

## Зміст пояснювальної записки магістерської роботи

Тема: «Удосконалення конструкції змішувачів з горизонтальним корпусом».

Виконавець роботи: В.В. Ніколенко

Скорочення та умовні позначки	4
Вступ	5
1. Аналітичний огляд	7
2.Ціль та задачі дослідження	28
3. Дослідження процесу змішування сипких матеріалів в змішувачах з горизонтальним корпусом	29
4. Дослідження енергетичних витрат при перемішуванні сипких матеріалів в змішувачах з горизонтальним корпусом	45
5. Розробка типорозмірного ряду змішувачів з горизонтальним корпусом	56
6. Економічна оцінка ефективності випуску змішувачів	59
7. Техніка безпеки при роботі в лабораторії	62
8. Висновки та рекомендації	68
Перелік джерел посилання	69
Додатки	71

### Скорочення та умовні позначки

$x_i$  – концентрація головного компонента в конкретній пробі, %;

$n$  – число проб у експерименті;

$G \prec G_{кр}$ , групові дисперсії по осі однорідні;

$i$  - кількість проб в кожній групі ( $i = 4$ );

$x_{ikl}$  – концентрація головного компонента в конкретній пробі групи, %;

$\bar{x}_{kl}$  - середня концентрація головного компонента в груп, %і;

$\rho_n$  – насипна маса сипучого матеріалу, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – прискорення вільного падіння  $9,8 \frac{M}{C^2}$ ;

$h$  – глибина шнека в сипучому матеріалі, м;

$\mu$  - коефіцієнт бокового тиску;

$\varphi$  – кут внутрішнього тертя, град;

$D_{ш}$  – зовнішній діаметр шнеків, м;

$\Theta$  - кут підйому витка шнека на зовнішньому діаметрі, градус;

$\varphi_{в}$  – кут зовнішнього тертя сипучого матеріалу об поверхню витка шнека, град;

$\omega_{ш}$  – кутова швидкість обертання шнека,  $\left[ \frac{рад}{с} \right]$ ;

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

$\omega$  - кутова швидкість обертання ротора, рад/с.

## Вступ

Змішання широко застосовують в різних галузях промисловості, в тому числі у виробництві і при переробці пластмас. У переважній більшості випадків чистий полімер не володіє потрібним комплексом властивостей і не може використовуватися для виготовлення виробів, тому змішання застосовують для введення в базовий полімер різних добавок. Це можуть бути пластифікатори, наповнювачі, стабілізатори, барвники, пігменти, а також інші полімери.

За оцінками зарубіжних фахівців приблизно 80% усіх випущених пластмас перед переробкою проходили підготовку в змішувальному обладнанні.

Як правило, процес змішування здійснюють в наступних системах:

- тверда сипуча речовина - тверда сипуча речовина;
- рідина - рідина;
- тверда сипуча речовина - рідина.

Сучасні змішувальні установки виконують такі операції:

- введення і диспергування добавок цільового призначення;
- введення в полімер волокнистих наповнювачів;
- наповнення полімерів дрібнодисперсними наповнювачами;
- отримання сплавів полімерів;
- гомогенізація розплавів пластмас і отримання заданих характеристик плинності;
- дегазація компонентів;
- підвищення концентрації полімерних розчинів;
- гранулювання;
- проведення хімічних реакцій.

Одним з дуже важливих видів обладнання, яке використовується в харчовій промисловості, є змішувачі різних продуктів. Це змішувачі рідких, в'язких, пастоподібних продуктів, а також змішувачі сипучих продуктів.

Для змішування різних сипучих матеріалів в залежності від їх фізико-механічних властивостей існують різні типи змішувачів. При цьому береться до уваги розмір компонентів суміші, щільність частинок, а також величина аутогезії.

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

## 1 Аналітичний огляд

Змішання - це механічний процес, метою якого є перетворення вихідної системи, яка характеризується впорядкованим розподілом компонентів суміші, в систему з нерегульованим, статистично випадковим розподілом.

Ступінь змішування визначається наступними факторами:

- методом змішування (розпорошення, пересипання і т.д.);
- конструктивними особливостями змішувача і режимом його роботи;
- фізико-механічними характеристиками суміші компонентів (сипкість, зерновий склад компонентів і т.д.).

Залежно від механізму змішування розрізняють розподільче (просте) і диспергуюче змішання [1].

Розподільним змішанням називають процес, в результаті якого збільшується випадковість просторового змішування частинок без зміни їх розмірів.

Розподіл досягається додатком великих деформацій, в результаті чого збільшується поверхня контакту фаз і зменшується товщина їх шарів.

Диспергуючим змішанням називається процес, в результаті якого відбувається як зменшення розмірів частинок, так і збільшення статистичного безладу їх розподілу. В цьому випадку прикладена деформація не настільки важлива, як прикладена напруга, яке змушує систему ділитися на більш дрібні частинки.

До складу будь-якої суміші зазвичай входять два або більше компонентів.

Компонент суміші, концентрація якого вище всіх інших, називається дисперсійним середовищем або основним компонентом. Компоненти суміші, що розподіляються в дисперсійному середовищі, називають дисперговою фазою або ключовими компонентами [4].

Морфологія освіти суміші пов'язана з трьома конкуруючими механізмами: розподільним змішанням, диспергуючим змішанням і коалесценцією [1].

За результатами змішання умовно можна виділити три типи сумішей:

- гомогенна суміш;
- однофазна суміш;
- багатофазна суміш.

Для статистичної оцінки якості процесу змішування використовують поняття «розмір граничної частки» і «розмір проби».

Гранична частка - це найменша за розміром частка диспергованої фази, що виходить в процесі змішування. Граничні частки можуть бути молекулярних, колоїдних, мікроскопічних і макроскопічних розмірів.

Розмір проби зазвичай визначається розміром граничної частки. Якщо розмір проби можна порівняти з розміром граничної частки, то в відібраній пробі виявиться порівняно мало таких частинок, і за зовнішнім виглядом розглянута суміш може бути віднесена до грубозернистим сумішей. Якщо розмір проби багато більше розміру граничної частки, то експериментатору буде здаватися, що в пробі міститься багато таких частинок, і розглянута суміш буде віднесена до дрібнозернистим сумішей.

Для статистичного опису суміші використовують два статистично визначених показника: ступінь неоднорідності (гомогенність суміші) і ступінь подрібнення; перша характеризує зміну концентрації диспергованої фази в об'ємі суміші, друга - зміна розміру часток диспергованої фази.

Гомогенність суміші можна визначити, розглядаючи зміст диспергованої фази в пробах суміші. Для простоти будемо вважати, що диспергованість фаза складається з частинок однакового розміру, а дисперсійне середовище є рідиною, що складається з однакових часток, розмір яких дорівнює розміру

часток диспергованій фази. Таке припущення дозволяє ввести поняття «загальне число частинок в пробі», що складається з числа частинок диспергованій фази і числа частинок дисперсійного середовища. Це припущення може бути також застосовано при аналізі сипучих сумішей, що складаються з частинок однакових розмірів. Якщо в процесі змішування досягається випадкове (безладне) розподіл часток диспергованій фази по всьому об'єму суміші, то ймовірність того, що в будь-якій точці суміші міститься частка диспергованій фази, визначається часткою частинок диспергованій фази в загальному обсязі суміші.

При оцінці якості перемішування найбільш надійним способом є лабораторний метод. У цьому випадку повинні бути відомі межі допустимих відхилень концентрації окремих інгредієнтів, що містяться в елементарних обсягах відібраних проб, в порівнянні зі складом вихідної суміші. Найбільш просто оцінити якість механічних сумішей можна за допомогою коефіцієнта неоднорідності за формулою:

$$k_c = \frac{100}{c_0} \sqrt{\frac{\sum_i^e (c_i - c_0)^2 \cdot n_i}{n-1}}, \quad (1.1)$$

де  $c_i$  - значення концентрації одного з компонентів в пробах, %;  $c_0$  - значення концентрації цього ж компонента відповідно до рецептури в суміші, %;  $i$  - число груп проб;  $i = 1 / \dots / \pi$ ;  $\pi$  - число проб в кожній групі однакових значень  $z$ ;  $n$  - загальне число проб.

Величина  $k_c$  визначається зазвичай за компонентом, концентрація  $c_0$  якого є найменшою.

Слід зазначити, що прогнозування якості перемішування і, отже, тривалості перемішування, особливо при періодичних циклах змішування, досить важко. У цьому випадку використовується іноді модельний метод досліджень, але він недостатньо надійний. Тому оцінка якості змішування проводиться в

основному на діючому обладнанні і тоді ж уточнюється тривалість змішування і, отже, продуктивність технологічної лінії.

У зв'язку з розширенням областей застосування змішувачів в промисловості переробки пластмас збільшилася кількість їх видів, обладнання стало більш універсальним, а в ряді випадків - більш спеціальним.

### 1.1 Серійні змішувачі

Класифікація обладнання для змішування полімерів в даний час проводиться по цілому ряду показників [2].

За конструктивними ознаками:

- змішувачі з обертовим резервуаром;
- змішувачі із пристроєм;
- двохроторні змішувачі, які в свою чергу можна поділити на лопатеві змішувачі та закриті роторні змішувачі;
- валкові змішувачі;
- змішувачі-пластикатора безперервної дії, які в свою чергу можна поділити на черв'ячні змішувачі та дискові змішувачі.

За фізичним станом вихідних компонентів:

- змішувачі для сипучих матеріалів;
- змішувачі для рідин різної в'язкості;
- змішувачі-пластикатора (при змішуванні змінюється агрегатний стан).

За характером процесу змішування:

- змішувачі періодичної дії;
- змішувачі безперервної дії.

За частотою обертання пристроями:

- тихохідні змішувачі;



- швидкохідні змішувачі.

За способом впливу на суміш:

- гравітаційні змішувачі;
- відцентрові змішувачі;
- зсувні змішувачі.

За інтенсивністю змішання:

- змішувачі низької інтенсивності - 1 кВт потужності на 90-200 кг суміші;
- змішувачі середньої інтенсивності - 1 кВт потужності на 12-18 кг суміші;
- змішувачі високої інтенсивності - 1 кВт потужності на 1,2 1,4 кг суміші.

Вимоги, що пред'являються до конструкції змішувача:

- забезпечення необхідної якості змішування;
- короткочасність перебування матеріалу в змішувачі;
- забезпечення повного вивантаження або самоочищення змішувача.

Рішення проблеми змішування полягає в тому, щоб правильно вибрати змішувальну машину, найбільш придатну для даної конкретної мети.

## **1.2 Змішувачі з обертовим резервуаром**

Змішувачі з обертовим резервуаром (барабанні) використовують для змішування легко сипучих матеріалів: порошоків з гранульованими матеріалами і порошоків з порошками [5]. Барабанні змішувачі являють собою обертову камеру (різної геометрії). Існують наступні типи змішувачів з обертається камерою (рис. 2.1):

- барабанні;
- двоконусні;

- V-подібні і ін.

Найбільшу ефективність змішування забезпечують змішувачі з V-подібною формою резервуара.

При горизонтальному розташуванні осі обертання барабана в матеріалі не виникає інтенсивного поздовжнього перемішування. Тривимірний рух частинок досягається за рахунок надання резервуару спеціальної форми, установкою всередині барабана пристроїв, що поліпшують змішання в осьовому напрямку (горизонтальні порожнини, підйомні полицки, ребра внутрішньої поверхні і т.д.), або зміщенням осі обертання барабана по відношенню до осі симетрії резервуара. Змішувачі, у яких вісь обертання барабана має нахил до осі симетрії резервуара, називають «п'яна бочка» (рис. 2.1, б).

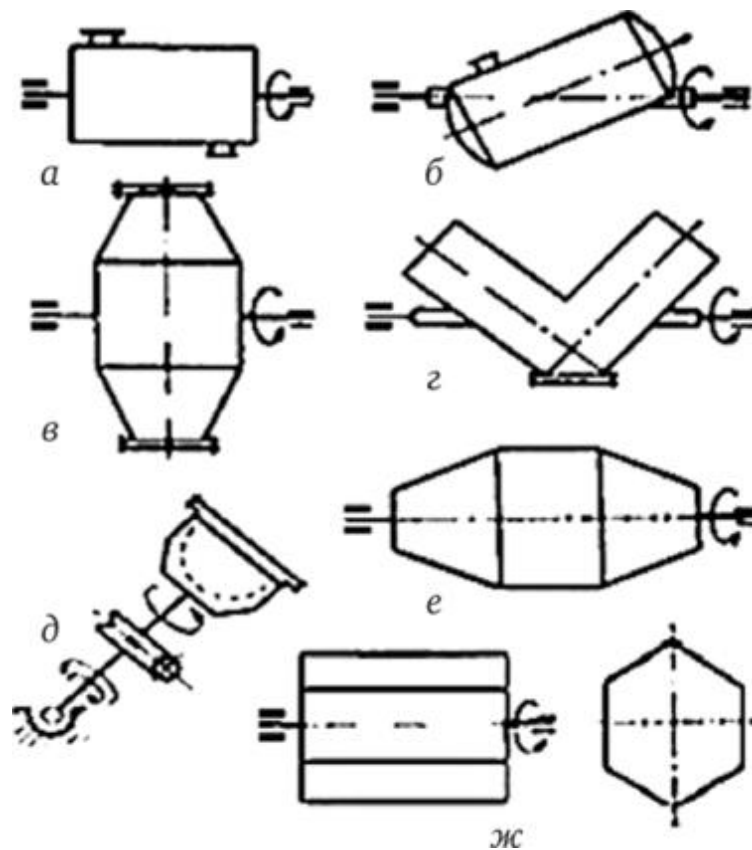


Рисунок 1.1 - Схеми барабанних змішувачів:

- а - змішувач з горизонтально розташованим барабаном; б - змішувач з похилою віссю обертання; в - змішувач з вертикальною віссю обертання;

г - V-подібні барабани; д - барабанні змішувачі з комбінованим обертанням; е - змішувач з конічним барабаном; ж - горіння барабани

Якість суміші при даній тривалості змішування залежить від частоти обертання барабана. Барабанні змішувачі - тихохідні машини, окружна швидкість обертання барабана зазвичай не перевищує 0,17-1,0 м / с. При робочій частоті обертання барабана частки матеріалу під дією відцентрових сил притискаються до внутрішньої поверхні барабана, обрушуються і знову залучаються до руху. При великих окружних швидкостях обертання виникають відцентрові сили виявляються порівнянними з силами тяжкості, певні верстви матеріалу не беруть участі в русі, і процес змішування припиняється.

Для механізації завантаження і розвантаження компонентів суміші часто в барабанних змішувачах застосовують спеціальні транспортують шнеки (рис. 1.2).

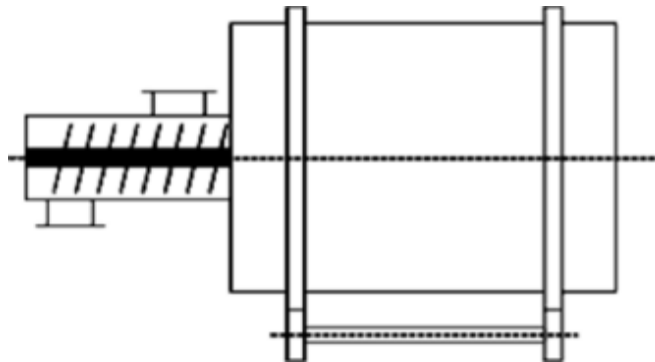


Рисунок 1.2- Схема барабанного змішувача з транспортуючим шнеком

### 1.3 Стрічковий змішувач

Найбільшого поширення набули стрічкові змішувачі. Що переміщує пристрій стрічкових змішувачів - спіральна стрічка (рис. 2.3), що складається з вигнутих відрізків смугової сталі, зовнішній контур яких визначається

розмірами камери. В середині вони можуть бути розділені і мати різну закрутку, щоб переміщати змішувальний матеріал від стінки камери до середини з подальшим видаленням [5].

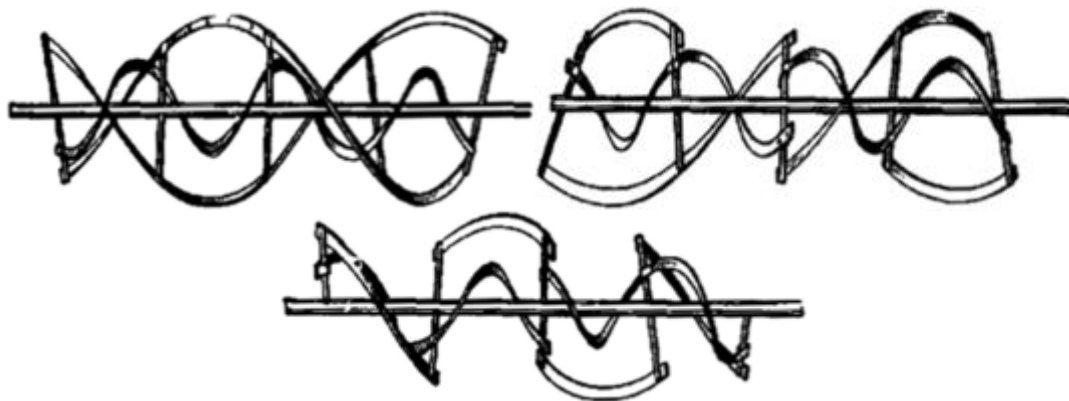


Рисунок. 1.3- Спіралі стрічкових змішувачів

Часто на тому ж валу встановлюють другу спіраль меншого розміру з протилежним напрямком закрутки. У цьому випадку зовнішня стрічка проштовхує матеріал в одну сторону, а внутрішня - в іншу. Стрічковий змішувач (рис. 2.4) являє собою циліндричний барабан 1, встановлений на опорах 7 і станини 6.

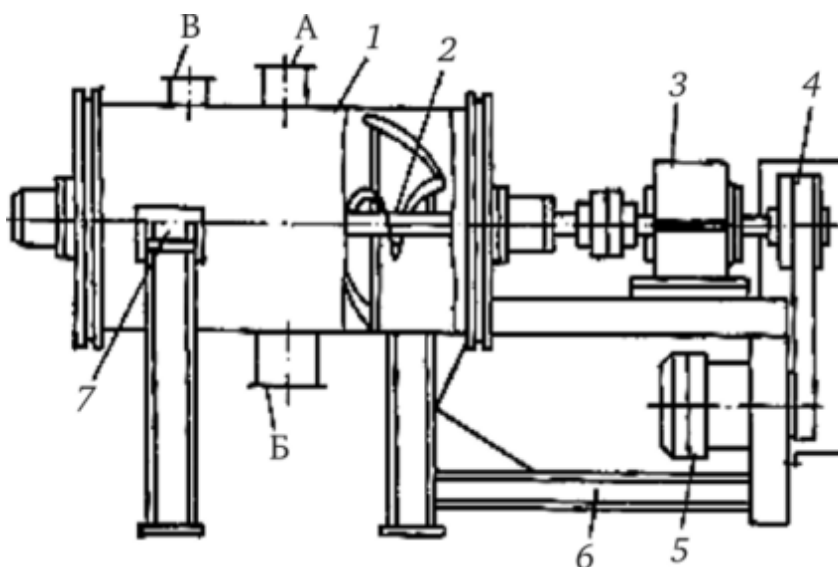


Рисунок 1.4. Барабанный змішувач з стрічкової мішалкою:

1 - барабан; 2 - ротор; 3 - редуктор; 4 - Клинопасова передача; 5 - електродвигун; 6 - станина; А та Б - люки для завантаження і вивантаження суміші; В - технологічний люк

У середині барабана 1 розташоване перемішувачий пристрій (ротор) 2, на валу якого закріплено два ряди спіральних металевих стрічок. Зовнішні стрічки переміщують матеріал в центральну частину барабана, а внутрішні - до торцевих стінок [6].

Привід ротора складається з електродвигуна 5, клинопасової передачі 4 і редуктора 3. Для завантаження і вивантаження суміші призначені люки А і Б. У змішувачі передбачений також технологічний люк В, який можна використовувати для введення рідких добавок.

#### **1.4 Лопатевий (шнековий) змішувач**

У вертикальних низько інтенсивних змішувачах як пристроями, використовують обертовий шнек. До змішувачів цього типу відносяться конічні черв'ячні змішувачі, які призначені для змішування твердих речовин з твердими, а також для приготування паст. Шнек змішувача може мати як центральний, так і планетарний привід. В останньому випадку шнек обертається навколо власної осі і в той же час рухається уздовж стінок конічного резервуара. Планетарні змішувачі застосовуються у виробництвах, де немає необхідності часто проводити очищення корпусу переважно для змішування зволжених матеріалів [7].

У шнековому планетарному змішувачі (рис. 1.5) шнек 1 обертається навколо своєї осі і одночасно навколо осі 2 конічного корпусу 3. При цьому змішувальний матеріал піднімається вгору, а потім падає під дією сили тяжіння.

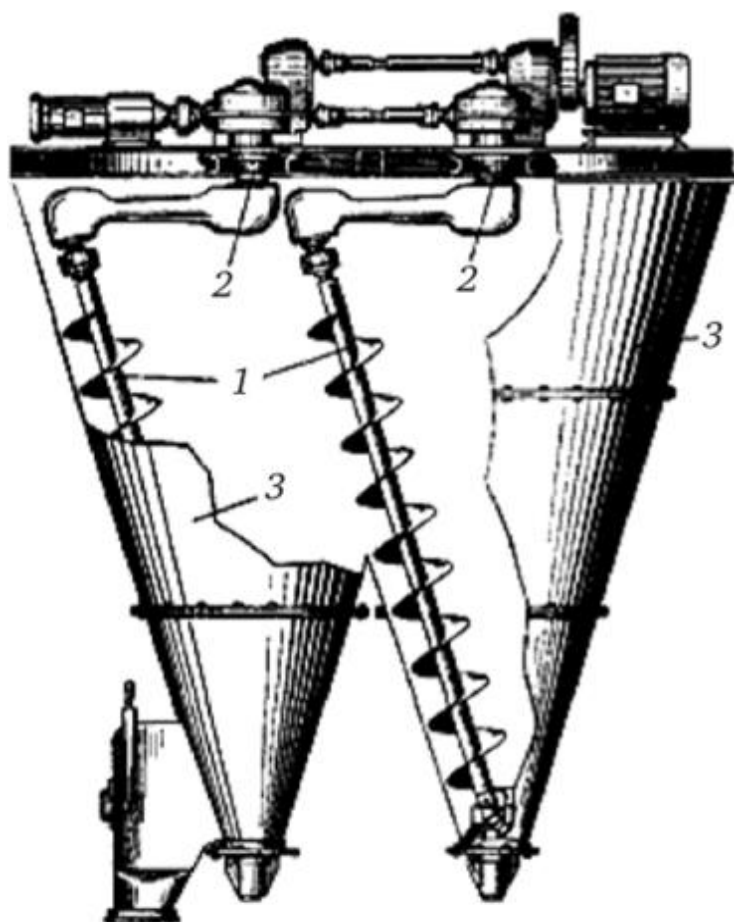


Рисунок. 1.5 - Схема шнекового планетарного змішувача:

1 - корпус; 2 - шнек; 3 - вісь обертання шнека

Планетарний шнековий змішувач забезпечує гарне змішування при незначній витраті енергії. У ньому можна змішувати речовини, що мають різну щільність і розміри зерен [7]. Планетарний шнековий змішувач може бути комбінованим, що складається з двох змішувачів, корпуси яких частково перекривають один інший.

У деяких конструкціях для збільшення продуктивності в одному резервуарі монтується два шнека під кутом  $180^\circ$  або використовують два конічних резервуара з перекриттям в верхній частині (див. Рис. 1.5), в кожному з яких встановлений шнек з індивідуальним приводом.

Цикл змішування в конічних черв'ячних змішувачах складає 3-4 хв, а обсяг робочої камери від 0,3 до 40 м<sup>3</sup>.

## 1.5 Змішувачі балістичного або відцентрової дії

Змішувачі балістичного або відцентрової дії (рис. 1.6) використовують в якості пристроїв, лопаті типу плунжерного лемеші (рис. 1.7), гребного гвинта або лопаток, укріплених на центральному валу в циліндричній або ночноподібній камері змішувача переважно горизонтального розташування [8].

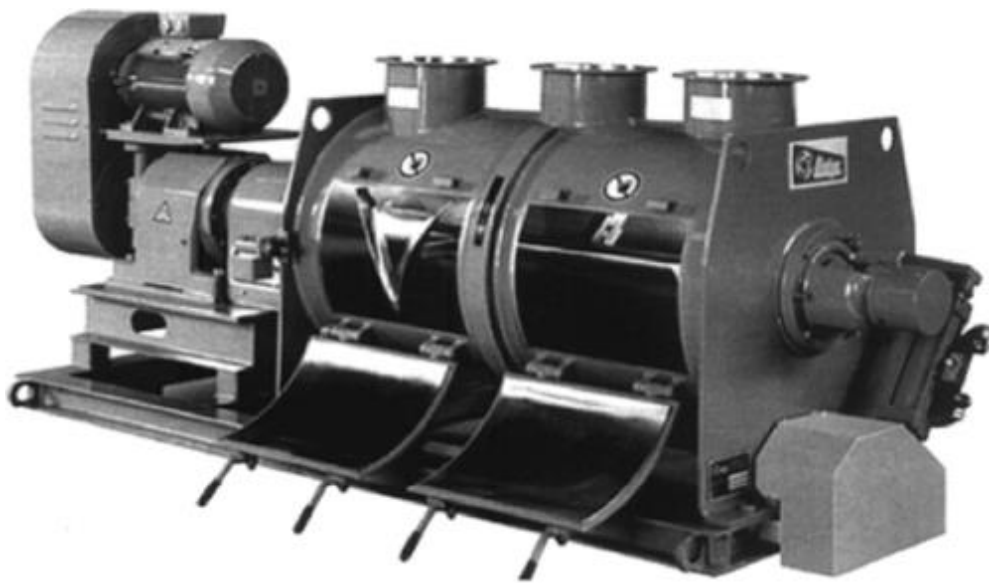


Рисунок 1.6 - Плужний лемехозмішувач

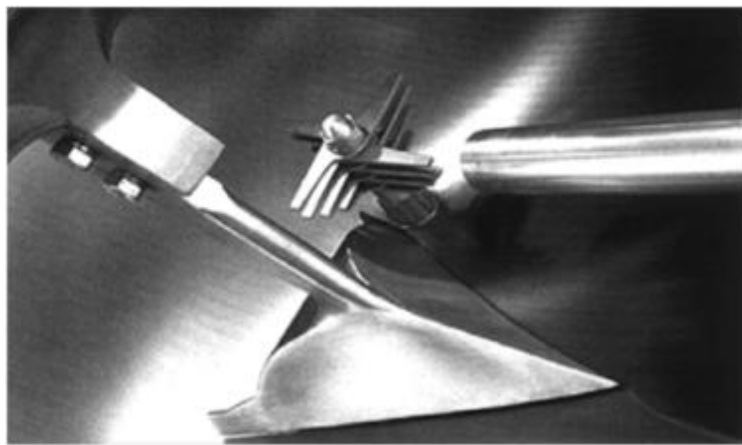


Рисунок 1.7- Лопатка и головка плужного лемеха

Такі змішувачі можуть працювати як в періодичному, так і в безперервному режимах, виконуючи змішання гранульованих або порошкоподібних полімерних матеріалів з твердими наповнювачами та добавками твердих речовин і рідин, високов'язких реактопластів з наповнювачами. Промислові моделі змішувачів цього виду мають місткість змішувача резервуара до 30000 л.

Змішувач (рис. 1.8) являє собою горизонтальний циліндричний резервуар 4, встановлений на двох стійках 2.

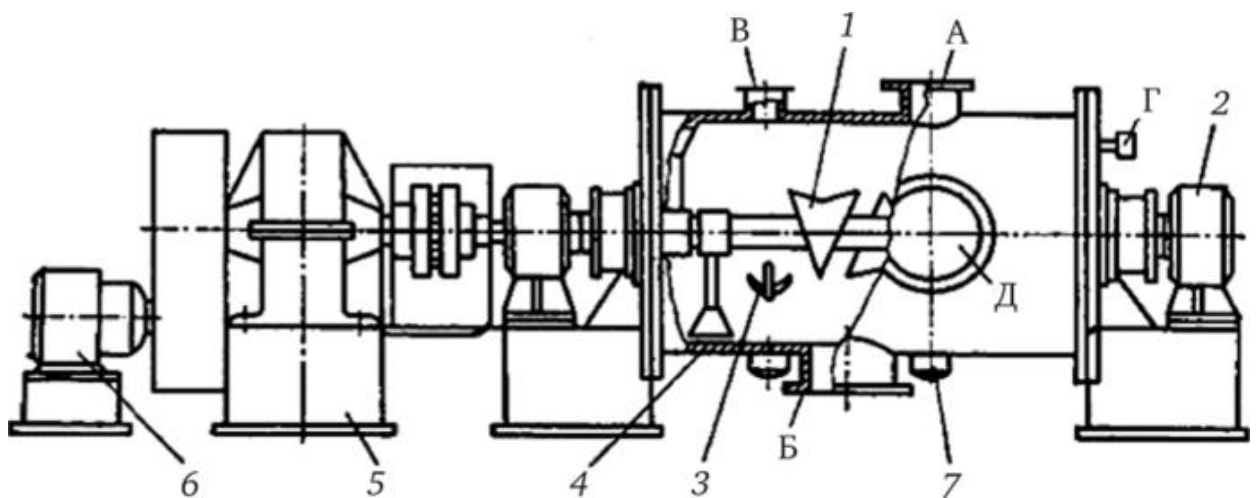


Рисунок 1.8- Схема змішувача з лемехообразною мішалкою:

- 1 - мішалка; 2 - стійки; 3 - ножові головки для руйнування грудок;  
4 - корпус; 5 - редуктор; 6 - електродвигун; 7 - привід ножової головки;

У посудині змонтовані ротор з лемехообразними мішками 1 і дві ножові головки 3, що приводяться в обертання спеціальними двигунами 7. Ножові головки призначені для руйнування грудок матеріалу. Мішалка 1 наводиться від електродвигуна 6, через понижуючий редуктор 5. Суміш завантажується через люк А, готова маса вивантажується через люк Б. Для подачі рідких компонентів передбачені штуцера Г і В; люк Д призначений для контролю за станом внутрішньої поверхні барабана і мішалки [8].



## 1.6 Двохроторні змішувачі

Двохроторні змішувачі відрізняються великою різноманітністю конструкцій; їх застосовують для приготування з підігрівом або охолодженням високов'язких пастоподібних мас, змішання сипучих матеріалів з невеликими добавками рідин, а також для пластикації композицій полімерних матеріалів. Конструкція цих змішувачів залежить від їх призначення. Спільними основними конструктивними елементами двохроторних змішувачів є робоча камера, в якій з різною швидкістю назустріч один одному обертаються два ротори, що мають в залежності від призначення різну конфігурацію.

## 1.7 Лопатеві змішувачі

Такі змішувачі широко використовуються в промисловості переробки пластичних мас в процесах перемішування з одночасним нагріванням або охолодженням різноманітних напівтвердих мас, паст, клеїв, для перемішування вихідних сипучих, волокнистих або інших матеріалів з пластифікаторами [6].

Найпростіший варіант лопатевого змішувача, широко застосовуваний у промисловості переробки пластмас - змішувач з Z-подібними лопатями (рис. 3.1) . У середині перекидної робочої камери розташовуються два ротори, що обертаються назустріч один одному з різними швидкостями ( $n = 180\text{-}H200$  об /хв). Компоненти суміші завантажуються при відкритій кришці 5 або через завантажувальний штуцер 6 і потрапляють безпосередньо на Z-образні лопаті 2, що обертаються в підшипниках 3 назустріч один одному.

Лопаті обертаються в камері, утвореної коритом 1 спеціальної форми, яке закрито з торців бічними стінками 4. У торцевих стінках встановлені

сальникові ущільнення, що перешкоджають проникненню перемішуємо маси через зазори в отворах між валами і стінами.

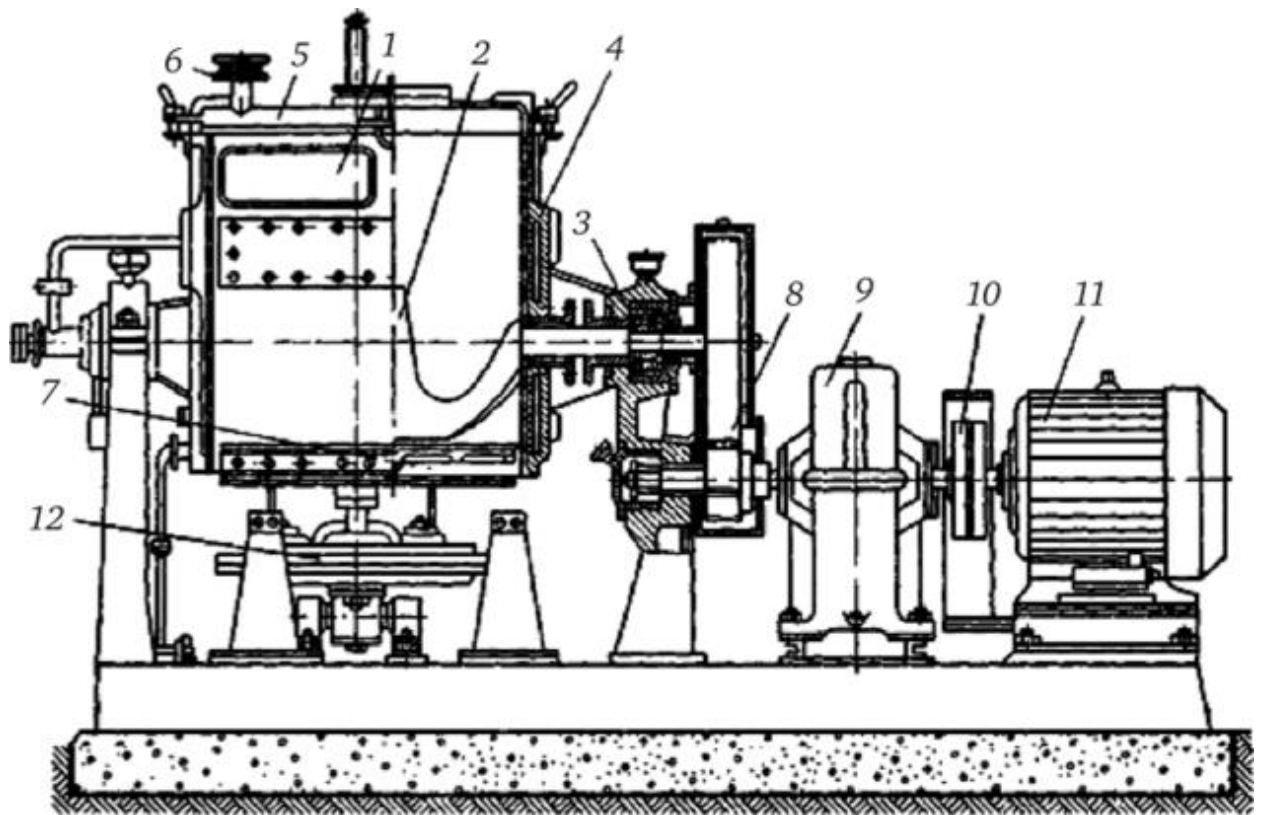


Рисунок 1.9- Схема двоходового змішувача з Z-подібними лопатями

Лопатеві вали приводяться в обертання від електродвигуна 11 через пружну муфту 10, циліндричний редуктор 9, універсальну муфту і приводні зубчасті колеса 8.

Залежно від умов процесу перемішування змішувачі виготовляються з обігрівом корита з допомогою сорочки 7 або без такого обігріву [6]. Обігрів або охолодження перемішуємо середовища здійснюється парою або водою. Іноді для обігріву використовуються трубчасті електронагрівачі (ТЕНи).

Коли змішання закінчено (тривалість змішування визначається заданою якістю суміші), обертання лопатей припиняється і за допомогою механізму перекидання 12, забезпеченого індивідуальним приводом, корито

повертається на  $110^\circ$ , кришка відкривається, і при реверсивному обертанні лопатей змішаний продукт вивантажується.

### **1.8 Лопатеві змішувачі з реверсним шнеком**

Широке поширення в промисловості переробки пластмас отримали модифікації лопатевих змішувачів з реверсним шнеком. Відмітна особливість цього типу змішувачів в порівнянні з розглянутими - наявність реверсивного шнека, призначеного для інтенсифікації процесу змішування, механізації розвантаження готової суміші, а також, при необхідності, для формування пасти в потрібний профіль. Дані змішувачі можна застосовувати при наступних технологічних процесах: змішання твердих речовин з рідинами для отримання однорідних паст; змішання порошкоподібних мас з рідинами; нагріванні або охолодженні напівтвердих і густих мас при інтенсивному перемішуванні; фарбуванні матеріалів; отриманні клеїв [6].

Лопатевої змішувач з реверсним шнеком (рис. 1.10) складається з наступних основних конструктивних елементів: камери змішання 1 з кришкою, двох лопатей 3 спеціальної форми, реверсивного шнека 2. Камера змішування 1 являє собою корито з двома торцевими знімними стінками 4, в яких є отвори для валів лопатей і шнека. Дно камери утворено двома великими напівциліндрами для лопатей і третім напівциліндра для

шнека.

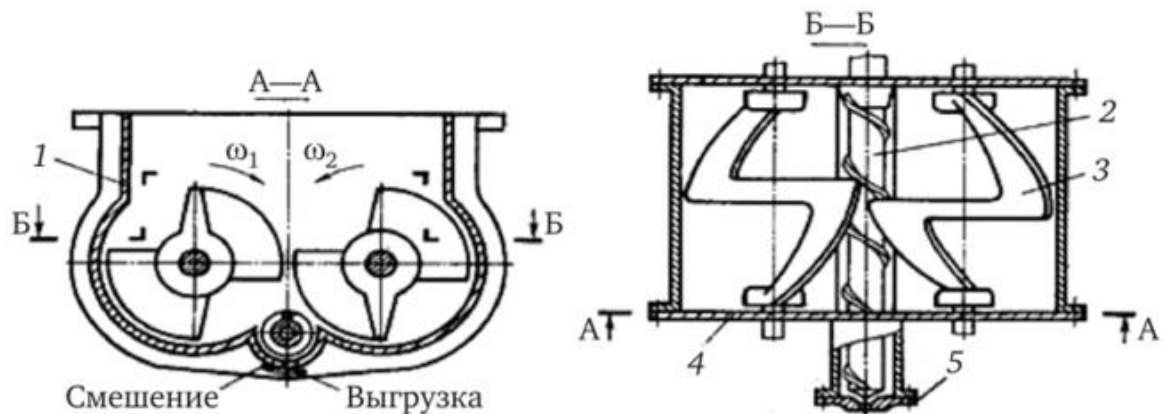


Рисунок 1.10 - Схема лопатогого змішувача з транспортуючим шнеком

Змішувач працює наступним чином. В камеру змішання завантажують необхідну кількість сипучого компонента, заливають рідкі компоненти і включають лопаті і шнек. Лопаті змішувача обертаються назустріч одна одній з різною частотою і перемішують завантажені компоненти. Навивка лопатей має такий напрямок, що маса рухається зазвичай до центру корита. Шнек транспортує масу в напрямку задньої торцевої стінки камери. Потім шнек скидає масу на швидкохідну лопать. Це призводить до значної інтенсифікації процесу змішування. Готова суміш вивантажується шнеком через фільтр 5. Лопаті в цей час завантажують шнек, сприяючи підвищенню його продуктивності.

Для розвантаження змішувачів лопатогого типу найбільш широко використовується поворот корпусу на кут, достатній для викидання готової суміші обертовими лопатями. У змішувачах великих обсягів (ємністю від 2000 л) застосовують розвантажувальні пристрої у вигляді люків в кожній половині корпусу.

Приводи механізмів розвантаження змішувачів з перекидним корпусом можуть бути електромеханічними або гідравлічними. Для змішувачів з

нижньої вивантаження суміші застосовується електромеханічний привід відкриття і закриття нижнього люка.

### 1.9 Двохроторні змішувачі закритого типу

Змішувачі, ротори яких займають близько 60% загального обсягу камери змішувача, називають закритими роторними змішувачами [5]. Найбільш поширені двохроторні змішувачі застосовують для змішування полімерів з наповнювачами, приготування полімерних композицій, введення в полімер стабілізаторів, пластифікаторів, барвників та інших інгредієнтів (пластосмесітелі), а також в технології гум і каучуків.

Типовий роторний змішувач закритого типу (рис. 1.11) складається з камери 2, утвореної двома сталевими напівциліндрами і двома бічними стінками 19; всередині камери назустріч один одному обертаються ротори

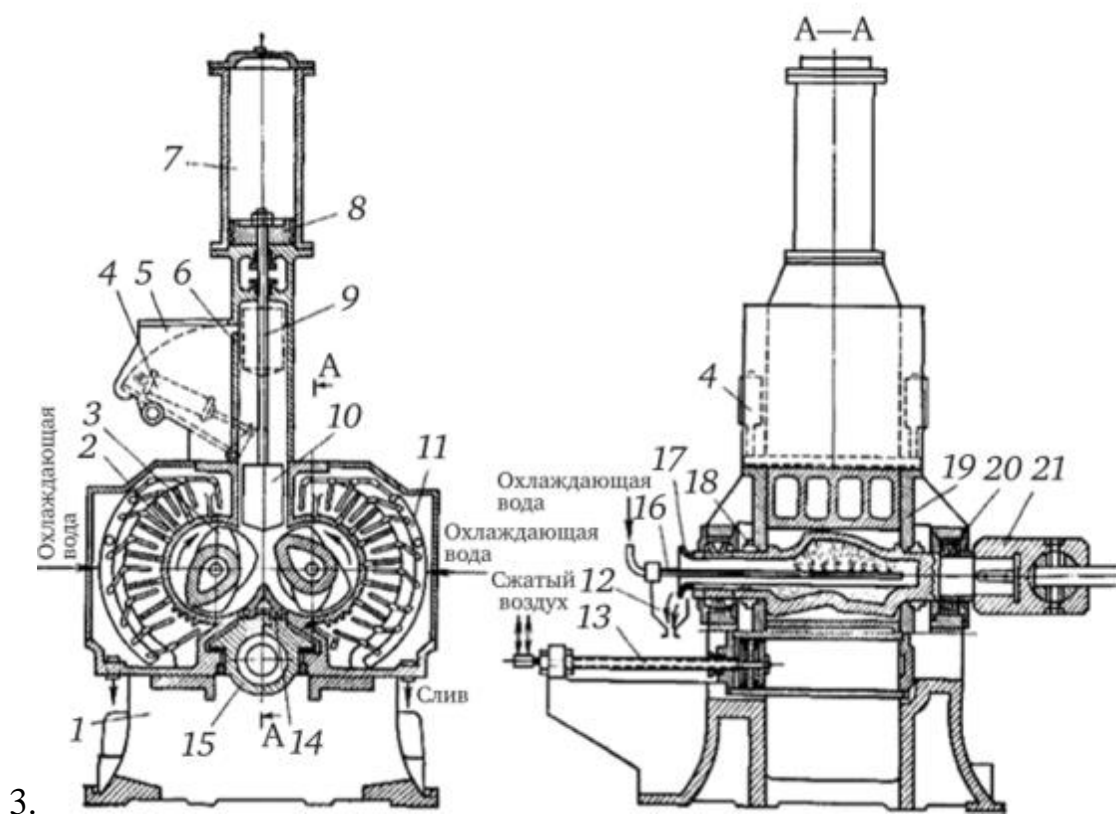


Рисунок 1.11 - Двохроторний змішувач закритого типу

У масивних бічних стінках встановлені роликові підшипники роторів 20. Зазор між стінкою і шийкою роторів ущільнюється спеціальним пристроєм 18. Змішувальна камера монтується на чавунній станині 1. У верхній частині камери розташовується завантажувальне вікно, над якою встановлено завантажувальна лійка 5 з відкидною заслінкою 6, що пересувалися пневмоприводом 4. При завантаженні змішувача заслінка відхиляється до стінки воронки і відкриває отвір в бічній стінці прямокутної завантажувальної шахти, по якій змішуються матеріали зсипають ся в змішувальну камеру.

Після закінчення завантаження заслінка повертається у вертикальне положення, перекриваючи при цьому отвір в стінці шахти і перешкоджаючи викиду компонентів назовні при роботі змішувача.

У прямокутній шахті розташований верхній затвор 10, встановлений на штоку 9 повітряного циліндра 7 з поршнем 8 [6]. При завантаженні змішувача затвор переміщається в крайнє верхнє положення, відкриваючи доступ в камеру змішувача. Після закінчення завантаження затвор опускається вниз і через вікно в камері змішувача тисне на що знаходиться в камері матеріал, створюючи в ньому надлишковий гідростатичний тиск, що дорівнює 0,35-0,7 МПа.

Вивантаження готової суміші здійснюється через нижнє вікно в камері, яке під час завантаження і змішування закрито нижнім затвором 14, що складається з фігурного клина, укріпленого на корпусі пневмоциліндра 15. Шток 13, на якому встановлений поршень пневмоциліндра, укріплений на станині. Тому при подачі повітря в одну з порожнин циліндра останній разом з клином переміщається по напрямних під змішувальною камерою, закриваючи або відкриваючи камеру знизу. Подача стисненого повітря в циліндр здійснюється через канали, в штоку 13.

### 1.10 Двохроторні змішувачі НПО «Фармоборуд» Москва

Призначення: Двохроторний змішувач є харчовим обладнанням для інтенсивного перемішування, розминання та пластифікації мас з малої, середньої або високої в'язкості [9].



Рисунок 1.12 – Двохроторний змішувач НПО «Фармоборуд» Москва

Пристрій. Двохроторний змішувач складається з корпусу 4, встановленого на станині 10, закритою з усіх боків огорожами 14. У середині корпусу розташовані два горизонтальних вала 6с фігурними лопатями 5 розгорнутими щодо осей валів на  $60^\circ$ . Таке розташування, а також наявність в лопатях циліндричних отворів створюють умови для ефективного отримання однорідної маси з змішуваних компонентів. Лопаті змішувача можуть бути різної конфігурації.

Принцип роботи: У конструкції двохроторного змішувача може бути передбачений контроль кількості завантажується рецептурної суміші або окремих компонентів, якщо вони подаються

послідовно. Для цього двохранторний змішувач спирається на чотири вбудовані месдоза 11. Компоненти надходять в корпус 4 через решітки 8 при відкритій кришці 9. Вали обертаються в опорах 3 і приводяться в рух від електродвигуна 13 через ремінну передачу 1 і спеціальний редуктор 2.

Конструкцією змішувача передбачено зустрічний рух маси уздовж стінок корпусу. При цьому лопаті поділяють змішувати масу на шари і передають їх в сусідні зони. Отримана однорідна маса завантажується через патрубок 12, який під час змішування закритий заслонкою. Двохранторний змішувач може бути забезпечений сорочкою 7, заповненої парафіновим маслом, яке нагрівається електричними підігрівниками, також можуть бути (водяна, парова і ін. сорочки) .Двохранторний змішувач може доукомплектувати шнековим вивантаженням [9].



Рисунок 1.13 - Варіант двохранторного змішувача зі шнековою вигрузкою



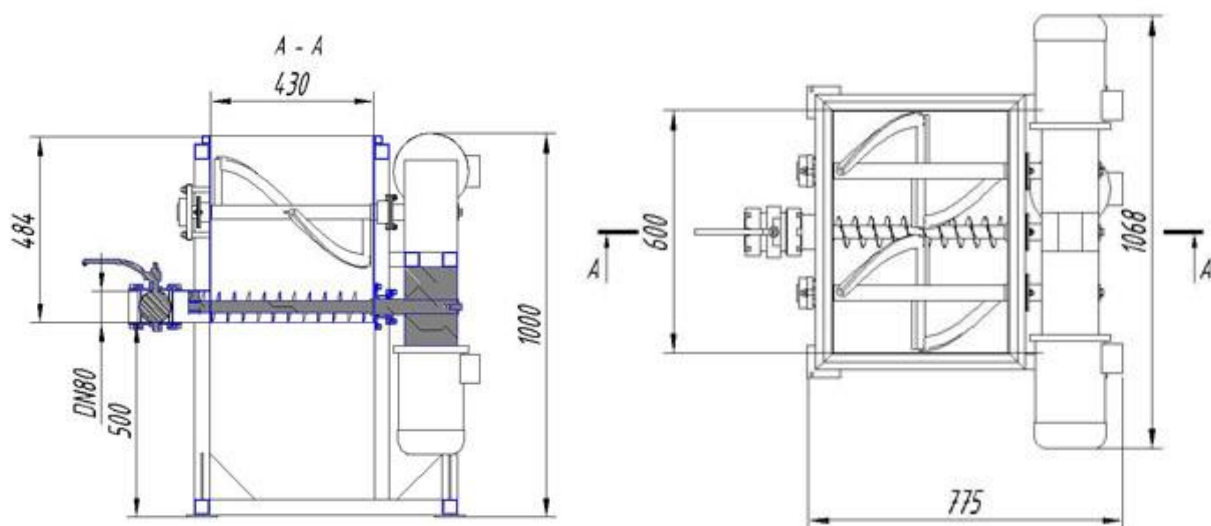


Рисунок 1.14 - Схема пристрою двоухоторного змішувача з Z образними мішалками

Технічні характеристики роторного змішувача з двома горизонтальними валами:

Объем, л	150	300	500	1000	1200	1500
Потужність мотор-редуктора кВт	7,5	11	22	45	55	75

## 2 Цілі та задачі проведеної роботи

Основна мета дослідження змішувальних апаратів, згідно завдання, є визначення енергетичних витрат в горизонтальних змішувачах сипких компонентів. Кафедра МОПП має модель стрічкового горизонтального змішувача. Тому експериментальні роботи проводилися на цьому апараті. Окрім того були використані інформаційні джерела досліджень, проведених в філіях НДІхіммаш. Крім дослідження енергетичних витрат, проводилися також дослідження змішувального процесу, оскільки це необхідно для визначення ефективності роботи апарату.

Необхідно перевірити те, що випуск продукції дасть значний економічний ефект. Тому слід визначити конкурентоспроможність в даній продукції для передбачуваного ринкового збуту, розробити потрібну номенклатуру виробів типорозмірного ряду, застосовуючи при цьому принципи стандартів і уніфікації, оцінити собівартість виробів на заводах, оцінити вартість апаратів на стандартному ринку, оцінити очікуваний прибуток, зробити оцінку діяльності організацій, які займаються випуском серійних змішувальних апаратів. Слід намагатися зробити серійний випуск виробів, оскільки визначено, що собівартість одиничних змішувачів обходиться на порядок вище.

Виходячи з вищевикладеного необхідно розробити конструкцію одного апарату із типорозмірного ряду змішувачів, в даній роботі передбачається використати для зрівняння данні стрічкового змішувача номінальним об'ємом  $6,3 \text{ м}^3$ . Для порівняння використовувалися дані для аналогічних машин з книжок та Інтернету.

Після дослідження необхідно встановити витрати компонентів, трудомісткість виробництва, собівартість продукції.

Вартість аналогічних по конструкції машин на ринку України взяті з джерел Інтернету.

### 3 Дослідження процесу змішування сипких компонентів в змішувачах з горизонтальним корпусом

На кафедрі МОПІ були проведені експерименти роботи по вивченню процесу змішування в змішувачі ЛН-24.

У наведених нижче експериментах в змішувальному апараті були використані сухий пісок і металева тирса. Ключовий компонент завантажували близько торцевої стіни апарату на піщану поверхню. У процесі змішування відбувався розподіл тирси в піску.

Вивчення розподілу матеріалів вироблялося шляхом відбору деяких проб по наведеній схемі, через деякий час робочого режиму.

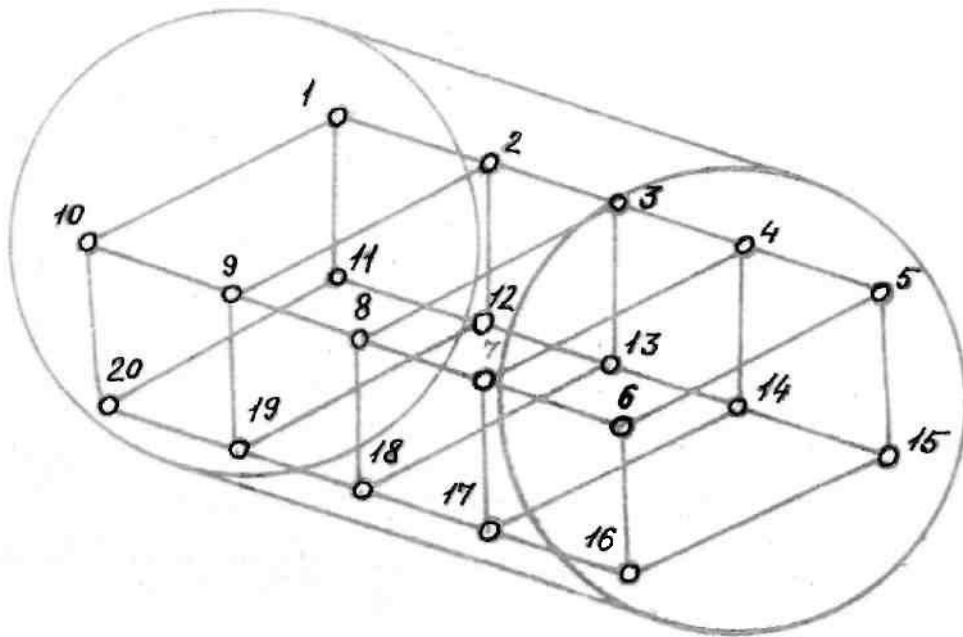


Рисунок 3.1. Схема відбору проб з корпусу апарату

Проводилося приготування зазначених сумішей. У даній роботі наведені аналізи приготування суміші, що складається приблизно з 95% сухого піску, який є основним матеріалом в змішуванні і 5% металевих тирси.

Зважування компонентів суміші здійснювалося на торгівельних вагах РМ10Ц1 з точністю до сотих грамів.

Маса проб становила приблизно 15 грамів (див. рис. 3.2).



Рисунок 3.2-Проби, які бралися для аналізу розподілу головного компонента

Виявлені проби поділялися на пісок і тирсу за допомогою магніту.



Рисунок 3.3 - Відбір головного компонента магнітом

Маса тирси і сухого піску визначалася шляхом зважування на експериментальних вагах Тур-21 з точністю до міліграм.

Точність отриманих результатів була визначена за допомогою залежних вибірок, тобто таких, у яких вміст основного компонента в відповідних точках є однорідним. Різниця результатів визначення концентрації основного компонента в відповідних пробах викликана похибкою даного методу. В результаті точність аналізу змісту основного компонента в зразках оцінюємо  $V_a \approx 3\%$ .

Дисперсію випадкової розподільності  $S_R^2$  для суміші з двох компонентів можливо оцінити по формулі Штанге:

$$S_R^2 = \frac{c_p \cdot c_q}{G} \cdot [c_p \cdot \bar{\gamma}_q \cdot (1 - V_s^2) + c_q \cdot \bar{\gamma}_p \cdot (1 - V_p^2)], \quad (3.1)$$

де:  $G$  - маса проби, г; (приймаємо 10г);

$c_p, c_q$  - масові доли ключового и основного компонентів у суміші; (приймаємо відповідно 0,05 та 0,90);

$\gamma_p, \gamma_q$  - середні маси часток ключового і основного компонентів в суміші, г; (приймаємо відповідно  $2 \cdot 10^{-3}$  та  $6 \cdot 10^{-5}$ );

$V_p, V_q$  - коефіцієнти розподілу варіацій частинок ключового і основного компонентів по масам (приймаємо по 0);

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

Потім підраховуємо коефіцієнт неоднорідності при випадковому розподілу компонентів у суміші:

$$V_{CR} = \frac{100 \cdot \sqrt{S_R^2}}{x}, \% \quad (3.2)$$

Для такого сумішного 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 нескладними.

Крім вираховування коефіцієнта неоднорідності також проводився аналіз середніх значень групових концентрацій 10 зверху і 10 знизу: (1-10; 11-20), справа і зліва (1-5, 11-15 і 6-10, 16-20) і в роботі порівнювалися групові середні концентрації.

Далі, вироблялося порівняння 5 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. 3.2). Порівняння проводилося методом дисперсійного аналізу.

Така обробка отриманих результатів експерименту за допомогою методів математичної моделі дозволяє визначити швидкість розподілу компонентів у суміші по різних напрямкам.

### 3.1. Приклад обробки експериментальних даних вибірки

На прикладі розглянемо обробку результатів змішання сухого піску і тирси, отримані в лабораторному змішувачі ЛН-24 через пів хвилини роботи апарату.

Відповідно до номерів проб, були визначені наступні вагові концентрації робочого компонента в вибраних пробах.

№№ 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 вивчення процесу однорідності розподілення ключового компоненту використаємо методи, які описані:

Розраховуємо середню концентрацію тирси металу у всіх 20 вибраних пробах (середнє вибіркоче):

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 4,744 \% \quad , \quad (3.3)$$

де:  $x_i$  – концентрація основного компонента в  $i$ -ой пробі, %;

$n$  – число вибіркових проб.

Сума квадратів різниці:

$$S^2(x) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = 130 \quad (3.4)$$

Виправлена вибіркова дисперсія:

$$D(x) = \frac{S^2(x)}{n-1} = \frac{130}{19} = 6,86. \quad (3.5)$$

Коефіцієнт неоднорідної суміші:

$$Vc(x) = \frac{100 \cdot \sqrt{D(x)}}{\bar{x}} = \frac{100 \cdot 2,62}{4,744} = 55,2 \%. \quad (3.6)$$

Виробляємо порівняння 2 вибірових середніх шарів  $\bar{x}_g$  и  $\bar{x}_n$  зверху і знизу суміші [4, с.296-302]. Число вибірових проб в групах  $n_g = n_n = 10$ .

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

$$\bar{x}_g = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{gi}}{10} = 4,620 \%; \quad (3.7)$$

$$\bar{x}_n = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{ni}}{10} = 4,869\%. \quad (3.8)$$

Визначимо статичні вибірові дисперсії верхньої і нижньої групи:

$$D_g = \frac{\sum_{i=1}^{n_g} (x_{gi} - \bar{x}_g)^2}{n_g - 1} = 6,62; \quad (3.9)$$

$$D_n = \frac{\sum_{i=1}^{n_n} (x_{ni} - \bar{x}_n)^2}{n_n - 1} = 6,14; \quad (3.10)$$

де:  $n_g$  и  $n_n$  кількість вибірових проб зверху і знизу суміші.

Для правильного порівняння  $\bar{x}_g$  і  $\bar{x}_n$  необхідно провести перевірку однорідності дисперсійного значення  $D_g$  і  $D_n$ . Підраховуємо ставлення більшої з порівнюваних дисперсій до меншої:

$$F = \frac{D_{\text{большая}}}{D_{\text{меньшая}}} = \frac{6,62}{6,14} = 1,085. \quad (3.11)$$



Критичне значення критерію  $F_{кр}$  визначаємо по наведеній нижче формулі. При рівних значеннях  $\alpha=0,01$ ; число ступенів свободи більшої дисперсійності  $k_1=n_6-1=9$ , меншою  $k_2=n_n-1=9$ .  $F_{кр}=5,35$ .

$F < F_{кр}$ , отже, дисперсійні значення однакові.

При рівні значності  $\alpha=0,01$  перевірити гіпотезу  $H_0: \bar{x}_6 = \bar{x}_n$ .

Підраховуємо значення Стьюденту:

$$Z = \frac{\bar{x}_6 - \bar{x}_n}{\sqrt{\frac{D_6}{n_6} - \frac{D_n}{n_n}}} = \frac{4,620 - 4,869}{\sqrt{\frac{6,92}{10} - \frac{6,14}{10}}} = -0,941 \quad (3.12)$$

Інша гіпотеза  $H_1: \bar{x}_6 \neq \bar{x}_n$ , критична область двостороння.

Знайдемо праву критичну цифру, для чого спочатку підраховуємо критерій Лапласа:

$$\Phi(Z_{кр}) = \frac{1 - \alpha}{2} = \frac{1 - 0,01}{2} = 0,495 \quad (3.13)$$

По таблиці функції Лапласа визначаємо  $Z_{кр} = 2,58$ .

$|Z| < Z_{кр}$  - вибіркові середні значення відрізняються не дуже,  $\bar{x}_6 = \bar{x}_n$ .

Аналогічно проводимо порівняння вибірових середніх з правого та лівого боків змішувального апарату.

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  $n_n = n_l = 10$ .

$$\bar{x}_n = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{ni}}{10} = 4,967\% ; \quad (3.14)$$

$$\bar{x}_l = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{li}}{10} = 4,521\% . \quad (3.15)$$

Визначимо статичні вибіркові дисперсії правої і лівої групи:

$$D_n = \frac{\sum_{i=1}^{n_n} (x_{ni} - \bar{x}_n)^2}{n_n - 1} = 6,8 ; \quad (3.16)$$

$$D_l = \frac{\sum_{i=1}^{n_l} (x_{li} - \bar{x}_l)^2}{n_l - 1} = 6,2. \quad (3.17)$$

$$Z = \frac{\bar{x}_n - \bar{x}_l}{\sqrt{\frac{D_n}{n_n} - \frac{D_l}{n_l}}} = \frac{4,967 - 4,521}{\sqrt{\frac{6,8}{10} - \frac{6,2}{10}}} = 1,82. \quad (3.18)$$

$$Z_{кр} = 2,58.$$

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

Виробляємо порівняння середніх для 5 груп, які розташовані по осі корпусу методом аналізу дисперсійних значень.

Розбиваємо вибірку з 20 проб на 5 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 значення концентрацій тирси металу для середніх груп.

$$\bar{x}_{kJ} = \frac{\sum_{i=1}^4 x_{ikJ}}{4}, \quad (3.19)$$

де номери групи  $k \{1, 2, 3, 4, 5\}$ .

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

Для коректного порівняння середніх проб цим методом потрібно, щоб виправлені групові дисперсійні значення були однаковими.

$$D_{kJ} = \frac{\sum_{i=1}^4 (x_{ikJ} - \bar{x}_{kJ})^2}{4 - 1}. \quad (3.20)$$

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

Проведемо аналіз дисперсійної однорідності за критерієм Корчена:

$$G = \frac{D_{J \max}}{\sum_{k=1}^5 D_{kJ}} = \frac{0,7994}{1,4822} = 0,5393. \quad (3.21)$$

Критичне значення Корчена для рівня значущості  $\alpha=0,05$ ;  $J=l=5$ ;  $n_J - 1=k=3$ .

$$G_{кр} = 0,5981;$$

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

Обчислюємо факторне дисперсійне значення:

$$D_{\phi} = \frac{i \cdot \sum_{k=1}^5 (\bar{x}_{kJ} - \bar{x})^2}{J-1} = 31,458, \quad (3.22)$$

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

Залишкова дисперсія:

$$D_o = \frac{\sum_{k=1}^5 \sum_{i=1}^4 (x_{ikJ} - \bar{x}_{kJ})^2}{k \cdot (i-1)} = \frac{4,45}{5 \cdot 3} = 0,296; \quad (3.23)$$

де:  $x_{ikJ}$  - концентрація тирси металу в  $i$ -ой пробі  $kJ$ -їй групи;

$\bar{x}_{kJ}$  - середня концентрація тирси в  $kJ$ -їй групі.

Підрахуємо критерій Фішера-Снедекора:

$$\Phi = \frac{D_{\phi}}{D_o} = \frac{31,458}{0,296} = 106. \quad (3.24)$$

Критичне значення даного критерію:

$$\Phi_{кр} = 3,06$$

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

### 3.2 Результати вивчення розподілу компонентів

Результати випробувань стрічкового апарату для змішування ЛН-24, що є копією промислового варіанту, наведені в таблицях 3.2.1-3.2.3.

Таблиця 3.2.1 Результати змішування компонентів в змішувачі ЛН-24

$n=100\text{об/хв.}; t= 30$

№ 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			

с.

$X_{ср}=4,744$   $V_{с}=55,2$

Таблиця 3.2.2 Результати змішування компонентів в апараті ЛН-24

n=100об/хв.; t= 180 с.

№ пробы	Маса ключев. комп, г	Маса основн. комп, г	Зміст ключевого комп, %	Наявність сегрегації		
				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<sub>ср</sub>=4,957 V<sub>с</sub>=14,3

Таблиця 3.2.3 Результати змішування компонентів в змішувачі 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	4,568			
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<sub>ср</sub>=4,853V<sub>с</sub>=5,2

Для вивчення кінетичного процесу при змішуванні компонентів в змішувачах з горизонтальним корпусом в Северодонецькому філіалі НДІХІММАШ були проведені експериментальні роботи.

Метою робіт було аналіз ефективності розробки уніфікованого типорозмірного ряду апаратів замість стрічкових і плужних змішувачів, які випускаються в даний час. Були випробувані декілька конструкцій роторів з різною частотою обертання і кілька конструкцій диспергуючих головок. Коефіцієнт заповнення корпусу змішувача приймаємо  $\eta = 0,6$ .

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

Результати цих досліджень наведені в таблиці 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.
ЛЦ1 (9)	75	1500	30	60	-	-	+	220	190
	75	1500	60	35	-	-	+		
	75	1500	180	8	-	-	+		
	75	1500	600	7	-	-	+		
	75	1500	3600	8	-	-	-		
ЛЦ2 (17)	225	1500	10	69	-	-	+	635	114
	225	1500	20	39	-	-	+		
	225	1500	60	7	-	-	+		
	225	1500	200	4	-	-	-		
	225	1500	1200	6	-	-	+		
ЛЦ3 (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 елементами ( $\varnothing 250$ ;  $L=450$ ;  $t=225$ ;  $b_{\text{наружн.}}-10\text{мм}$ ,  $b_{\text{внутр.}}-20\text{ мм}$ ;  $t=225$ ) з диспергуючою головкою ( $\varnothing 110$ ), розташованої в чашці біля корпусу;

ПД2 – плужний змішувач ( $\varnothing 250$ ;  $L=450$ ;) з диспергуючою 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 ( $\varnothing 80$ ,  $H=235$ );.

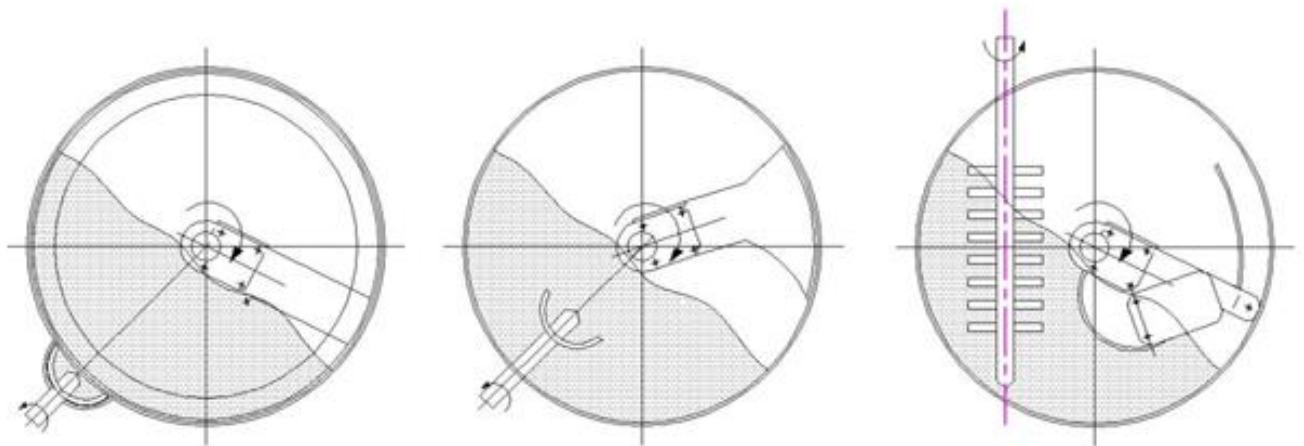


Рис. 3.2. Схеми аналізу роботи змішувачів:

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



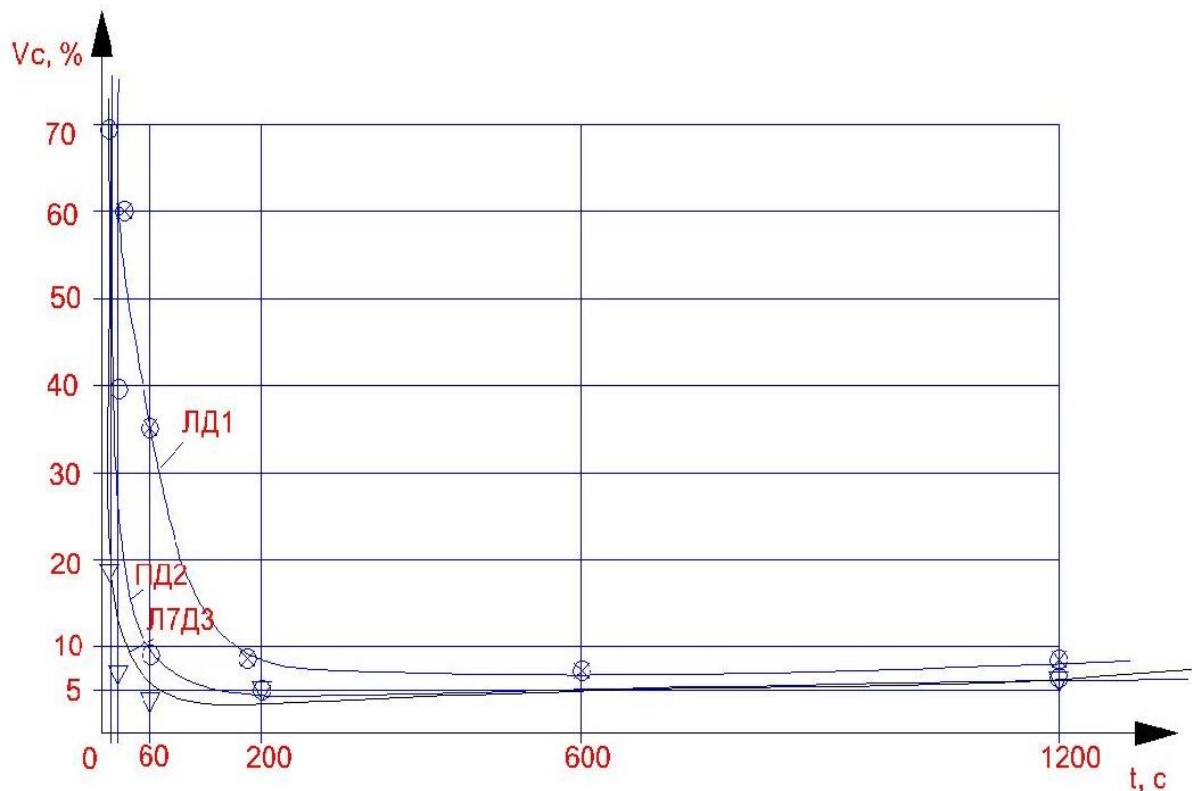


Рис. 3.3. Кінетика процесу змішування в змішувачах:

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

Аналізуючи отримані дані, які наведені в таблиці 3.2.1.-3.2.4), приходимо до висновку, що найповільніший розподіл компоненту в суміші відбувається в стрічковому змішувачі по осі корпусу. У стрічковому змішувачі однорідний розподіл компонентів досягається через 10 хвилин.

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

Стрічкові змішувальні апарати оснащують диспергуючими головками, які занурюються в шар сипкого матеріалу. Їх основним завданням є подрібнення твердих частинок, що утворюються в процесі змішування.

Були проведенні досліді інших конструкційних типів змішувачів з горизонтальним корпусом: плужних та з пружними елементами і вертикальним диспергуючим ротором.

Найбільш ефективними показали себе змішувачі з пружними елементами і вертикальним диспергуючим валом.

Ці змішувачі були взяті для серійного випуску.

#### 4 Дослідження енергетичних витрат в процесі змішування сипких компонентів в апаратах з горизонтальним корпусом

Для визначення енергетичних витрат в експериментальному змішувачі ЛН-20, що встановлений в лабораторії, здійснювалось за допомогою наступного обладнання.

Споживана потужність визначалася за допомогою амперметра MSZ 808 з наступними технічними параметрами:

Сила струму, А 0-10;

Точність вимірювання, А 0,1;

Призначений для визначення постійного, та перемінного струму.

Напруга вимірювалась за допомогою тестера.

В даному приборі використовувалася функція вимірювання постійної напруги. В робочому режимі він мав наступні параметри.

Напруга, В : 0-250;

Точність вимірювання, В : 5.

Виміряні дані струму та напруги перемножувалися і таким чином, визначалася потужність, що потребує привід, Вт.

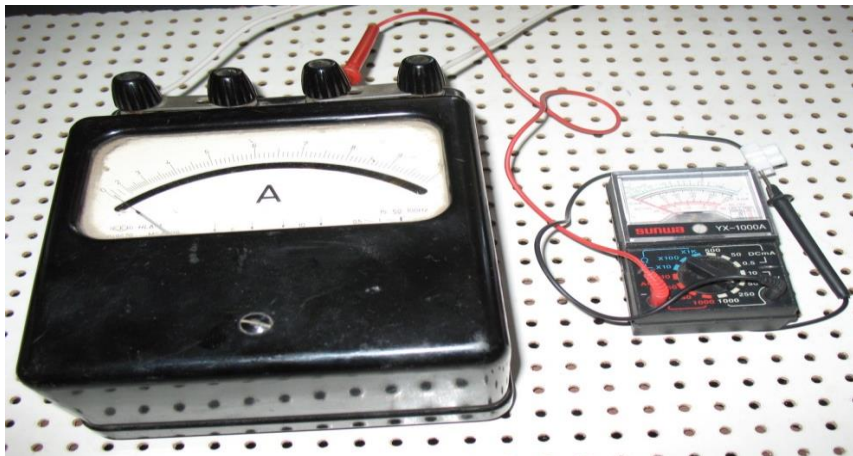


Рисунок 4.1- Амперметр MSZ 808 та тестувальник SUNWA YX-1000A

Дослід проводився при завантаженому корпусі змішувального апарату.

Затим, з цієї величини можна вичислити потужність холостого ходу, яка була виміряна при той швидкості обертання приводом холостого змішувача.

Частота обертання вимірювалась за допомогою спеціального комп'ютера.

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

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

Виміряємо частота обертання об/хв.                    0-3600.



Рисунок 4.2 - Вело комп'ютер ASSIZE AS-820

Таблиця 4.1. Дослідницькі дані вимірювань на холостому ході апарату ЛН-24

$n$ , об/мин	I, А	U, В	$N_{xx}$ , 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 досліджень при завантаженні змішувача ЛН-24

Сухим піском

коэф. заповн. $\rho$	$n$ , об/хв	I, А	U, В	Потребл. потужність $N_{ii}$ , 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 потужностей, заміряний ватметр під навантаження  $N_u$  і потужності холостого ходу  $N_{xx}$  на тій же швидкості обертання:

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

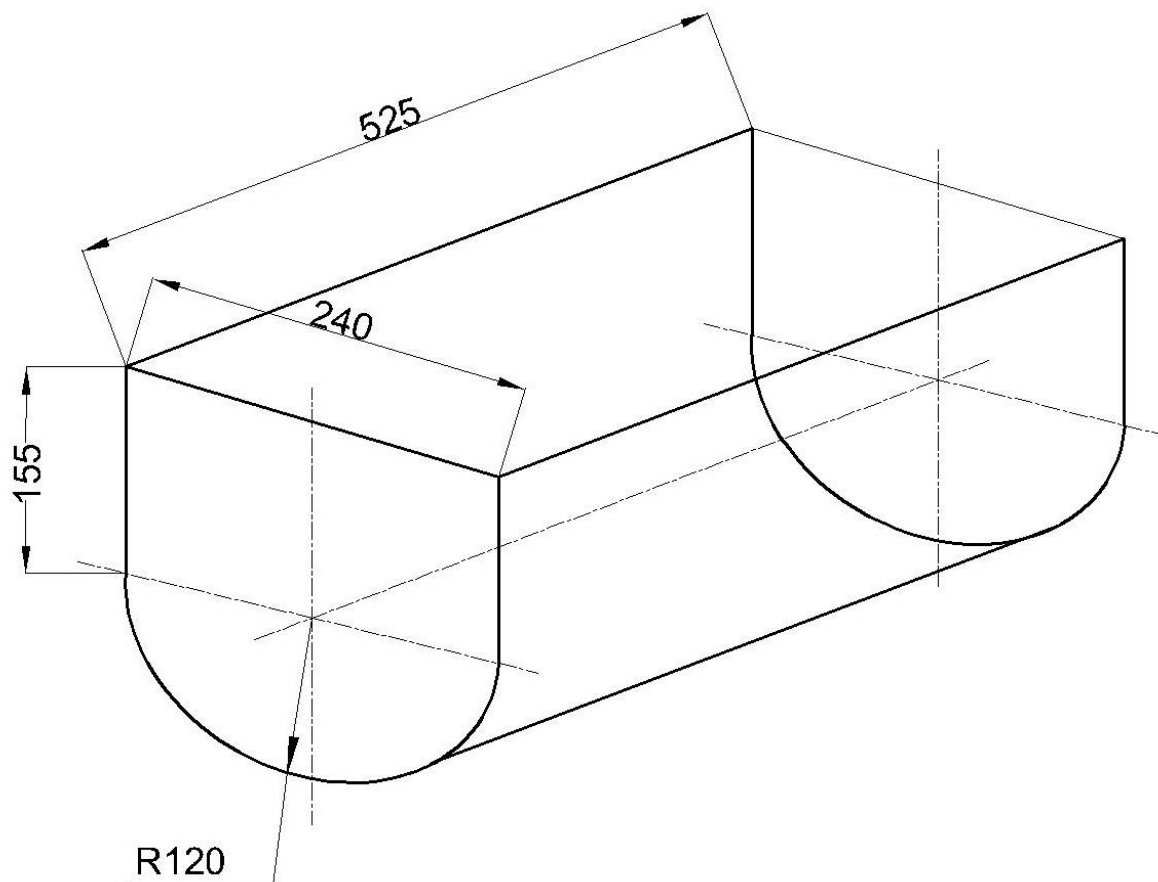


Рисунок 4.3- Розміри корпусу змішувача ЛН-24

Номінальний об'єм корпусу – 32 л;

Об'єм що вміщає ротор – 24 л;

Коефіцієнт заповнення  $\eta$  – 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 Сєверодонецькому філіалі НДІХІММАШ для змішувального апарату потужність визначалася за допомогою ватметра. Крім того, на змішувачі ПЖ-130 методом динамічного тензометрування визначався момент опору переміщення робочого шнека в сипкому матеріалі [5].

Для вимірювання активної потужності використовувався ватметр Д-566 0,2 класу точності з межею вимірювання до 3 кВ. Якщо потужність перевищувала ці дані, то застосовувалося шунтування струмовою обмотки приладів.

Цей метод досить простий, однак його точність невелика, так як в виміряну потужність, входять втрати на тертя в приладі, в сальниках, на нагріванні обмоток двигуна, гістерезис і вихрові струми.

Формула передбачає, що всі ці втрати не залежать від навантаження на привід і приймаються статичними для даної швидкості обертання робочих елементів. Крім того, неможливим є дослід пускового моменту і пускової потужності, так як привідні і електричні прилади мають силу інертності.

Метод даного вимірювання моменту, що крутиться заснований на визначенні моменту опору руху одному з робочих елементів. Метод дозволяє зняти осцилограму моменту під час кручення.

Переваги динамічного вимірювання моменту що крутить в тому, що він дозволяє не тільки визначити енергетичні витрати, що споживаються, а ще і зусилля на окремі робочі елементи в процесі роботи.

Однак цій метод має велику трудомісткість і потребує значних матеріальних зусиль на його роботу.

Випробуваннями були встановлено, що характер зміни моменту опору для сипких компонентів з розмірами частинок більше 50 мк відповідає прийнятій нами моделі.

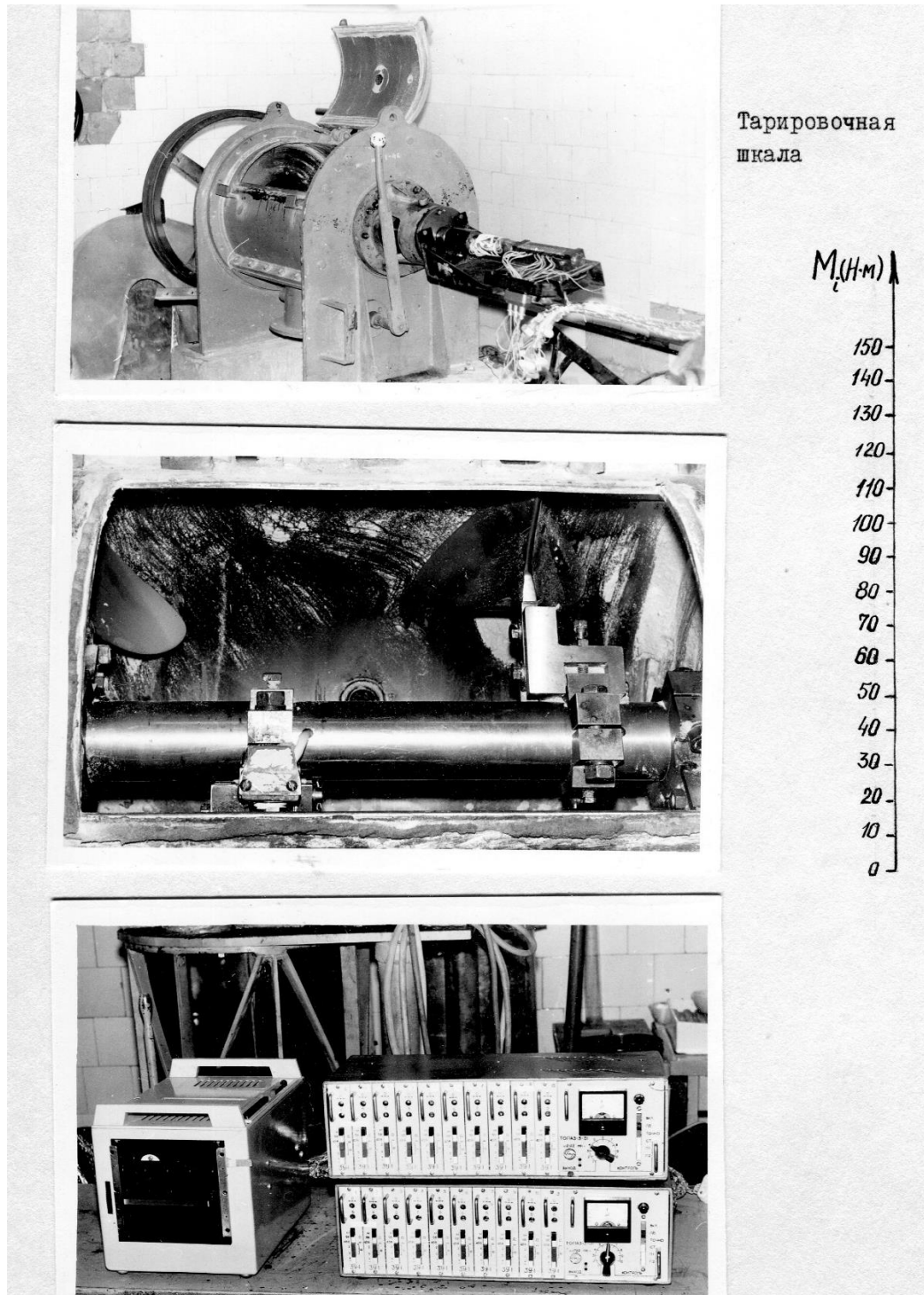


Рисунок 4.4 - Устаткування для динамічного тензометрування

Осцилограма моменту опору руху кожного з пługів за один оберт показана на рис. 4.1-2. Плуги розташовані по осі ротора на конкретній відстані один від одного, через  $180^\circ$  у напрямку обертання.



Для дрібно часткових матеріалів з розмірами менше 50 мкм результати досліджень виходять на порядок більшими ніж в порівнянні з експериментальними даними.

Розглянемо окремо експериментальну інформацію, отриману для цих двох груп матеріалів.

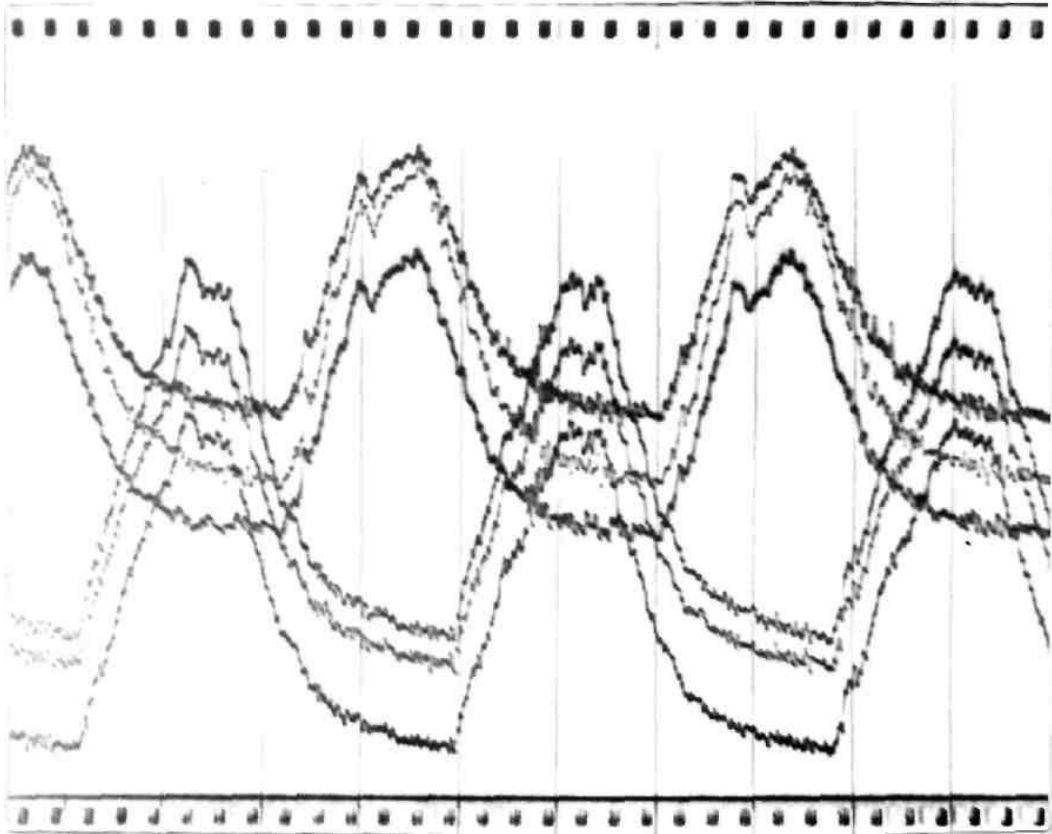


Рисунок 4.5- Вид осцилограми для крупних сипких матеріалів

Експерименти на крупно частковому фенопласті вдалося провести при коефіцієнті завантаження в 0,6. Провести експеримент при більш великих коефіцієнтах завантаження апарату не вдалося, так як пусковий момент двигуна виявився надто слабким. Ротор змішувача клинило. Це здійснюється по причині зміни напрямку сил опору на робочій елемент див. рис 4.1-3.

Можна відзначити, що момент опору повністю залежить від швидкості обертання ротора, причому ці дані різні при малих і великих коефіцієнтах завантаження апарату.

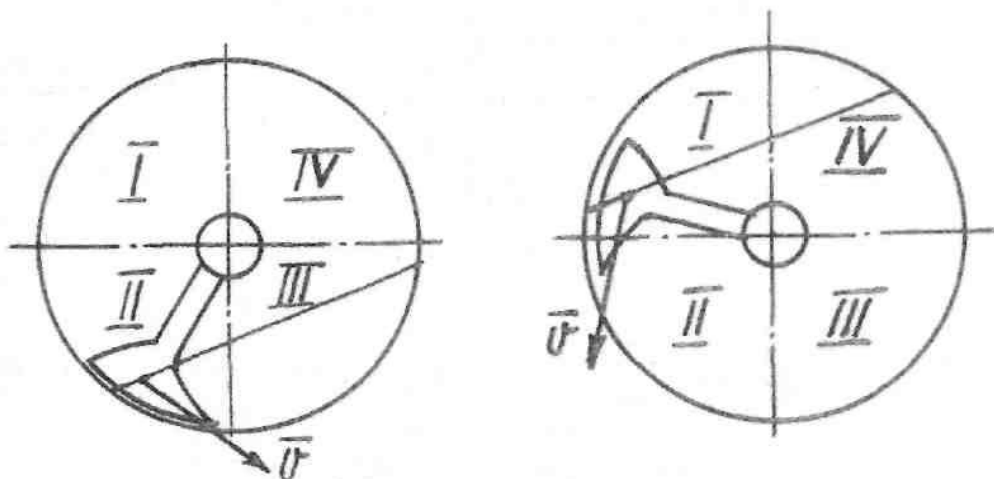


Рисунок 4.6- Входження робочого плужка в сипкий компонент при різній мірі заповнення корпусу апарату

При збільшенні даних коефіцієнтів завантаження змішувача, пуск апарату стає неможливим. Так, наприклад, завантаження більш дисперсним фенопластом змішувача ПЖ-130 можливе лише на 0,6 об'єму апарату. Але і за цих умов пусковий момент у декілька разів більший ніж стандартний момент.

Для більш дисперсних сипких матеріалів коефіцієнт завантаження горизонтального апарату для змішувача більше 0,5 є небезпечним.

#### **4.2. Опір руху робочих органів при змішенні дрібно часткових компонентів**

Для вивчення опірною руху робочих елементів в дрібно частковим матеріалі використовувалися фенопласт і каолін з розмірами часток 1-5 мк. Ці експерименти дали неочікувані результати, які підтверджують перехід дрібно часткового сипкого матеріалу при перемішуванні в новий, унікальний стан.

Під час дослідів було встановлено, що опір переміщенню робочих органів в дрібно частковому матеріалі у багато разів менше, ніж в більш

дисперсному. Осцилограма моменту опору переміщенню плуга в сипкому матеріалі практично ідентична від осцилограми при роботі холостого ходу.

При обертанні ротора не завантаженого змішувача осцилограф записує сигнал у вигляді синусоїдної лінії, яка викликана дією маси плуга. Якщо апарат завантажувався дрібно частковим фенопластом, то запис практично не відрізнявся від результатів холостого ходу. Отже завантаження змішувача до  $\eta = 0,9$  на номінальну потужність практично не впливала. Під час роботи не помічено які-небудь випадкові навантаження на робочі частки апарату під час пуску змішувача.

Якщо порівняти дані на стандартних приладах фізико-механічні властивості великочасткового і дрібно часткового фенопласту, то з точки зору жорстко-пластичного моделювання вони близькі між собою. Тому можна сказати, що закономірності зміни моменту опору для обох цих компонентів мають бути більш подібними. Дослідженнями було встановлено відмінності не лише чисельних даних моменту опору, але і самого характеру зміни цієї величини.

Отримані експериментальні дані викликають припущення для існування меж застосовності жорстко-пластичного моделювання для сипкого середовища. У наших дослідженнях ця межа визначалася розмірами сипкого середовища в 50 мк.

У змішувальному апараті при швидкому стискуванні дрібно часткових матеріалів відбувається об'ємна деформація. В першу чергу, відбувається руйнування менш цільних контактів по всьому об'ємі компоненту. Площини зрушення при цьому не утворюється, отже, і не обов'язкове руйнування міцних часток.

Для того, щоб відбувалася деформація по осі, потрібна 2 умови:

- 1) компонент має бути дрібно частковим (тоді він матиме велике значення слабких контактів);
- 2) матеріал має бути таким, що піддається деформації.

Остання умова допускається, коли дрібно частковий матеріал знаходиться в легкому стані. Якщо він злежався, а його порозність зменшилася, зрушення в нім стануться при ковзанні, при цьому опір руйнуванню збільшується.

Одним з параметрів, сприяючих зменшенню опору дрібно часткових матеріалів, є малий переріз проходів між частинками. При швидкому зростанні навантажень компоненти стискаються, тиск повітря, що знаходиться в масі, підвищується, але швидко вийти через проміжки між частинками він не може, оскільки їх опір є більшим. Так можна сказати, що завдяки стислому газу відбувається статична напруга. Коефіцієнт бічного тиску наближається в цьому випадку до 1 і сипкий компонент стає схожим за своїми властивостями на рідкий стан. Сказане можна підтвердити і тим, що при роботі плугового змішувального апарату на дрібно часткових матеріалах їх поверхня практично рівна.

### **4.3. Висновки до четвертого розділу**

Опорні сили робочих елементів залежать від гранульного складу сипкого компоненту. В великочастковому матеріалі, з розмірами часток більше 50 мкм, їх величина на порядок вище сили опору, яка виникає при роботі апарату на дрібно частковому матеріалі.

Доцільність прийнятої моделі по реальним процесам при змушуванні великочасткових матеріалів підтверджена під час експериментів.

Сили опору переміщення робочого агрегату в дрібно частковому матеріалі на порядок нижче, що пов'язане з його переходом в новий унікальний стан, для якого методи визначення фізико-механічних параметрів не передбачені.

Математична модель і експериментальні дані показали, що зі збільшенням коефіцієнта заповнення апарату великочастковим матеріалом

різко зростає момент опору руху ротора. При заповненні великочастковим матеріалом корпусу більш ніж на половину його об'єму під час пуску можливе заклинювання апарату.

Цю ситуацію обов'язково треба враховувати при розробці і експлуатації змішувачів. При дослідженні роботи стрічкових змішувальних апаратів цьому питанню приділялася велика увага. Перевищення границі завантаження веде до заклинювання робочих органів в компоненті змішувача у момент запуску. Для досліджених великочасткових матеріалів граничний коефіцієнт завантаження складає від 0,5 до 0,7 корпусу апарату.

Для дрібно часткових матеріалів, з розміром часток менш приблизно 50 мкм, опір руху в гелкому матеріалі у багато разів менше, ніж для великочасткових компонентів. Дрібночасткові матеріали поведуться в процесі змішування подібно до рідин: мають рівну горизонтальну поверхню, передають тиск рівномірно на всі сторони, опір руху не залежить від глибини занурення в сипкий компонент. Значний опір дрібно часткових матеріалів може виникнути у момент запуску апарату, коли робочі органи деформують матеріал, який залежався.

## **5 Розробка типорозмірного ряду змішувальних апаратів з горизонтальним корпусом**

За результатом роботи Міністерства хімічного устаткування встановлено, що змішувачі з горизонтальним корпусом, стрічкові і плужні є найбільш ефективними конструкціями даних апаратів. Номінальні обсяги змішувачів прийнято вибирати виходячи зі стандартного ряду обсягів хімічних машин. Робочі об'єми заповнення призначаються для кожного технологічного процесу, виходячи з механічних параметрів компонентів. Мають значення насипна маса, коефіцієнт внутрішнього тертя, розмір компонентних часток та інше.

Для стрічкових і плужних змішувальних апаратів конструкції Сєверодонецького НДІХММАШ рекомендований коефіцієнт заповнення корпусу в 0,6. Для проектувального ряду приймаємо коефіцієнт заповнення в половину корпусу. Це призведе до збільшення надійності роботи змішувальних апаратів. Це є прикладом застосування більших обсягів заповнення, але для цього треба мати впевненість.

Слід відмітити, що існує ідея зміни стандартного ряду змішувачів. Пропонується замість стрічкових та плужних перейти на випуск змішувачів с горизонтальним корпусом (СК). Ці змішувачі показали більш високу ефективність в змішуванні сипких матеріалів. На підставі аналізу заказів стрічкових змішувачів для сипких матеріалів пропонується розробка наступного ряду змішувачів з горизонтальним корпусом:

Таблиця 5.1.

Номинальний обсяг корпусу змішувача $V_M$ , $M^3$	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, який призначений для більш інтенсивного процесу змішування, руйнування часток.

Таблиця 5.2.

Параметри типорозмірного ряду змішувачів горизонтальних (СГ)

Номинальний об'єм корп., $V_M$ , $M^3$	Рекомендований об'єм суміші, $V_S$ , $M^3$	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.	шнек	рот.	шнек		
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 композиції

1	Корозійностійке (12Х18Н10Т)
2	Некорозійностійке (Ст 3)
3	Вибухозахищене
4	Невибухозахищене
5	Періодичної дії
6	Безперервної дії ( $V_{ж}$ : 1,0; 3,2; 10; 32)
7	Приводи з регульованою частотою обертання ротора
8	Приводи з нерегульованою частотою обертання ротора
9	Приводи з регульованою частотою обертання шнека
10	Приводи з нерегульованою частотою обертання шнека
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 композиції змішувачів в залежності від вимог замовника.

Приклад позначення змішувача горизонтального з номінальним об'ємом апарату в 3,2 м<sup>3</sup>, з корпусом і ротором зі сталі 12Х18Н10Т, не вибухозахищена композиція, періодичної дії, з нерегульованою частотою обертання ротора і шнека, з розвантаженням через клапанний затвор:

СГ-3,2-1/4/5/8/10/13



## **6 Економічна оцінка ефективності випуску змішувачів**

Собівартість продукції - один з важливих показників ефективності будь-якого виробництва, що дозволяє здійснювати моніторинг витрат і оцінювати результати виробничої діяльності типового підприємства. Собівартість формується за врахування виробництва на підприємстві і відображає індивідуальні фінансові і ресурсні витрати і умови виробництва, конкретні результати праці даного підприємства.

Зниження собівартості продукту має велике значення, так як є одним з вирішальних компонентів збільшення фінансових цілей розширення виробництва і підвищення робочих умов персоналу. Звідси впливає значущість ролі, яка належить бухгалтерському обліку і підрахунку собівартості продукції в процесі управління типовим підприємством. Здійснення економії коштів передбачає підприємницьким колом обґрунтованого, повного, чесного і своєчасного обліку виробничих сил.

Загальні правила формування в бухгалтерському обліку інформації про витрати виробництва та її розкриття у фінансовій звітності встановлено в конкретній нормі.

Методичні рекомендації з формування собівартості продукції в різних галузях життя визначають безпосередньо через порядок підрахунку собівартості продукції. У них враховані галузеві особливі включення витрат до складу ціни на продукцію, яка обумовлена технологічним процесом виробництва конкретної сфері.

На підставі методичного документа з формування собівартості товару робиться розрахунок собівартості змішувального апарату.

Під виробничою собівартістю продукції розуміють виражені в грошовій формі поточні фінансові затрати на підприємстві на її виробництво.

Стандартна собівартість є прогностичним значенням граничної величини витрат на виробництво окремих видів продукції, розрахованої на основі методичних норм і економічних нормативів на кварталний період.

Стандартна вартість однієї одиниці визначається величиною витрат на виробу в розрізі встановлених на підприємстві розходів, за чинною поточної нормам, нормативи і кошторису.

Звітна собівартість визначається на основі даних обліку після закінчення звітного періоду і являє поточну інформацію про витрати на виробництво продукції, робіт та послуг. Вона служить основою для економічного аналізу, прогнозування, планування і прийняття на короткострокову та довгострокову перспективу по виготовленню продукції.

Під калькуляційним значенням собівартості продукції розуміється сукупність всіх способів, що забезпечують обчислення собівартості виробленої продукції, виконаних робіт або наданих послуг.

Калькуляція - це спосіб розрахунку ціни за одиницю продукції. За допомогою калькуляції визначається собівартість різних об'єктів обліку.

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

№ п/п	Статья затрат	ЕИ	Стоимость, грн
1	<b>Материалы основные, в том числе покупные изделия</b>	прямые затраты	
	Лист 12X18Н10Т		132000
	Лист Ст3		6600
	Электроды для 12X18Н10Т		29962
	Электроды для Ст3		1498
	Мотор-редуктор ЗМП-100-7,1-3		60000
	Мотор-редуктор МПО1М-10-В-5,74-3/250-АИР1008-У3		19125
	Электродвигатель АИР1008-У3	3112	
	Электродвигатель АИР10084	3112	
	Система управления (шкаф, пускатели итд)		6224
<b>Итого</b>		<b>255409</b>	
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 норма-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	<b>339725</b>
11	Внепроизводственные расходы	15 % от п. 10	50958,77
12	Итого производственная себестоимость	п. 10 + п. 11	<b>390684</b>
13	Плановые накопления	10 % от п. 12	39068
14	Оптовая цена	п. 12 + п. 13 + НДС 18 %	<b>507108</b>

Ціни на матеріали взяті із Українського ринку і Інтернету.

## **7 Техніка безпеки при роботі в лабораторії**

До роботи з електричними приладами можуть бути допущені такі особи, які пройшли інструктаж, навчання і перевірку необхідних знань по питаннях охорони праці і які мають групу по електробезпеці не нижче 2.

Студенти, що беруть участь в НІРС, допускаються до виконання робіт в присутності і під керівництвом такого викладача, який є ведучим НДРС.

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

Спецодяг і інші засоби індивідуального захисту повинні бути в спеціально відведеному місці. Забороняється заходити в лабораторію у верхньому одязі і класти одяг на випробувальні установки, прилади і апарати.

При роботі в лабораторії необхідно дотримуватися чистоти і порядку.

Забороняється приймати їжу при роботі в лабораторії.

У лабораторії має бути аптечка для надання першої допомоги при нещасних випадках.

Для гасіння можливих займань і пожеж лабораторія має бути оснащена необхідним вогнегасником або ящиком з піском)

### **7.1. Вимоги безпеки перед початком роботи**

Перед початком роботи мають бути перевірені з'єднання з контуром захисного заземлення, справність електричних приладів, інструменту, автоматичних вмикачів, розеток, вилок, освітлення, а також наявність засобів гасіння пожежі.

Перед початком роботи треба перевірити те, 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 неізольованими оголені проводи, перевантажувати електромережу, користуватися розбитими вилками, розетками і вимикачами.

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

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

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

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

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

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

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

### **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 те, 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 міри безпеки:

- Роботи виконувати тільки в присутствії власного керівника проекту;
- Не проводити проби матеріалу під час роботи змішувача;
- Якщо виникла потреба очистки стінок, або інше, що потребує дій в корпусі змішувальної установи в момент роботи приводу, це слід робити за допомогою тонкої дерев'яної палички, наприклад, дерев'яної лінійки;
- Очистку корпусу апарату слід робити тільки після відключення напруги на привод змішувача.

## 8 Висновки та рекомендації

Приведений експериментальний огляд конструкцій змішувачів сипких і пастоподібних компонентів.

Досліджені процеси змішування сипких матеріалів в стрічковому змішувачі.

Досліджені енергетичні витрати в стрічковому змішувальному апараті.

Запропонована ефективна конструкція змішувача з горизонтальним корпусом.

Розроблена стандартний типорозмірний ряд змішувачів з горизонтальним корпусом.

Зроблена оцінка економічної ефективності випуску стрічкового змішувача номінальним об'ємом 3,2 м<sup>3</sup> економічний ефект складає 119 тис.грн.

Запропоновані ідеї, які підвищують економічний ефект від випуску змішувачів: зниження металоємності, збільшення ефективності та надійності конструкційної складової.

Для використання ідеї для серійного випуску змішувачів рекомендована конструкція стрічкового змішувача з вертикальними шнеками.

**Перелік джерел посилання:**

1. Модестов В.Б. Смесители сыпучих и пастообразных материалов /Монография. — Луганськ, СПД Резніков В.С., 2011. — 352 с.
2. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов. – М.: Высш.шк., 1973, 216 с.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. Пособие для вузов. — 8-е изд., стер. —М.: Высш. шк., 2002, 479 с.: ил.
4. Модестов В.Б. Разработка методики расчёта плужных смесителей для сыпучих материалов. Диссертация на соискание учёной степени канд. техн. наук. М.: МИХМ, 1984.
5. Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) в промисловості», затверджені наказом Мінпромполітики України від 09.07.2007 р № 373
6. РД РТМ 26-01-129-60 Машины для переработки сыпучих материалов. Метод выбора оптимального типа питателей, смесителей и измельчителей. - Северодонецкий филиал НИИХИМШМАШ, 1980, 95
7. Смесители для сыпучих и пастообразных материалов. Каталог. М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ. 1985. 78 с.
8. Модестов В. Б. Смесители сыпучих и пастообразных материалов /Монография. — Луганськ, СПД Резніков В.С., 2011. — 350 с.
9. Смесители для сыпучих и пастообразных материалов. Каталог. М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ. 1986. 77-80 с.
10. РД РТМ 26-01-129 - 80 «Машины для переработки сыпучих материалов. Метод выбора оптимального типа питателей, смесителей и измельчителей».

**11.** Теория смешивания / URL:

<https://chem21.info/page/068225141218104226117021080148006159110233133186/> [дата звернення: 05.02.2019](#)).

**12.** Смесители сыпучих материалов / URL:

[https://studme.org/143313/tehnika/smesiteli\\_syuchih\\_materialov/](https://studme.org/143313/tehnika/smesiteli_syuchih_materialov/) [\(дата звернення: 05.02.2019\)](#)).

**13.** Двуроторные смесители/URL:

[https://studme.org/143316/tehnika/dvuhrotornye\\_smesiteli/](https://studme.org/143316/tehnika/dvuhrotornye_smesiteli/) [\(дата звернення: 10.02.2019\)](#)).

**14.** Смесители с перемешивающими устройствами/ URL:

[https://studme.org/143314/tehnika/smesiteli\\_peremeshivayuschimi\\_ustroystvami/](https://studme.org/143314/tehnika/smesiteli_peremeshivayuschimi_ustroystvami/) [\(дата звернення 10.02.2019 \)](#)).

**15.** Смесители пастообразных материалов/ URL:

[https://studme.org/143317/tehnika/dvuhrotornye\\_smesiteli\\_zakrytogo\\_tipa/](https://studme.org/143317/tehnika/dvuhrotornye_smesiteli_zakrytogo_tipa/) [\(дата звернення 10.02.2019 \)](#)).

## Додатки

Додаток 1. Конструкція змішувача з горизонтальним корпусом

