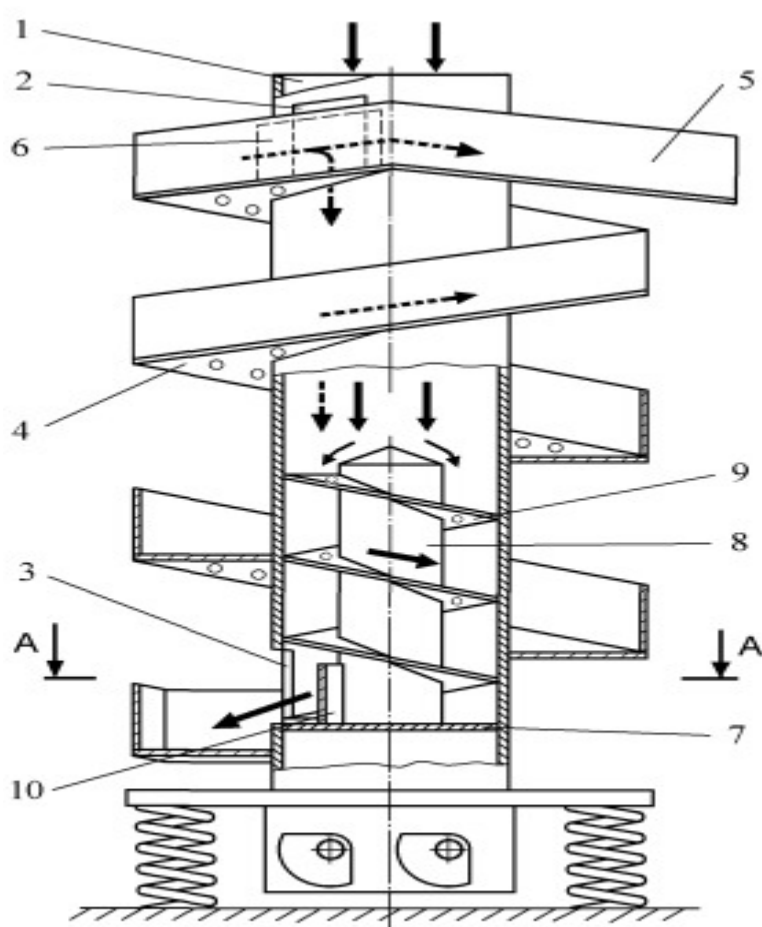
Модель	Мощность	Емкость	Коеффициент нагрузки	Габариты	Вес
SWLH-100	3kW	100L	0.4-0.6	1780*460*750mm	430kg
SWLH-300	4kW	300L	0.4-0.6	2450*680*1030mm	920kg
SWLH-500	7.5kW	500L	0.4-0.6	2765*780*1150mm	1100kg
SWLH-1000	11kW	1000L	0.4-0.6	3300*980*1400mm	1800kg
SWLH-2000	15kW	2000L	0.4-0.6	3580*1200*1750mm	2500kg
SWLH-3000	18.5kW	3000L	0.4-0.6	4600*1400*1950mm	3200kg
SWLH-4000	30kW	4000L	0.4-0.6	5000*1560*2100mm	4800kg
SWLH-5000	37kW	5000L	0.4-0.6	5240*1670*2220mm	5500kg
SWLH-6000	45kW	6000L	0.4-0.6	5690*1730*2300mm	8700kg
SWLH-8000	45kW	8000L	0.4-0.6	5970*1950*2600mm	9400kg
SWLH-10000	55kW	10000L	0.4-0.6	6420*2050*2750mm	9750kg
SWLH-12000	55kW	12000L	0.4-0.6	6860*2150*2950mm	10700kg
SWLH-15000	75kW	15000L	0.4-0.6	7250*2370*3100mm	11000kg

1.8Вібраційний змішувач

<http://www.findpatent.ru/patent/228/2286203.html>

Вібраційний змішувач відноситься до облаштувань безперервної дії для приготування композицій на основі сипких матеріалів і може знайти застосування в харчовій, хімічній, будівельній і деяких інших галузях

промисловості. Він містить циліндричний завантажувальний бункер із закріпленим на його зовнішній поверхні спіральним жолобом з перфорованими витками, окрім нижнього, з підйомом у бік руху матеріалу. У бункері встановлена вставка за формою тіла обертання із спіральною лопаттю, яка складається з одного або декількох витків. Примикаючи до внутрішньої поверхні завантажувального бункера, вона утворює жолоб з нахилом у бік руху матеріалу, причому усі її витки, окрім нижнього, мають перфорацію. Технічний результат полягає в підвищенні продуктивності і якості готового продукту без збільшення габаритів.



Фиг. 1

Рис. 1.8-1 Вібраційний змішувач

До недоліків пристрою відноситься нестабільність висоти шару сипкого матеріалу на витках, обумовлена варіацією його витрати через перфорацію при зміні властивостей суміші або параметрів вібрації, що погіршує якість готового продукту. Також в пристрої являється низька

швидкість руху матеріалу в кільцевому жолобі між вставкою і стінкою завантажувального бункера, викликана обмеженими умовами і фізикою процесу, що зменшує продуктивність змішувача і погіршує якість готового продукту.

1.9 Бігунково-лопатеві змішувачі

<https://studfiles.net/preview/1970979/page:23/>

Бігунково-лопатеві змішувачі застосовують для приготування керамічних мас в сухому вигляді, а також з подальшим зволоженням при виробництві фаянсових виробів, облицювальних плиток і т. п. У бігунково-лопатевих змішувачах найчастіше застосовуються робочі органи, що складаються з одного катка з двома шкрябаннями або з двох катків з двома шкрябаннями. Катки 1 і лопаті 2 встановлюються на осях 3 в хрестовині 4, приведеною в обертання. Таке поєднання робочих органів, забезпечує інтенсивне перемішування компонентів внаслідок багатократного перетину потоків матеріалу, що створюється важелями перемішування 2, піддоном, що обертається 1 і нерухомими лопатями 3. Крім того, під впливом катків матеріал додатково подрібнюється, розтирається і пластифікується.

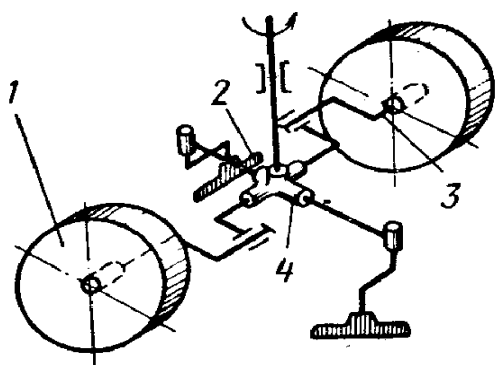


Рис. 1.9-1 Робочі органи бігунково-лопатєвого змішувача

Осі хрестовин встановлюються ексцентрично по відношенню до осі піддона, що дає можливість отримати складні траєкторії руху потоків суміші і забезпечити її інтенсивне перемішування. Нижче приведена схема

бігунково-лопатевого змішувача з двома змішуючими механізмами. Така конструкція характерна для змішувачів ємкістю понад 500 л. Вертикальні вали, на яких встановлені хрестовини з бігунами і

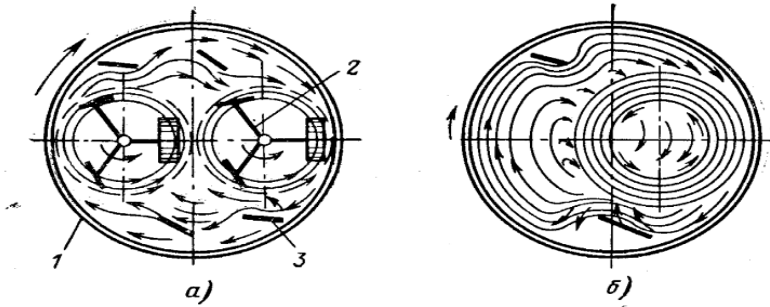


Рис 1.9-2 Схема руху матеріала у бігунково лопатевому змішувачі:
а – Двхроторий б – Однороторий

лопатями, наводяться в обертання від двигуна через ремінну передачу 1 і конічні зубчасті пари 3. Піддон, встановлений на катках 7, отримує обертання від валу 2 через конічну пару 4 і зубчастий вінець 6. Готова суміш вивантажується через люк, який закривається затвором 8 і управляється руків'ям 5. Перемішування сухих матеріалів зазвичай триває 2-3 мін, зволожених 6-8 хв.

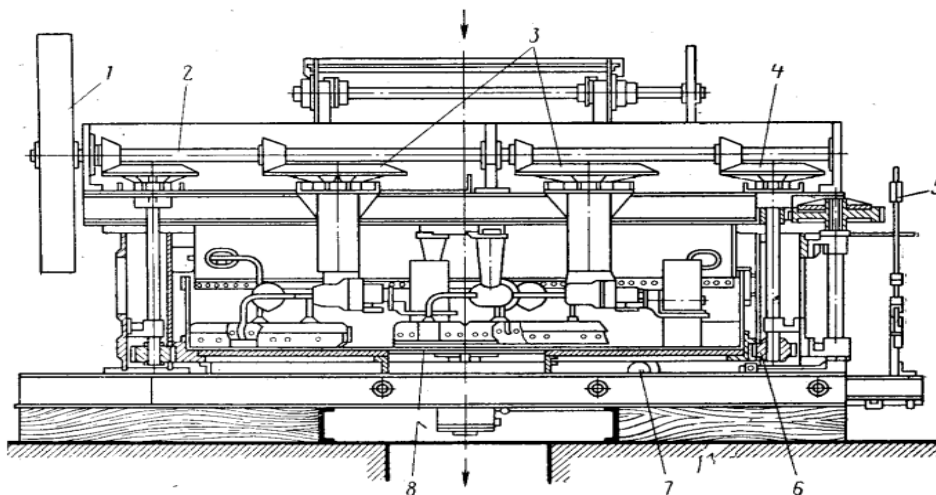


Рис. 1.9-3 Схема двухроторного бігунково лопатевого змішувача

1.10 Пневмомеханічний гомогенізатор

Для стабілізації технологічного процесу і підвищення якості продукції, наприклад, при виготовленні силікатних виробів необхідно проводити ретельне усереднювання суміші. Найефективніше цей процес відбувається при змішуванні маси, що знаходиться в зваженому стані. Зважене багатство суміші може бути отримане механічним способом завдяки підбору відповідних режимів і траєкторій руху робочих органів або продуванням повітря через порошок з певною швидкістю. Досягши критичної швидкості частки порошку стають рухливими, набуваючи властивість псевдорідин. Для руйнування каналів (свищів), які можуть утворитися в порошок і порушити ефект аерації, зазвичай застосовують додаткове механічне спонукання лопатевими мішалками. Такі пристрої дістали назву пневмомеханічних гомогенізаторів.

Гомогенізатор є резервуаром 4 (діаметром 3 м і заввишки 10 м), в якому встановлений вал 2 з чотирма ярусами лопатей 3. Вал наводиться в обертання при-водом 7, що складається з двигуна, редуктора і конічної зубчастої пари, через шарнірну муфту 9. Для фіксації положення валу його секції встановлені в обмежувальних кільцевих підшипниках 5 з пористими втулками, в які подається стисле повітря, завдяки чому забезпечується їх надійна робота в запильненій середовищу. Днище резервуару футеровано касетами 6, що представляють собою розподільні коробки, які закриті згори пористими діафрагмами з декількох шарів тканини, покритих захисними сітками. Знизу в касети подається стисле повітря під тиском близько 0,1 МПа, що забезпечує швидкість сходячищих потоків 0,01-0,06 м/с. Лопатевий вал обертається із швидкістю 1,8-2,0 рад/з, внаслідок чого руйнуються свищі і забезпечується стійкий зважений стан матеріалу. Для підвищення ефекту усереднювання передбачається чергування подання повітря в касети за певною програмою, внаслідок чого створюються диференційовані потоки.

Готовий продукт вивантажується через патрубок 7. Для контролю за процесом усереднення гомогенізатор обладнаний трьома пробовідбірниками 8. Проба відбирається спеціальною гільзою, що вводиться в резервуар за допомогою стержня.

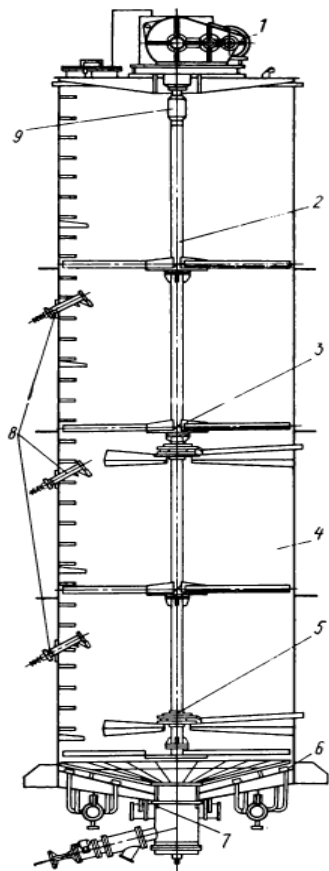


Рис. 1.10-1 Пневмомеханічний гомогенізатор порошкових сумішей

2 Мета та задачі досліджень

Основна мета досліджень, згідно завданню, є визначення енергетичних витрат в горизонтальних змішувачах сипких матеріалів. Лабораторія кафедри МОПП має модель стрічкового змішувача. Тому експериментальні роботи проводилися на ньому. Окрім того були використані матеріали досліджень, проведених в С.ф. НДІхіммаш. Крім дослідження енергетичних витрат, проводилися також дослідження процесу змішування, оскільки це необхідно для визначення ефективності змішувача.

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 типоразмерного ряду, застосовуючи при цьому принципи стандартизації і уніфікації, оцінити собівартість виробів у виробника, 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 загально визнано, що собівартість одиничних зразків обходиться на порядок дорожче.

Виходячи з вищевикладеного необхідно розробити конструкцію одного з представників типорозмірного ряду змішувачів, в даній роботі передбачається використати для зрівняння данні стрічкового змішувача номінальним об'ємом $6,3 \text{ м}^3$ [11]. Для порівняння використані дані для аналогічних машин з каталогів Інтернет-ресурсу.

Після проектування необхідно встановити масу витрачених матеріалів, трудомісткість виготовлення, витрати виробника (собівартість).

Вартість аналогічних по конструкції машин на ринку України взяті з відкритих джерел (інтернет).

3. Дослідження процесу змішування сипучих матеріалів в змішувачах з горизонтальним ротором

В лабораторії кафедри МОПП були проведені експерименти по вивченню процесу змішування в змішувачі Лн-24.

У наведених нижче дослідах в змішувач завантажували сухий пісок і металеві тирса. Тирса завантажували близько торцевої стінки змішувача на поверхню піску. У процесі змішування відбувався розподіл тирси в піску.

Вивчення розподілу компонентів вироблялося шляхом відбору проб по схемі наведеної на малюнку 3.1, через певний час змішування.

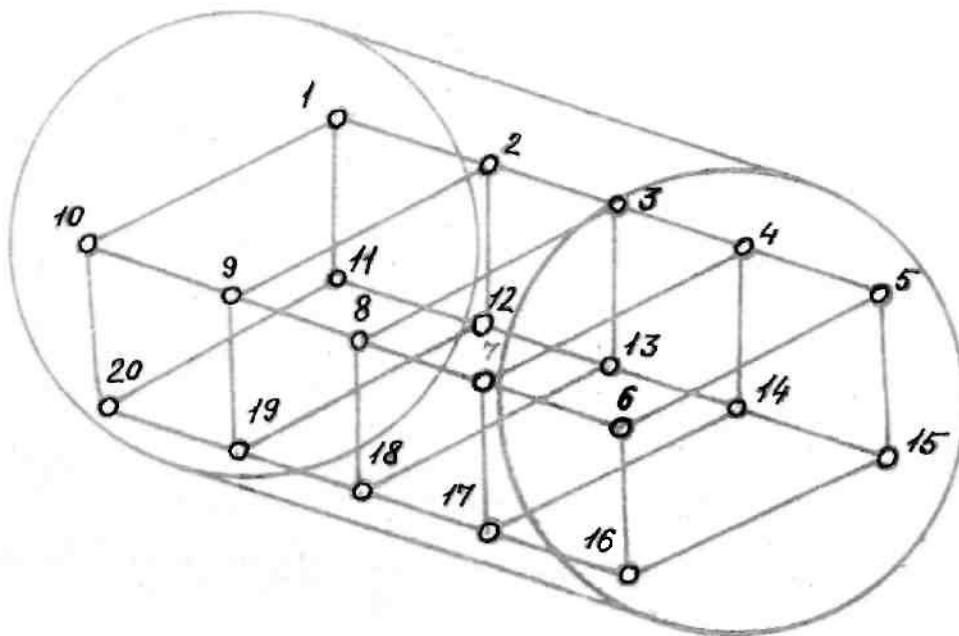


Рис. 3.1. Схема відбору проб з корпусу змішувача

Проводилося приготування декількох сумішей. У даній роботі наведені результати приготування суміші, що складається приблизно з 95% вагових піску (основний компонент) і 5% металевих тирси (ключовий компонент).

Зважування компонентів суміші здійснювалося на торгівельних весах РМ10Ц13М з точністю 0,005 кг.

Маса проб становила приблизно 10-20 грамів (див. рис. 3.2).



Рис.3.2 Проби що відібрані для аналізу розподілу ключового компонента

Відібрані проби поділялися на компоненти за допомогою магніту.



Рис.3.3. Відбір ключового компонента за допомогою магніту

Маса тирси і піску визначалася шляхом зважування на лабораторних вагах ТипWA-21 (ZakladyMechanikiPrecyzyinej, Gdansk, Polska, 1971) з точністю до 50 мг.

Точність вимірювання отриманих результатів оцінювалася за допомогою залежних вибірок, тобто таких вибірок, у яких вміст ключового компонента в відповідних точках однаково. Різниця результатів визначення концентрації ключового компонента в відповідних пробах викликана похибка методу. В результаті точність аналізу змісту ключового компонента в пробах оцінюємо $V_a \approx 3\%$.

Дисперсію рандомального розподілу S_R^2 для двохкомпонентної суміші можливо оцінити по формулі Штанге [3],

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

где: G - масса пробы, г; (принимаємо 10г);

c_p, c_q - массовые доли ключевого и основного компонента в смеси; (принимаємо відповідно 0,05 та 0,95);

γ_p, γ_q - средние массы частиц ключевого и основного компонентов в смеси, г; (принимаємо відповідно $2 \cdot 10^{-3}$ та $6 \cdot 10^{-5}$);

V_p, V_q - коэффициенты вариации распределения частиц ключевого и основного компонентов по массам (принимаємо по 0);

$$S_R^2 \approx 8,5 \cdot 10^{-7}$$

Потім підраховуємо коефіцієнт неоднорідності при рандомальному розподілу зміси

$$V_{CR} = \frac{100 \cdot \sqrt{S_R^2}}{\bar{x}}, \%$$

Для даного гранулометричного складу матеріалів і розміру проб $V_{CR} \approx 2\%$.

Таким чином можна зробити висновок про те що при значеннях V_C суміші менше $\approx 5\%$ результати стають статистично невиразними.

Крім обчислення коефіцієнта неоднорідності вироблялося обчислення середніх значень групових концентрацій 10 верхніх і 10 нижніх проб (1-10; 11-20), правих і лівих (1-5, 11-15 і 6-10, 16-20) (див. Рис.3.1) і вироблялося порівняння групових середніх концентрацій за допомогою критерію Стьюдента.

Далі, вироблялося порівняння п'яти групових середніх чотирьох проб відібраних по осі корпусу (1,11,10,20); (2,12,9,19); (3,13,8,18), (4,14,7,17); (5,15,6,16) (див. Рис.3.1). Порівняння проводилося методом дисперсійного аналізу.

Така обробка результатів експерименту за допомогою методів математичної статистики дозволяє визначити швидкість розподілу матеріалів суміші у різних напрямках.

3.1. Приклад обробки експериментальних даних вибірки

Як приклад розглянемо обробку результатів змішання піску і металеві тирси, отримані в лабораторному змішувачі Лн-24 через 36 секунд змішування.

Відповідно до номерів проб (див. рис.3.1) були визначені наступні вагові концентрації ключового компонента (металевої тирси) в пробах вибірки.

№№ проб					Концентрація ключового компонента в відповідних пробах, $x_i\%$				
1	2	3	4	5	7,545	8,649	7,958	2,018	1,898
10	9	8	7	6	7,471	6,999	3,206	2,290	1,616
11	12	13	14	15	7,734	7,451	5,353	2,669	1,846
20	19	18	17	16	7,861	7,234	4,638	2,017	1,883

Для проведення аналізу однорідності розподілення ключового компоненту використаємо методи, зложені в [4].

Розраховуємо середню концентрацію ключового компонента у всіх 20 пробах вибірки (середнє вибіркоче)

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 4,744 \%$$

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

n – число проб у вибірці.

Сума квадратів різниць

$$S^2(x) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = 130$$

Виправлена вибіркоче дисперсія

$$D(x) = \frac{S^2(x)}{n-1} = \frac{130}{19} = 6,86.$$

Коефіцієнт неоднорідності суміші

$$Vc(x) = \frac{100 \cdot \sqrt{D(x)}}{\bar{x}} = \frac{100 \cdot 2,62}{4,744} = 55,2 \%$$

Виробляємо порівняння двох вибіркових середніх верхнього і нижнього шарів $\bar{x}_в$ і $\bar{x}_н$ [4, с.297-303]. Число проб в групах $n_в = n_н = 10$.

В першу групу входять проби x_1-x_{10} , в другу $x_{11}-x_{20}$.

$$\bar{x}_в = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{vi}}{10} = 4,620 \%$$

$$\bar{x}_н = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{ni}}{10} = 4,869 \%$$

Визначимо виправлені вибіркоче дисперсії верхньої і нижньої груп

$$D_{\epsilon} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\epsilon}} (x_{\epsilon i} - \bar{x}_{\epsilon})^2}{n_{\epsilon} - 1} = 6,62;$$

$$D_{\eta} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\eta}} (x_{\eta i} - \bar{x}_{\eta})^2}{n_{\eta} - 1} = 6,14;$$

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

Для коректного порівняння \bar{x}_{ϵ} і \bar{x}_{η} необхідно провести перевірку однорідності дисперсій D_{ϵ} і D_{η} . Підраховуємо ставлення більшої з порівнюваних дисперсій до меншої (критерій Фішера-Снедекора).

$$F = \frac{D_{\text{большая}}}{D_{\text{меньшая}}} = \frac{6,62}{6,14} = 1,085.$$

Критичне значення критерію $F_{кр}$ визначаємо по [4, додаток 7]. При рівні значності $\alpha=0,01$; число ступенів свободи більшої дисперсії $k_1=n_{\epsilon}-1=9$, меншою $k_2=n_{\eta}-1=9$. $F_{кр}=5,35$.

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

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

Підраховуємо значення критерію Стьюдента

$$Z = \frac{\bar{x}_{\epsilon} - \bar{x}_{\eta}}{\sqrt{\frac{D_{\epsilon}}{n_{\epsilon}} - \frac{D_{\eta}}{n_{\eta}}}} = \frac{4,620 - 4,869}{\sqrt{\frac{6,92}{10} - \frac{6,14}{10}}} = -0,941.$$

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

Знайдемо праву критичну точку, для чого спочатку підрахуємо функцію Лапласа

$$\Phi(Z_{кр}) = \frac{1 - \alpha}{2} = \frac{1 - 0,01}{2} = 0,495$$

По таблиці функції Лапласа [4, додаток 2] визначаємо $Z_{кр} = 2,58$.

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

Аналогічно проводимо порівняння вибірових середніх з правого та лівого боків корпусу.

В першу групу входять проби x_1-x_5 та $x_{11}-x_{15}$, в другу x_6-x_{10} та $x_{16}-x_{20}$.

\bar{x}_n и \bar{x}_l [4, с.297-303]. Число проб в групах $n_n = n_l = 10$.

$$\bar{x}_n = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{ni}}{10} = 4,967\% ;$$

$$\bar{x}_l = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{li}}{10} = 4,521\% .$$

Визначимо виправлені вибіркові дисперсії правої і лівої груп

$$D_n = \frac{\sum_{i=1}^{n_n} (x_{ni} - \bar{x}_n)^2}{n_n - 1} = 6,8 ;$$

$$D_l = \frac{\sum_{i=1}^{n_l} (x_{li} - \bar{x}_l)^2}{n_l - 1} = 6,2 .$$

$$Z = \frac{\bar{x}_n - \bar{x}_l}{\sqrt{\frac{D_n}{n_n} - \frac{D_l}{n_l}}} = \frac{4,967 - 4,521}{\sqrt{\frac{6,8}{10} - \frac{6,2}{10}}} = 1,82 .$$

$$Z_{кр} = 2,58 .$$

$|Z| < Z_{кр}$ - вибіркові середні різняться не значимо, $\bar{x}_n = \bar{x}_l$.

Виробляємо порівняння середніх для п'яти груп, розташованих по осі корпусу методом дисперсійного аналізу. [5, с.349-362].

Розбиваємо вибірку з 20 проб на п'ять груп, по 4 проби в кожній розташованих по осі корпусу: 1J ($x_1, x_{11}, x_{10}, x_{20}$); 2J (x_2, x_{12}, x_9, x_{19}); 3J (x_3, x_{13}, x_8, x_{18}); 4J (x_4, x_{14}, x_7, x_{17}); 5J (x_5, x_{15}, x_6, x_{16}).

Підраховуємо середні значення концентрацій ключового компонента для груп.

$$\bar{x}_{kJ} = \frac{\sum_{i=1}^4 x_{ikJ}}{4} ,$$

де номери груп $k \{1, 2, 3, 4, 5\}$.

$$\bar{x}_{1J} = 7,653; \bar{x}_{2J} = 7,583; \bar{x}_{3J} = 4,426; \bar{x}_{4J} = 2,248; \bar{x}_{5J} = 1,811.$$

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

$$D_{kJ} = \frac{\sum_{i=1}^4 (x_{ikJ} - \bar{x}_{kJ})^2}{4-1}.$$

$$D_{1J} = 0,0315; D_{2J} = 0,5388; D_{3J} = 0,7994; D_{4J} = 0,0952; D_{5J} = 0,0173;$$

Проведемо перевірку однорідності дисперсій за критерієм Кочрена

$$G = \frac{D_{J\max}}{\sum_{k=1}^5 D_{kJ}} = \frac{0,7994}{1,4822} = 0,5393.$$

Критичне значення критерію Кочрена для рівня значущості $\alpha=0,05$; $J=l=5$; $n_J-1=k=3$. [4, додаток 8]

$$G_{кр} = 0,5981;$$

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

Обчислюємо факторну дисперсію [4, с.351-355]

$$D_{\phi} = \frac{i \cdot \sum_{k=1}^5 (\bar{x}_{kJ} - \bar{x})^2}{J-1} = 31,458,$$

де: i - кількість проб в кожній групі ($i = 4$).

Залишкова дисперсія

$$D_o = \frac{\sum_{k=1}^5 \sum_{i=1}^4 (x_{ikJ} - \bar{x}_{kJ})^2}{k \cdot (i-1)} = \frac{4,45}{5 \cdot 3} = 0,296;$$

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

$$\Phi = \frac{D_{\phi}}{D_o} = \frac{31,458}{0,296} = 106.$$

Критичне значення критерію Фішера-Снедекора

$$\Phi_{кр} = 3,06 [4, \text{ додаток 7}]$$

(при $\alpha=0,05$; число ступенів свободи чисельника $k_1=4$; а знаменника $k_2=15$) $\Phi > \Phi_{кр}$ - групі середні відрізняються значимо.

3.2 Результати вивчення розподілу компонентів

Результати випробувань стрічкового змішувача Лн-24, що є копією промислового серійного, наведені в таблицях 3.2.1-3.2.3.

Таблиця 3.2.1 Результати змішення компонентів в змішувачи Лн-24

n=100об/хв.;t= 36 с.

№ пробы	Маса ключев. комп,г	Маса основн. комп, г	Зміст ключевого комп,%	Наявність сегрегації		
				верх/ низ	лево/ прав	По осі
1	0,897	10,991	7,545			
2	1,25	13,203	8,649			
3	0,601	12,734	4,507			
4	0,196	9,518	2,018			
5	0,295	15,251	1,898			
6	0,209	12,723	1,616			
7	0,294	12,547	2,290			
8	0,471	14,218	3,206			
9	1,016	13,501	6,999			
10	0,864	10,7	7,471	-	-	+
11	1,257	14,995	7,734			
12	1,381	17,153	7,451			
13	0,994	17,575	5,353			
14	0,464	16,92	2,669			
15	0,344	18,29	1,846			
16	0,315	16,416	1,883			
17	0,353	17,152	2,017			
18	0,808	16,613	4,638			
19	1,199	15,376	7,234			
20	1,495	17,522	7,861			

X_{ср}=4,744V_с=55,2

Таблиця 3.2.2 Результати змішення компонентів в змішувачи Лн-24

n=100об/хв.;t=180 с.

№ пробы	Маса ключев.	Маса основн.	Зміст ключевого	Наявність сегрегації
---------	--------------	--------------	-----------------	----------------------

	КОМП,Г	КОМП, Г	КОМП,%	верх/ низ	лево/ прав	По осі
1	0,452	9,257	4,655			
2	0,445	9,505	4,472			
3	0,472	9,111	4,925			
4	0,547	9,526	5,430			
5	0,551	9,187	5,658			
6	0,563	9,256	5,734			
7	0,471	8,471	5,267			
8	0,477	9,110	4,975			
9	0,409	9,461	4,144			
10	0,390	9,457	3,961	-	-	+
11	0,437	10,027	4,176			
12	0,434	9,432	4,399			
13	0,491	9,453	4,938			
14	0,513	9,66	5,043			
15	0,614	9,279	6,206			
16	0,615	9,002	6,395			
17	0,527	9,579	5,215			
18	0,409	7,342	5,277			
19	0,428	9,658	4,244			
20	0,373	8,904	4,021			

$X_{cp}=4,957$

$V_c=14,3$

Таблиця 3.2.3 Результати змішення компонентів в змішувачи Лн-24

n=100об/хв.;t=600 с.

№ пробы	Маса ключев. комп,г	Маса основн. комп, г	Зміст ключевого комп,%	Наявність сегрегації		
				верх/ низ	лево/ прав	По осі
1	0,487	8,021	5,724			
2	0,498	9,511	4,976			
3	0,452	9,303	4,634			
4	0,466	8,725	5,070			
5	0,462	9,006	4,880			
6	0,442	8,286	5,064			
7	0,483	9,444	4,866			
8	0,458	9,093	4,795			
9	0,463	9,198	4,792			
10	0,471	9,112	4,915	-	-	+
11	0,484	9,395	4,899			
12	0,469	9,325	4,789			
13	0,459	9,486	4,615			
14	0,495	9,684	4,863			
15	0,456	9,293	4,677			
16	0,454	9,507	4,558			
17	0,470	9,422	4,751			
18	0,466	9,619	4,621			
19	0,485	9,435	4,889			
20	0,480	9,761	4,687			

X_{ср}=4,853

V_с=5,2

Для вивчення кінетики процесу змішування в змішувачах з горизонтальним циліндричним корпусом в Сєвєродонецькому філії НДІХІММАШ були проведені експериментальні роботи.

Метою робіт було визначення доцільності розробки уніфікованого типоразмерного ряду замість стрічкових і плужних змішувачів випускаються в даний час. Були випробувані кілька конструкцій роторів обертових з різною частотою і кілька конструкцій диспергуючих головок. Коефіцієнт заповнення корпусу змішувача $\eta = 0,6$.

Були проведені зрівняння ефективності наступних конструкцій змішувачів: стрічкового, плужного, з пружними елементами і вертикальної диспергуючої головкою.

Результати цих досліджень приведені в табл. 3.2.4.

Таблиця 3.2.4 Результати випробувань змішувачів стрічкових, плужних і горизонтальних з вертикальним шнеком.

Умовн. позн. роб. органів *	Частота обертів, об/хв		Тривалість зміш., с	Ступінь неодн., $V_C, \%$	Наявність сегрегації			Споживана потужність, Вт	
	рот.	дисп.			Верх/низ	Ліво/право	По осі	ротор	Дисп. гол.
ЛД1 (9)	75	1500	30	60	-	-	+	220	190
	75	1500	60	35	-	-	+		
	75	1500	180	8	-	-	+		
	75	1500	600	7	-	-	+		
	75	1500	3600	8	-	-	-		
ПД2 (17)	225	1500	10	69	-	-	+	635	114
	225	1500	20	39	-	-	+		
	225	1500	60	7	-	-	+		
	225	1500	200	4	-	-	-		
	225	1500	1200	6	-	-	+		
Л7Д3 (29)	75	1500	10	18	-	-	-	170	108
	75	1500	20	7	-	-	-		
	75	1500	60	4	-	-	-		
	75	1500	200	5	-	-	-		
	75	1500	1200	6	-	-	-		

*ЛД1- стрічковий змішувач з вузькими стрічками ($\varnothing 250$; $L=450$; $t=225$; $b_{\text{наружн.}}-10\text{мм}$, $b_{\text{внутр.}}-20\text{ мм}$; $t=225$) з диспергуючої головкою ($\varnothing 110$), розташованої в чашці біля корпусу;

ПД2 – плужний змішувач ($\varnothing 250$; $L=450$;) з диспергуючої головкою що розташована збоку в нижній частині корпусу і виступає в корпус ($\varnothing 110$);

Л7Д3 – горизонтальний змішувач з пружними елементами на роторі ($\varnothing 250$; $L=450$) і вертикальним диспергуючим валом ($\varnothing 80$, $H=235$);.

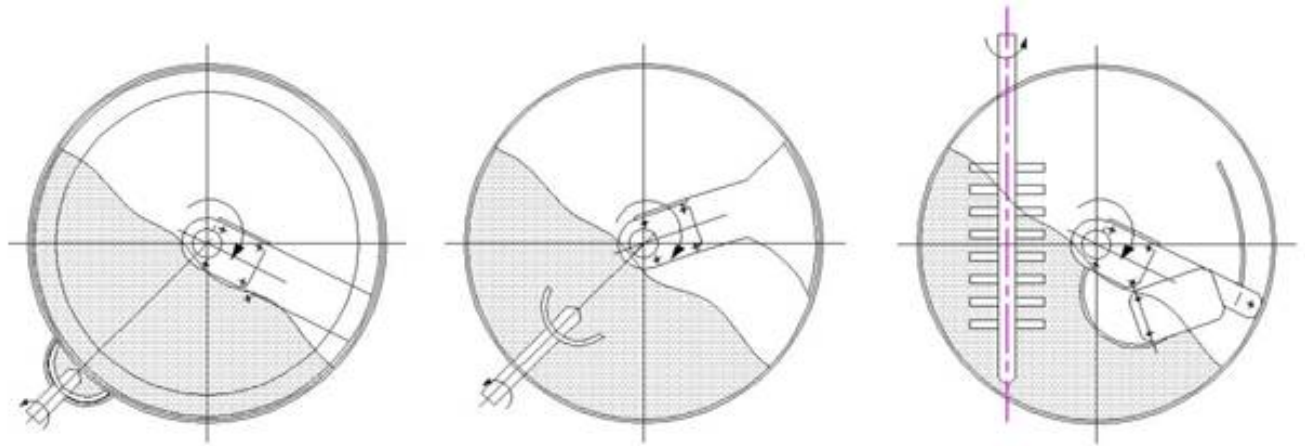


Рис.3.2. Схеми випробуваних змішувачів (зліва направо):

ЛД1- стрічковий; ПД2 – плужний; Л7Д3 – горизонтальний змішувач з пружними елементами на роторі і вертикальним диспергуючим валом.

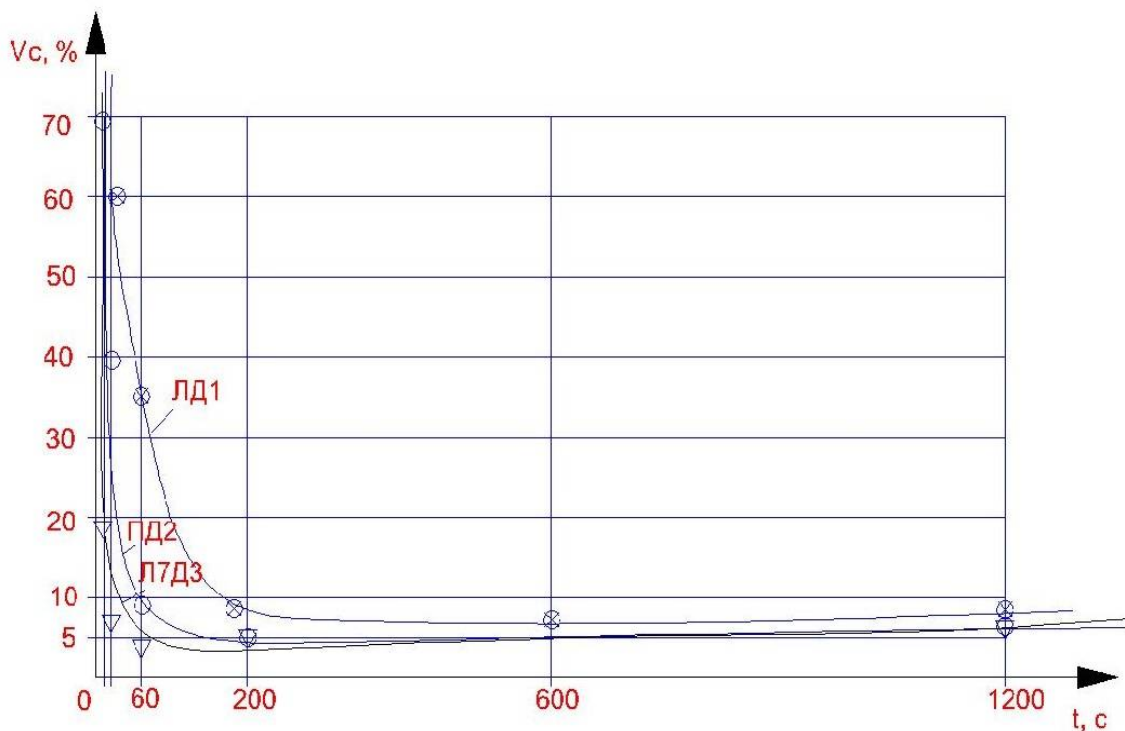


Рис.3.3. Кінетика процесу змішування в змішувачах:

⊗- стрічковому; O - плужному; ∇ - з пружними елементами і вертикальним диспергуючимвалом.

Аналізуючи отримані результати (див. табл.3.2.1.-3.2.4), приходимо до висновку, що найбільш повільне розподіл компонентів в стрічковому змішувачі відбувається по осі корпусу. У стрічковому змішувачі однорідний розподіл досягається приблизно через 10 хвилин.

Змішання в площинах перпендикулярних осі вала відбувається інтенсивно. У стрічковому змішувачі суміш переміщається з малою швидкістю, осьовий розподіл компонентів відбувається повільно.

Стрічкові змішувачі в разі необхідності оснащують диспергуючими головками, зануреними в шар сипучого матеріалу. Їх завданням, в основному, є подрібнення агрегатів, що утворюються в процесі змішування.

Були проведенні дослідження також інших конструкцій змішувачів з горизонтальним циліндричним корпусом: плужних та з пружними елементами і вертикальним диспергуючимротором.

Найбільшу ефективність показав змішувач з пружними елементами і вертикальним диспергуючимвалом (див.Рис.3.2.3).

Ці змішувачи були рекомендовані для серійного випуску.

4. Дослідження енергетичних витрат при перемішуванні сипких матеріалів в змішувачах з горизонтальним ротором

Для визначення енергетичних витрат в лабораторному змішувачі Лн-20, що встановлений в лабораторії кафедри МОПП здійснювалось за допомогою наступного обладнання.

Споживана потужність вимірювалась за допомогою амперметра MSZ 808 з наступними технічними характеристиками.

Сила струму, А 0-10;

Точність вимірювання, А 0,1;

Призначений для визначення постійного, та перемінного струму.

Напруга вимірювалась за допомогою тестера SUNWAYX-1000A.

В даному приборі використовувалася функція вимірювання постійної напруги. В цьому режимі він мав наступні характеристики.

Напруга, В 0-250;

Точність вимірювання, В 5.

Виміряні значення струму та напруги перемножувалися и таким чином визначалася потужність, що потребує привід, Вт.

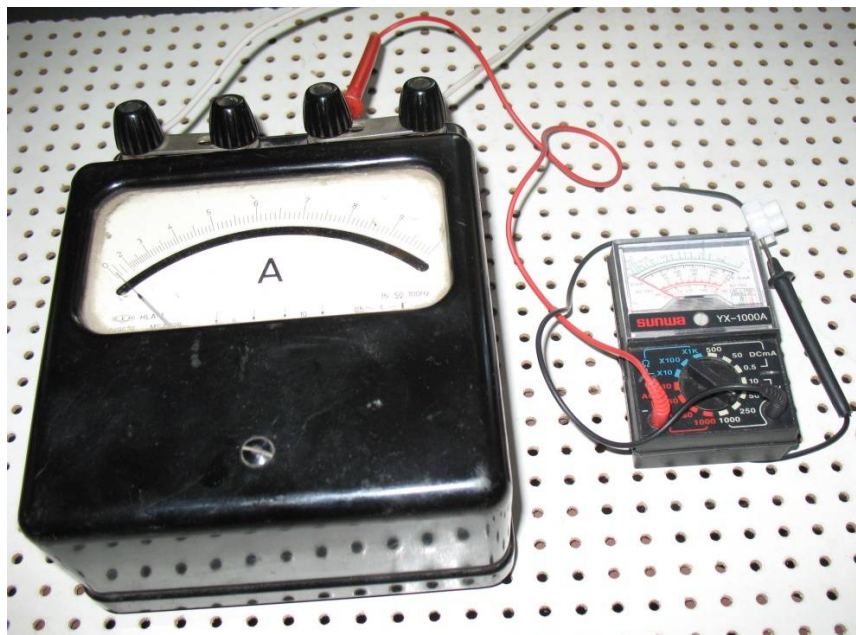


Рис. 4-1 Амперметр MSZ 808 та тестер SUNWAYX-1000A

Вимір проводився при завантаженому корпусі змішувача.

Затим, з цієї величини вихиталася потужність холостого ходу, яка була виміряна на тій же частоті обертання приводом ненавантаженого змішувача.

Частота обертання вимірювалась за допомогою вело комп'ютера ASSIZEAS-820.

Магніт, що є необхідним для вимірювання частоти обертання кріпиться на муфті, що з'єднує двигун постійного струму і редуктор. Магнітний датчик кріпиться на корпусі редуктора.

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

Вимірюєма частота обертання об/хв. 0-3600.



Рис. 4-2. Вело комп'ютер ASSIZEAS-820

Таблиця 4.1. Результати вимірювань на холостому ході змішувача Лн-24

n, об/мин	I, А	U, В	N _{хх} , Вт
50	2,1	40	84
100	2,6	80	208
150	3,1	110	341
200	3,6	130	468
250	4,2	145	609
300	4,7	160	752
350	5,2	170	884

400	6	175	1050
-----	---	-----	------

Таблиця 4.2. Результати вимірювань при завантаженні змішувача Лн-24 піском

коэф. заповн, η	n, об/хв	I, A	U, B	Потребл. потужність Ni, Вт	Потужність перемішув. N, Вт
0,083 (3,2 кг)	100	2,9	80	232	24
	150	3,3	110	363	22
	200	3,9	125	487,5	20
0,17 (6,4 кг)	100	3,1	80	248	40
	150	3,75	110	412,5	72
	200	4,45	125	556,25	88
0,25 (9,6 кг)	100	3,5	80	280	72
	150	4,1	110	451	110
	200	4,7	125	587,5	120
0,33 (12,8 кг)	100	3,9	80	312	104
	150	4,7	110	517	176
	200	5,6	125	700	232
0,42 (16,0 кг)	100	4,7	80	376	168
	150	5,4	110	594	253
	200	6,2	125	775	307
0,5 (19,2 кг)	100	5,4	80	432	224
	150	6,3	110	693	352
	200	7,3	125	912,5	445

Споживана потужність визначається як різниця потужність, заміряний ватметр під навантаження N_u і потужності холостого ходу N_{xx} на тих же обертах.

$$N = N_u - N_{xx} \quad (4-1)$$

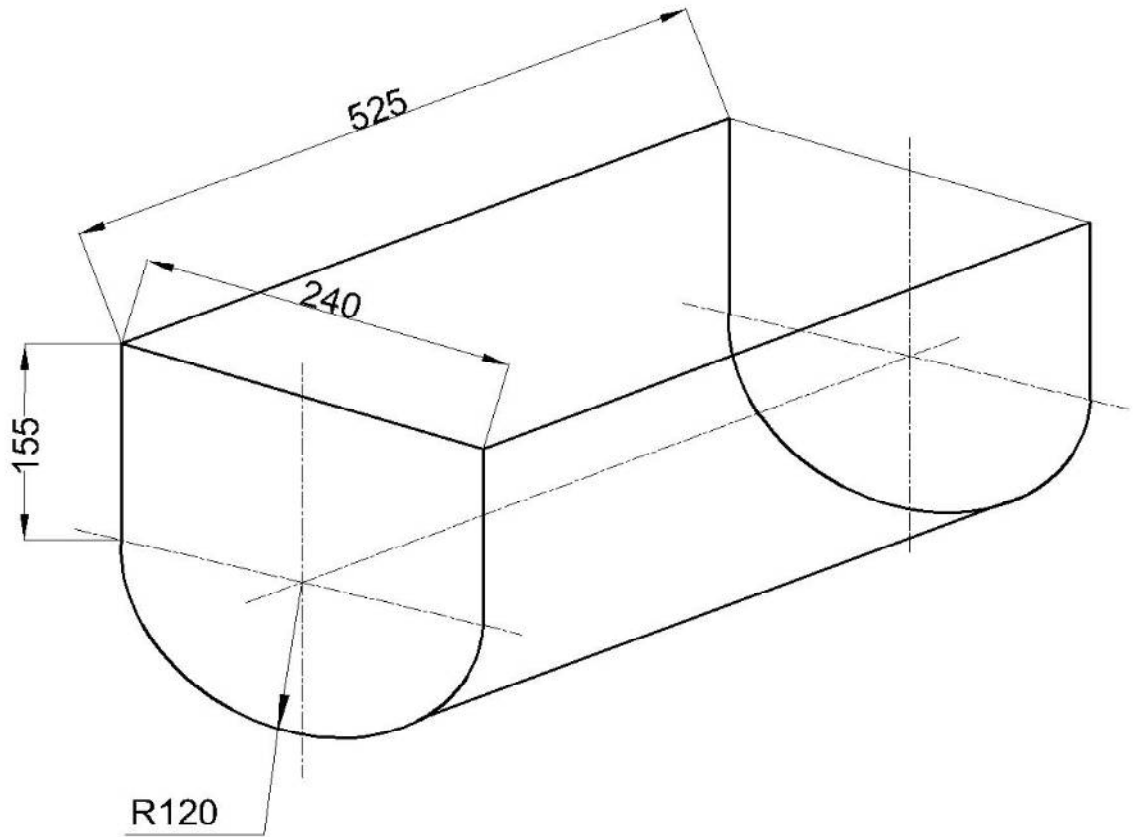


Рис. 4-3 Размери корпуса змішувача Лн-24

Номінальний об'єм корпуса – 32 л;

Об'єм що описує ротор – 24 л;

Коефіцієнт заповнення η – приймається як частка від об'єму що описує ротор, наприклад, $\eta=0,5$; об'єм, що заповнює сипкий матеріал =12 л.

4.1 Визначення моменту опору і потужності.

У Северодонецької філії НДІХІММАШ для змішувачів потужність визначалася за допомогою ватметра. Крім того, на змішувачі ПЖ-130 методом динамічного тензометрування визначався момент опору переміщення робочого органу в сипучому середовищі [5].

Для вимірювання активної потужності використовувався ватметр Д-566 0,2 класу точності з межею вимірювання до 3 кВт. Якщо потужність перевищувала цю величину, застосовувалося шунтування струмовою обмотки приладу.

Цей метод вимірювання простий, однак його точність невисока, так як в вимірюванні потужності, входять втрати на тертя в приводі, в сальниках, на нагрівання обмоток двигуна, гістерезис і вихрові струми.

Формула (4-1) передбачає, що всі ці втрати не залежать від навантаження на привід і приймаються постійними для даної швидкості обертання робочих органів. Крім того, неможливим є вимір пускового моменту і пускової потужності, так як привід і електричні прилади мають інертність.

Метод динамічного вимірювання моменту що крутить заснований на визначенні моменту опору руху одному з робочих органів. Метод дозволяє зняти осцилограму моменту що крутить.

Переваги динамічного вимірювання моменту що крутить в тому, що він дозволяє не тільки визначити енергію, що споживається а ще і зусилля на окремі робочі органи в процесі роботи.

Однак цей метод має велику трудомісткість і потребує значних матеріальних витрат на його здійснення.

Випробування були встановлені, що характер зміни моменту опору для сипучих матеріалів з розмірами частинок більше 50 мкм (буде в подальшій умовно називати їх великодисперсними) відповідає прийнятій моделі.

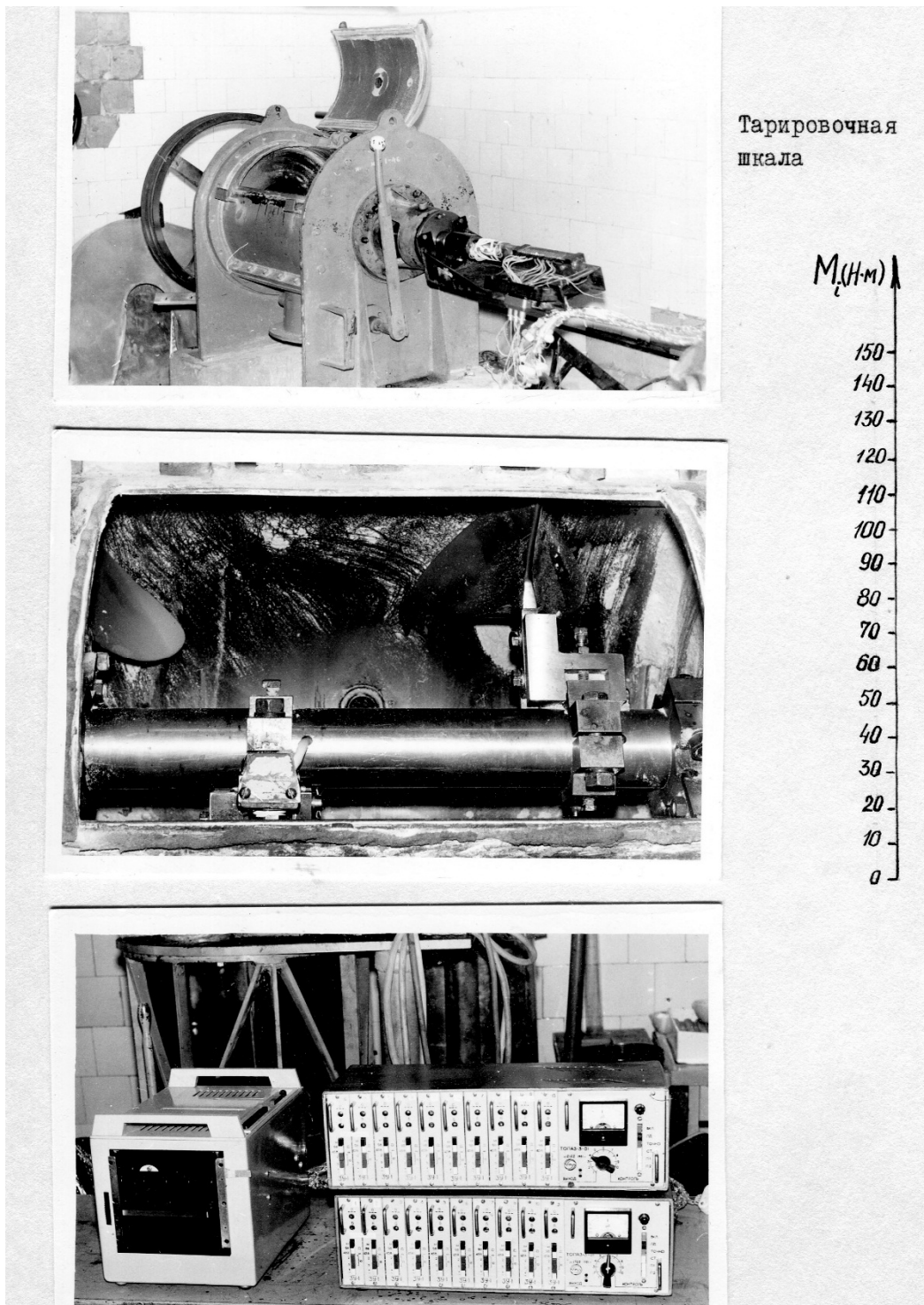


Рис. 4.1-1 Устаткування для динамічного тензотрування

Осцилограма моменту опору руху кожного з плужків за один оберт показана на рис.4.1-2. Плужки розташовані по осі ротора на деякій відстані один від одного, через 180° у напрямку обертання.

Для дрібнодисперсних матеріалів з розмірами частинок менше 50 мкм результати розрахунків виходять більш ніж на порядок завищеними в порівнянні з експериментальними даними.

Розглянемо окремо експериментальні дані, отримані для цих двох груп матеріалів.

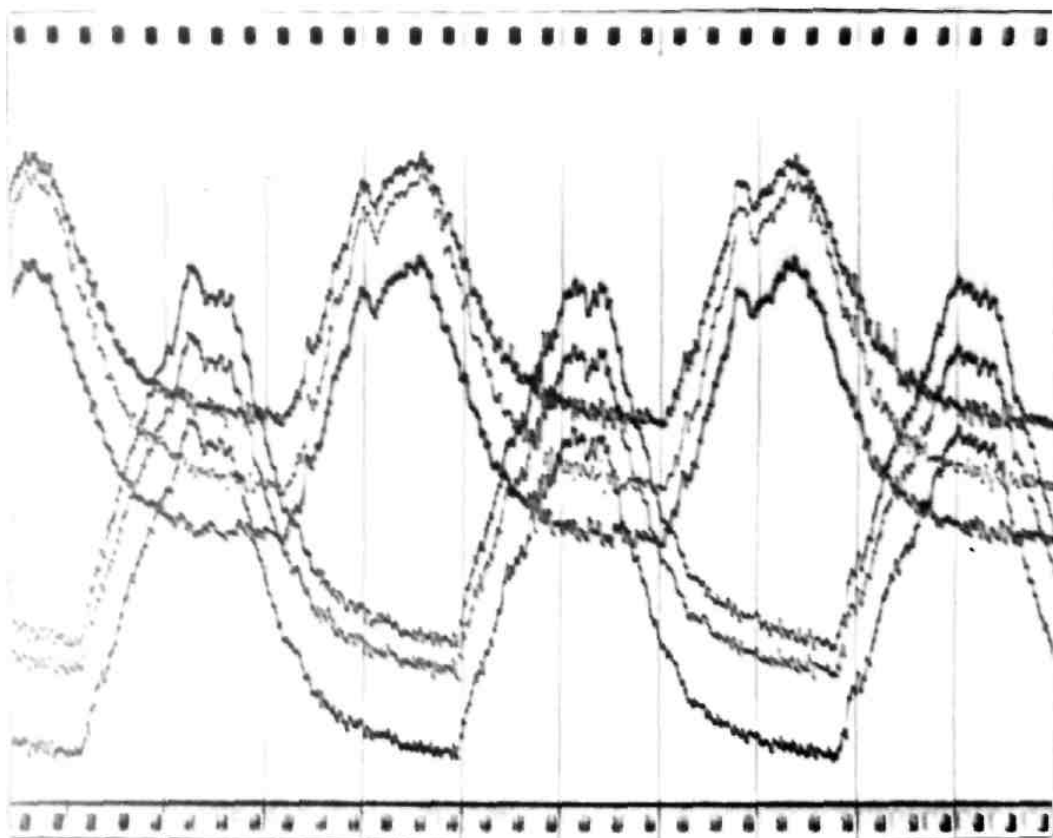


Рис.4.1-2. Вид осцилограми для великодисперсних сипучих матеріалів

Експерименти на крупно дисперсному фенопласті вдалося провести при коефіцієнті завантаження не більш 0,6. Провести дослідження на при більш великих коефіцієнтах завантаження змішувача не вдалося, так як пусковий момент двигуну виявився недостатнім. Ротор змішувача заклинювало. Це здійснюється по причині зміни напрямку сил опору на робочій орган див. рис 4.1-3.

Можна відзначити, що момент опору залежить від швидкості обертання ротора, причому ця залежність різна при малих і великих завантаженнях.

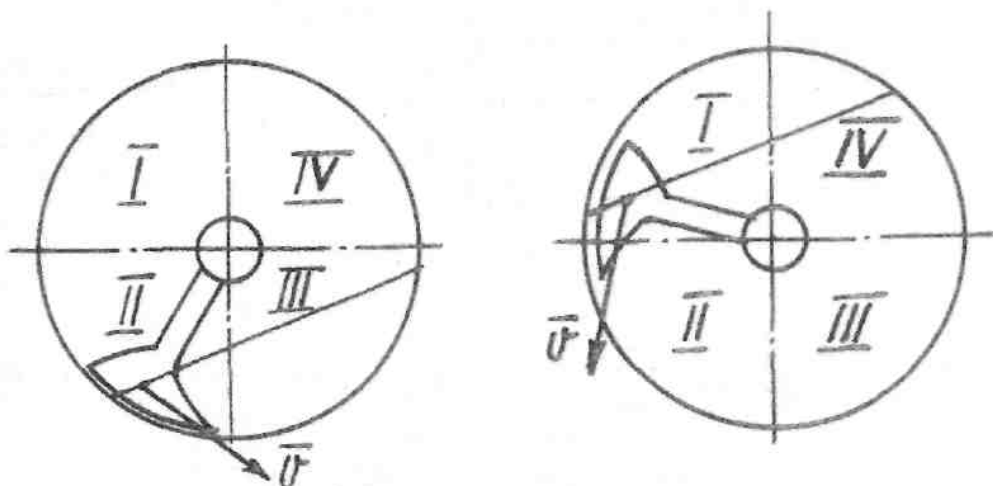


Рис.4.1-3. Вхідження плужка в сипкий матеріал при різній мірі заповнення корпусу

При перевищенні певних коефіцієнтів завантаження корпусу, пуск змішувача стає неможливим. Так, наприклад, завантаження великодисперсним фенопластом змішувача Пж-130 можливе лише на 0,6 об'єму корпусу. Але і за цих умов пусковий момент у декілька разів перевищує номінальний робочий.

Для великодисперсних сипких матеріалів коефіцієнт завантаження горизонтального змішувача більше 0,5 небажаним.

4.2. Опір руху робочих органів при змішенні дрібнодисперсних матеріалів

Для вивчення опору руху робочих органів в дрібнодисперсним матеріалі використовувалися фенопласт і каолін з розмірами часток 1-5 мкм. Ці дослідження дали несподівані результати, що свідчать про перехід дрібнодисперсного сипкого матеріалу при перемішуванні в новий, недостатньо вивчений стан.

Передусім, було встановлено, що опір переміщенню робочих органів в дрібнодисперсному матеріалі у багато разів менше, ніж в великодисперсному. Осцилограма моменту опору переміщенню плуга в

сипкому матеріалі практично не відрізняється від осцилограми холостого ходу.

При обертанні ротора не завантаженого змішувача осцилограф записує сигнал у вигляді синусоїди, який викликаний дією ваги плуга. Якщо змішувач завантажувався дрібнодисперсним фенопластом, то запис практично не відрізнявся від запису холостого ходу. Причому, завантаження змішувача до $\eta = 0,9$ на споживану потужність практично не впливала. Не помічено також які-небудь зміни навантаження на робочі органи під час пуску змішувача.

Якщо порівняти визначені на стандартних приладах фізико-механичні властивості великодисперсного і дрібнодисперсного фенопласту, то з точки зору жорстко-пластичної моделі вони близькі між собою. Тому можна було чекати, що закономірності зміни моменту опору для обох матеріалів мають бути подібними. Дослідженнями ж встановлені відмінності не лише чисельних значень моменту опору, але і самого характеру зміни цієї величини.

Отримані результати дають основу припускати існування меж застосовності жорстко-пластичної моделі сипкого середовища. У наших дослідженнях ця межа визначалася дисперсністю сипкого середовища 50 мкм.

У змішувачі при швидкому стискуванні дрібнодисперсних матеріалів відбувається об'ємна деформація. В першу чергу, відбувається руйнування слабких контактів в усьому об'ємі матеріалу. Площині зрушення при цьому не утворюється, отже, і не обов'язкове руйнування міцних контактів.

Для того, щоб відбувалася об'ємна деформація, потрібна дві умови:

1) матеріал має бути дрібнодисперсним (тоді він матиме велику частку слабких контактів);

2) матеріал має бути таким, що стискається (тоді деформація відбуватиметься в усьому його об'ємі).

Остання умова дотримується, коли дрібнодисперсний матеріал знаходиться в розпушеному стані. Якщо він злежався, а його порозність зменшилася, зрушення в нім стануться по площинах ковзання, при цьому опір руйнуванню збільшиться.

Одним з чинників, сприяючих зменшенню опору дрібнодисперсних матеріалів, є малий переріз проходів між частками. При швидкому зростанні навантажень матеріал стискається, тиск повітря, що знаходиться в масі, підвищується, але швидко вийти через проміжки між частками він не може, оскільки їх опір великий. Виходить, що завдяки стислому повітряю відбувається вирівнювання напруги. Коефіцієнт бічного тиску наближається в цьому випадку до одиниці, і сипкий матеріал стає схожим за своїми властивостями на рідину. Сказане можна підтвердити і тим, що при роботі плугового змішувача на дрібнодисперсних матеріалах їх поверхня практично горизонтальна.

4.3. Висновки по розділу 4

Сили опору робочим елементам залежать від гранулометричного складу сипкого матеріалу. В великодисперсному матеріалі, з розмірами часток більше 50 мкм, їх величина більш ніж на порядок перевищує сили опори, що виникають при роботі змішувача на дрібнодисперсному матеріалі.

Адекватність прийнятої моделі реальним процесам при перемішуванні великодисперсних матеріалів підтверджена експериментально.

Сили опору переміщенню робочого елемента в дрібнодисперсному матеріалі на порядок нижче, що пов'язане з його переходом в новий стан, для якого методи визначення фізико-механічних властивостей нині не розроблені.

Математична модель і експериментальні дослідження показали, що зі збільшенням коефіцієнта заповнення корпусу великодисперсним матеріалом різко зростає момент опору руху ротора. При заповненні великодисперсним матеріалом корпусу більш ніж на 0,5 його об'єму під час пуску можливе заклинювання ротора.

Цю обставину обов'язково треба враховувати при проектуванні і експлуатації змішувачів. При дослідженні роботи стрічкових змішувачів цьому питанню приділялася увага. Перевищення межі граничного завантаження веде до заклинювання ротора змішувача у момент пуску. Для досліджених великодисперсних матеріалів граничний коефіцієнт завантаження складає 0,5 - 0,7.

Для дрібнодисперсних матеріалів, з розміром часток менш приблизно 50 мкм, опір руху в розпушеному матеріалі у багато разів менше, ніж для великодисперсних матеріалів. Дрібнодисперсні матеріали поведуться в процесі змішення подібно до рідин: мають горизонтальну поверхню, передають тиск рівномірно на всі боки, опір руху не залежить від глибини занурення в сипкий матеріал. Значний опір мелкодисперсних матеріалів

може виникнути у момент пуску змішувача, коли робочі органи деформують матеріал, що злежався.

5.Розробка типорозмірного ряду змішувачів з горизонтальним корпусом

За результатом роботи Міністерства хімічного машинобудування встановлено, що змішувачі з горизонтальним корпусом, стрічкові і плужніє найбільш розповсюдженими конструкціями. Номінальні обсяги змішувачів прийнято вибирати виходячи з рекомендованого ряду обсягів хімічних апаратів. Робочі об'єми (обсяги завантажуючої суміші) призначаються для кожного технологічного процесу, виходячи з фізико-механічних характеристик матеріалів. Мають значення насипна вага, коефіцієнт внутрішнього тертя, розмір часток та інше.

Для стрічкових і плужних змішувачів конструкції Сєвєродонецького НДІХІММАШ рекомендований коефіцієнт заповнення корпусу $\eta = 0,6$. Для розроблюваного ряду приймаємо коефіцієнт заповнення $\eta = 0,5$. Це призведе до збільшення надійності роботи змішувачів. Допускається застосування більших обсягів заповнення, але для цього треба мати обґрунтування.

Слід відмітити, що існує ідея зміни номенклатури змішувачів. Пропонується замість стрічкових та плужних перейти на випуск змішувачів з горизонтальним ротором (СГ). Ці змішувачі показали більшу високую ефективність роботи. Ця ідея була реалізована фірмою «Німміх» (Україна) (див. рис. 1.1-2).

На підставі аналізу замовлень стрічкових змішувачів для сипучих матеріалів пропонується розробка наступного ряду змішувачів з горизонтальним ротором:

Таблиця 5.1.

Номинальний обсяг корпусу змішувача $V_n, \text{ м}^3$	Внутрішній діаметр корпусу, мм	Зовнішній діаметр ротора, мм
0,5	800	790
0,75	800	790
1,0	800	790
1,6	1200	1180
2,4	1200	1180
3,2	1200	1180
5,0	1800	1770
7,5	1800	1770
10	1800	1770
16	2600	2560
24	2600	2560
32	2600	2560

Пропонується конструкція змішувача з вертикальним шнеком, призначеним для інтенсифікації процесу змішування, руйнування агрегатів.

Таблиця 5.2.

Параметри типоразмерного ряду змішувачів горизонтальних (СГ)

Номинальний об'єм корп., $V_n, \text{ м}^3$	Рекомендований об'єм суміші, $V_p, \text{ м}^3$	Внутр. діам. корп., мм	Наруж. діам. Ротора, мм	Діам. шнека, мм	Довж. корпусу, мм	Частота обертання, об/мин		Потужність приводу, кВт		Маса змішувача без прив., кг	Товщина Стінки корп., мм
						рот.	шnek	рот.	шnek		
0,5	0,25	800	790	130	1400	8	400	0,6	1,5	250	4
0,8	0,4	800	790	130	2000	8	400	0,6	1,5	350	4
1,0	0,5	800	790	130	2400	8	400	0,6	1,5	500	4
1,6	0,8	1200	1180	200	2100	6	300	3	4	1200	6
2,5	1,25	1200	1180	200	2800	6	300	3	4	1500	6
3,2	1,6	1200	1180	200	3500	6	300	3	4	2000	6
5	2,5	1800	1770	250	3000	4,5	250	9	12	2500	8
8	4	1800	1770	250	3800	4,5	250	9	12	3500	8
10	5	1800	1770	250	5600	4,5	250	9	12	4500	8
16	8	2600	2560	300	4600	3	200	24	30	6000	10
25	12,5	2600	2560	300	6200	3	200	24	30	7500	10
32	16	2600	2560	300	7600	3	200	24	30	9000	10

Таблиця 5.3. Пропоновані виконання

1	Корозійностійке (12Х18Н10Т)
2	Некорозійностійке (Ст 3)
3	Вибухозахищене
4	Невибухозахищене
5	Періодичної дії
6	Безперервної дії (V_n : 1,0; 3,2; 10; 32)
7	Приводи з регульованою частотою обертання ротора (sem-eurodrive.ua (produkt))
8	Приводи з нерегульованою частотою обертання ротора (elektronpo.ru/production))
9	Приводи з регульованою частотою обертання шнека (sem-eurodrive.ua (produkt))
10	Приводи з нерегульованою частотою обертання шнека (elektronpo.ru/production))
11	З сорочкою
12	Без сорочки
13	Розвантаження через клапанний затвор
14	Розвантаження через дисковий затвор
15	Розвантаження через шиберний затвор
16	Розвантаження шнеком
17	Розвантаження гнучким шнеком

Можливі інші виконання змішувача в залежності від вимог замовника

Приклад позначення змішувача горизонтального з номінальним об'ємом корпусу $3,2 \text{ м}^3$, з корпусом і ротором зі сталі 12Х18Н10Т, не вибухозахищене виконання, періодичної дії, з нерегульованою частотою обертання ротора і шнека, без сорочки, з розвантаженням через клапанний затвор:

СГ-3,2-1/4/5/8/10/13

6.Економічна оцінка ефективності випуску змішувачів

Собівартість - один з важливих узагальнюючих якісних показників ефективності виробництва, що дозволяє здійснювати контроль над витратами і оцінювати результати господарської діяльності підприємства. Собівартість формується безпосередньо на підприємстві і відображає індивідуальні витрати і умови виробництва, конкретні результати господарювання даного виробничого підприємства.

Зниження собівартості продукції має велике значення, так як є одним з вирішальних джерел збільшення накопичень для цілей розширення виробництва і підвищення добробуту персоналу. Звідси впливає значущість ролі, яка належить бухгалтерському обліку і калькулювання собівартості продукції в процесі управління собівартістю підприємства. 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.

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 [7],[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, вдосконалення або заміни даного виду продукції.

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

Калькуляція - 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.

Таблиця 6.1 Вихідні дані для калькуляції собівартості СГ-3,2

№ п/п	Статья затрат	ЕИ	Стоимость, грн
1	Материалы основные, в том числе покупные изделия	прямые затраты	
	Лист 12Х18Н10Т		132000
	Лист Ст3		6600
	Электроды для 12Х18Н10Т		29962
	Электроды для Ст3		1498
	Мотор-редуктор ЗМП-100-7,1-3		60000
	Мотор-редуктор МПО1М-10-В-5,74-3/250-АИР100S-У3		19125
	Электродвигатель АИР100S-У3	3112	
	Электродвигатель АИР100S4	3112	
	Система управления (шкаф, пускатели итд)		6224
	Итого		255409
2	Транспортно-заготовительные расходы	масса аппарата кг х на 1 грн	2535
3	Топливо, энергия (технологические)	масса аппарата кг х на 1 грн	2535
4	Основная заработная плата	стоимость нормо-часа	30830
5	Дополнительная заработная плата	20 % от п. 4	6166
6	Отчисления в фонды	34,2 % от (п. 4 + п. 5)	12653
7	Расходы на содержание оборудования и износ инструмента	40 % от (п. 4 + п. 5)	14799
8	Цеховые расходы	30 % от (п. 4 + п. 5)	11099
9	Общезаводские расходы	10 % от (п. 4 + п. 5)	3700
10	Производственная себестоимость	п. 1 + п. 2 + п. 3 + п. 4 + п. 5 + п. 6 + п. 7 + п. 8 + п. 9	339725
11	Внепроизводственные расходы	15 % от п. 10	50958,77
12	Итого производственная себестоимость	п. 10 + п. 11	390684
13	Плановые накопления	10 % от п. 12	39068
14	Оптовая цена	п. 12 + п. 13 + НДС 18 %	507108

Витрата електродів узятих [12 таблиця 4 стр.3].

Витрата матеріалів згідно ескізу змішувача.

Ціни на матеріали моніторинг Українського ринку інтернет-ресурсу.

7. Техніка безпеки при проведенні науково-дослідних робіт

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

Студенти, що беруть участь в НІРС, допускаються до виконання робіт в присутності і під безпосереднім керівництвом викладача, ведучого НДРС[16,17].

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)

7.1. 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

7.2.Вимоги безпеки під час виконання робіт

Дозволяється працювати тільки зі справними електроприладами.

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

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

Забороняється працювати з електроприладами і вимірювальними приладами при знятому кожусі.

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

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

Куріння в лабораторії заборонене.

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

Забороняється підключати декілька споживачів електроенергії до однієї штепсельної розетки.

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

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

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

Не допускається залишати 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.

7.3 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

7.4.Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

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

- загоряння горючих матеріалів;
- ураження електричним струмом.

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

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

При пожежі:

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

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

Негайно повідомити про нещасний випадок керівництво лабораторії, декана факультету.

7.5.Вимоги безпеки при роботі на змішувачах

При роботі на змішувальному обладнанні слід виконувати наступні мери безпеки:

- Роботи виконувати тільки в присутствії 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.

8.Висновки та рекомендації

Приведений огляд конструкцій змішувачів сипких і пастоподібних матеріалів.

Досліджені процеси змішення сипких матеріалів в стрічковому змішувачі.

Досліджені енергетичні витрати в стрічковому змішувачі.

Запропонована ефективна конструкція змішувача з горизонтальним циліндричним корпусом.

Розроблена номенклатура типорозмірного ряду змішувачів з горизонтальним циліндричним корпусом.

Зроблена оцінка економічного ефекту від випуску стрічкового змішувача номінальним об'ємом $3,2\text{м}^3$ економічний ефект складає 116 тис.грн.

Запропоновані пропозиції що до підвищення економічного ефекту від випуску змішувачів: зниження металоємності, збільшення ефективності та надійності конструкції.

Для використання при серійному випуску змішувачів рекомендована конструкція стрічкового змішувача з вертикальними шнеками [9].

Література:

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. Stange K. Die Mischgute einer Zufallmischung als Grundlage zur Beurteilung von Mischversuchen. Chemie-Ingenier-Technick, 26. 1954, s. 331-337]
4. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. Пособие для вузов. — 8-е изд., стер. —М.: Высш. шк., 2002, 479 с.: ил.
5. Модестов В.Б. Разработка методики расчёта плужных смесителей для сыпучих материалов. Диссертация на соискание учёной степени канд. техн. наук. М.: МИХМ, 1984.
6. Горячкин В.П. Собрание сочинений. - Тома 3, 4, - М.: Сельхозгиз, 1940.
7. Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) в промисловості», затверджені наказом Мінпромполітики України від 09.07.2007 р № 373
8. ВСН 452-84 «Виробничі норми витрат матеріалів в будівництві. Сварка трубопроводів з легованих сталей автоматичне зварювання під флюсом листових конструкцій, зварювання арматури і заставних деталей, газове різання »
9. <http://www.agro-mash.ru/lentochnyi-smesitel.html>
10. <http://himmiks.com.ua/katalog/smesiteli/smesiteli-dlya-sypuchikh-materialov/13-lentochnyj-smesitel>
11. http://euromash.kiev.ua/ru/smesitelz_ru.php
12. <http://www.findpatent.ru/patent/228/2286203.html>

13. <https://studfiles.net/preview/1970979/page:23/>
14. РД РТМ 26-01-129-60 Машины для переработки сыпучих материалов. Метод выбора оптимального типа питателей, смесителей и измельчителей. - Северодонецкий филиал НИИХИМШМАШ, 1980, 95
15. Смесители для сыпучих и пастообразных материалов. Каталог. М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ. 1985. 78 с.
16. Інструкція з безпеки життєдіяльності № 8 при виконанні лабораторних робіт студентами кафедри машинознавства та обладнання промислових підприємств (МОПП). Северодонецьк, СНУ ім. В. Даля, факультет інженерії, 2017.
17. Інструкція з охорони праці № 11 при роботі на електрообладнанні, вимірювальних приладах і персональному комп'ютері на кафедрі машинознавства та обладнання промислових підприємств (МОПП). Северодонецьк, СНУ ім. В. Даля, факультет інженерії, 2017.

Додатки

Додаток 1. Конструкція змішувача з горизонтальним корпусом

