

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

УДК 66.045

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри МОПП,  
д. т. н, доцент  
\_\_\_\_\_ Архипов О.Г.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до магістерської роботи на тему

Дослідження енергетичних витрат в процесі змішування сипких  
матеріалів в апаратах з вертикальним ротором

Науковий керівник \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Модестов В.Б.

Студент групи \_\_\_\_\_ ОХП-16 дм \_\_\_\_\_

Севєродонецьк 2018

## **Реферат**

Сомов М.Є. Дослідження процесу змішування сипких матеріалів в апаратах з вертикальним ротором. Дипломна робота магістра. СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім В. Даля. 2018 – 74 с., 23 ілюстрації, 11 таблиць, 18 бібл. назв.

Виконано літературне дослідження змішення сипких матеріалів. Приведені розповсюджені конструкції змішувачів, які використовуються в різних галузях промисловості. Приведені результати наукових досліджень, проведених в Сєверодонецькому НДІХІММАШ. Приведені методика та результати наукових досліджень в лабораторії СНУ ім. Даля.

Проведено зрівняння ефективності деяких конструкцій змішувачів з вертикальним ротором. Виконано дослідження енергетичних витрат шнеком що занурений в сипкий матеріал.

**Ключові слова:** СИПКІ МАТЕРІАЛИ, ЗМІШУВАЧІ, ВЕРТИКАЛЬНИЙ РОТОР, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

## Зміст пояснювальної записки магістерської роботи

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

Виконавець роботи: Сомов М.Є.

Перелік умовних позначень	5
Вступ	6
1. Аналітичний огляд	7
1.1. Стрічкові	9
1.2. V-подібні	11
1.3. Плужні	13
1.4. Планетарно-шнекові	15
1.5. Відцентрові	24
1.6. Двороторні	26
1.7. Двохроторні з Z-подібними лопатями	28
1.8. Двороторні з Z-подібними лопатями і розвантажувальним шнеком	30
1.9. Барабанні	31
1.10. Барабанний «П'яна бочка»	33
1.11. Турбінні змішувачі	35
2. Мета та задачі досліджень	36
3. Експериментальне дослідження енергетичних витрат в апаратах з вертикальним ротором	37
3.1. Дослідження енергетичних витрат в планетарно-шнекових змішувачах	42
4. Дослідження процесу змішування сипких матеріалів в змішувачах з вертикальним ротором	44
4.1. Розрахунок параметрів шнеку	47
4.2. Приклад обробки експериментальних даних вибірки	49
4.3. Результати вивчення розподілу компонентів	53

5.	Розробка типорозмірного ряду планетарно-шнекових змішувачів	60
6.	Економічна оцінка ефективності випуску планетарно-шнекових змішувачів	62
7.	Техніка безпеки при роботі в лабораторії	66
7.1.	Вимоги безпеки перед початком роботи	67
7.2.	Вимоги безпеки під час виконання робіт	67
7.3.	Вимоги безпеки після закінчення робіт	69
7.4.	Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	69
7.5.	Вимоги безпеки при роботі на змішувачах	71
8.	Висновки та рекомендації	72
	Література	73

## Перелік умовних позначень

$N$  – потужність, Вт;

$n$  – частота обертання, об/хв.;

$i$  – кількість проб;

$x_{ikJ}$  – концентрація ключового компонента в  $i$  - й пробі  $kJ$  -ї групи;

$\bar{x}_{kJ}$  – середня концентрація ключового компонента в  $kJ$ -ій групі;

$\rho_n$  – насипна маса сипучого матеріалу;

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

$h$  – глибина занурення в сипучий матеріал, м;

$\mu$  – коефіцієнт бокового тиску;

$\varphi$  – кут зовнішнього тертя сипучого матеріалу об поверхню витка шнека, град;

$D_{ш}$  – зовнішній діаметр витків шнека, 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,  $\left[ \frac{рад}{c} \right]$ ;

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

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

## Вступ

Темою дипломної роботи є вивчення змішувачів сипких матеріалів з вертикальним ротором та дослідження процесу змішування. Змішувачі сипких матеріалів мають різноманітні конструкції. Значну частину широко розповсюджених змішувачів становлять машини з вертикальним ротором. Вони є широко розповсюдженими.

В даній роботі приведені результати досліджень процесу змішування а також енергетичних витрат в планетарно-шнекових змішувачах проведених в учбової лабораторії кафедри МОПП СНУ ім. Володимира Даля.

Мета цієї роботи є узагальнення досвіду, отриманого в процесі експлуатації планетарно-шнекових змішувачів на підприємствах, та в процесі досліджень. Виготовлення змішувачів доступно більшості машинобудівних заводів, тому ці конструкції необхідно випускати на вітчизняних машинобудівних підприємствах.

## 1. Аналітичний огляд

Процеси змішування сипких та пастоподібних матеріалів один від одного відрізняються, але при деяких дослідах цим нехтують.

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

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

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

-

тан повної сегрегації - в суміші можна виділити два окремих скупчення

-

тан часткового змішування

-

деальний безлад

-

тан часткового упорядкування

-

ідеальне змішання - упорядкований стан, що характеризується відповідним розподілом окремих елементів

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

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

Конструкції, котрі використовуються на сучасному виробництві:

- Стрічкові
  - V-подібні
  - Плужні;
  - Планетарно-шнекові;
  - Відцентрові;
  - Двоторні;
  - з Z-подібними лопатями;
  - з Z-подібними лопатями і розвантажувальним шнеком;
- змішувач;
- Барабанні;
  - Барабанні типу «П'яна бочка»;
  - Турбінні;

Детальніший опис приведено нижче.

Вибір конструкції залежить від наступних умов:

- фізико-механічних характеристик матеріалів (стану матеріалу);



- об'єму виробництва (кількість змішування сировини);
- періодичності (безперервний або періодичний процес);
- та інше.

## 1.1.Стрічкові

Стрічкові змішувачі напевно, найпоширеніші серед конструкцій змішувачів для сипучих матеріалів. Їх дослідження проводилося в лабораторії відділу змішувального обладнання С.Ф. НДІХІММАШ. Ці машини випускають багато фірм, наприклад, "Drais", Німеччина. Випускаються типорозмірні ряди цих змішувачів, що мають традиційну конструкцію: коритоподібний корпус, горизонтальний ротор з зовнішніми стрічками, що транспортують матеріал до центру корпусу і внутрішні стрічки, що транспортують матеріал від центру по краям. Якби не було внутрішньої стрічки, то рівень сипучого матеріалу був би в центрі набагато вище, ніж на кінцях корпусу. Відомі стрічкові змішувачі мають робочий об'єм до 20 .

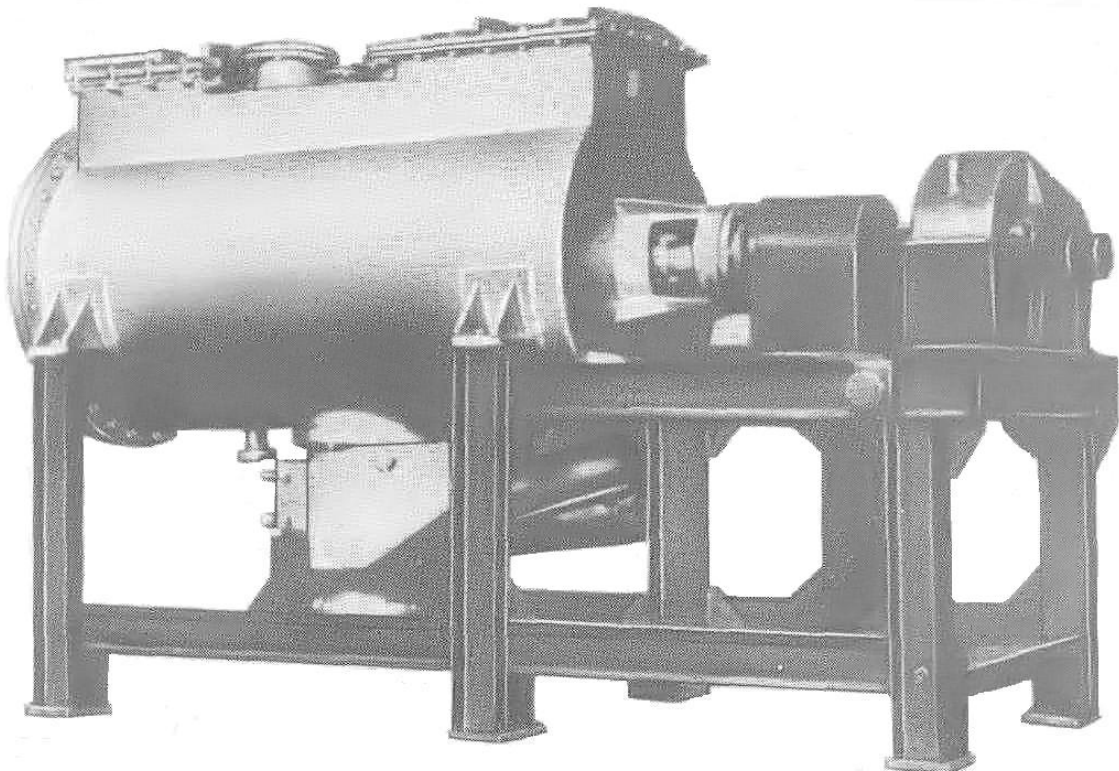


Рис. 1.1-1. Стрічковий змішувач

Для корпусу і ротора використовують: вуглецеві сталі, корозійностійкі сталі, титанові сплави. Вони прості і надійні. Крім традиційної конструкції випускаються змішувачі безперервної дії, з диспергуючими головками, з приводом, що мають гідравлічну муфту, що служить для запобігання трансмісії від перевантажень, багатошвидкісні приводи - висока швидкість застосовується при змішуванні, низька для запобігання залежування матеріалу при зберіганні та інше. Є конструкція з висунутим ротором з корпусу змішувача в осьовому напрямку, це зроблено для зручності ручного очищення корпусу і ротора.

Стрічкові змішувачі принципово не відрізняються від плужних, обидві конструкції мають горизонтальний циліндричний корпус і ротор який обертається. У С.Ф. НДІХІММАШ проведено докладне дослідження плужних змішувачів в результаті якого виникла ідея уніфікації плужних і стрічкових змішувачів. Для обґрунтування цього технічного заходу була проведена НДР з видачі рекомендацій для розробки уніфікованого ряду плужних і стрічкових змішувачів.

У цій роботі були досліджені процеси змішання і витрати енергії в лабораторних змішувачах. Виготовлена модель змішувача, що дозволяє змінювати: ширину стрічок, кут атаки стрічок, співвідношення довжини корпусу до його діаметру, швидкість обертання ротора, конструкцію і швидкість обертання диспергируючих головок.

Дослідження проводилися на двох сумішах: крупнодисперсного піску з металевими тирсою і дрібнодисперсного каоліну з біхроматом калію. За результатами роботи були зроблені наступні висновки.

1). Швидкість змішування компонентів лімітується швидкістю розподілу компонентів в осьовому напрямку. Іншими словами - розподіл компонентів найбільш повільно відбувається в осьовому напрямку. Спроби збільшити швидкість розподілу компонентів шляхом збільшення площі стрічок або підбору оптимального кута їх атаки значного ефекту не дали.

2). Збільшити швидкість розподілу компонентів в осьовому напрямку вдалося шляхом установки додаткового вертикального ротора, що виходить

на поверхню сипучого матеріалу. Цей ротор, що обертається з великою швидкістю, розкидав сипучий матеріал з вільної поверхні. Продуктивність такого змішувача на порядок вище, ніж у стрічкового, а питомі енерговитрати в кілька разів нижче.

## **1.2. V-подібні**

V-подібний змішувач застосовується для швидкого і якісного змішування сухих, сипучих, гранульованих матеріалів і компонентів.

Змішувачі такого типу особливо ефективні для перемішування багатокомпонентних сумішей, в складі яких компоненти різко відрізняються обсягами і фізико-механічними властивостями (густиною, сипучістю, розміром і формою частинок).

V-подібний змішувач призначений для використання на підприємствах хімічної, фармацевтичної, харчової, сільськогосподарської та металургійної промисловості.

### **Принцип роботи:**

Завантаження компонентів в змішувач виконується через завантажувальні люки, які герметично закриваються кришками. Робоча ємність має складну асиметричну форму, забезпечуючи тривимірне рух частинок матеріалу. При обертанні змішувача матеріали, при м'яких умовах руху, перемішуються по складним взаємоперетинаючихся траєкторіях і, в міру пересипання під дією сил тяжіння, перемішуються між собою. Такий процес виключає негативну дію відцентрових сил і здійснює якісне перемішування при мінімальній витраті енергії і часу.

### **Конструкція:**

Змішувач являє собою V-образну місткість, встановлену на станині і забезпечену приводом обертання (мотор-редуктором). Ємність V-змішувача має герметичні вузли завантаження та вивантаження. Ємність змішувача виконана з харчової нержавіючої сталі марки AISI 304 або AISI 316. Також

змішувач обладнаний системою позиціонування, яка дозволяє зупинити V-образну місткість в положення «завантаження-вивантаження» (вивантажним краном суворо вниз). Щит управління обладнаний таймером роботи, кнопкою аварійної зупинки і системою захисту управління двигуна.



Рис. 1.2-1. V-подібний змішувач

### **Переваги:**

- однорідність змішування компонентів може досягати 99%.
- мінімальний час циклу змішування.
- дозволяє змішувати матеріали з тендітною структурою.

Унікальна модульна конструкція змішувача дозволила істотно спростити монтаж обладнання, а також збільшити простір для обслуговування змішувача.

### **1.3. Плужні**

Плужні змішувачі (плужкові змішувачі) призначені для змішування зволожених, сильно налипаючих та скомкуючихся сипучих матеріалів.

Плужний змішувач (мал. 1.3-1.) придатний для змішування невеликих кількостей рідини в тверду суміш. У деяких пристроях цього типу, крім порівняно швидкого обертального руху плугів, повільно обертається в зворотному напрямку корпус машини.

Останні конструкції плужних змішувачів передбачають комбінацію в спарений агрегат з обігрівано верхнього і охолоджуємо нижнього змішувачів. Обігрівуючий змішувач іноді постачають швидкісною (3500 об / хв) фрезою з незалежним приводом. Фреза являє собою увігнутий диск з ріжучими планками на периферії. Фрезу встановлюють під деяким кутом до вертикальної осі в нижній частині корпусу. Для змішувачів великих ємностей по довжині змішувача встановлюють кілька таких пристроїв.

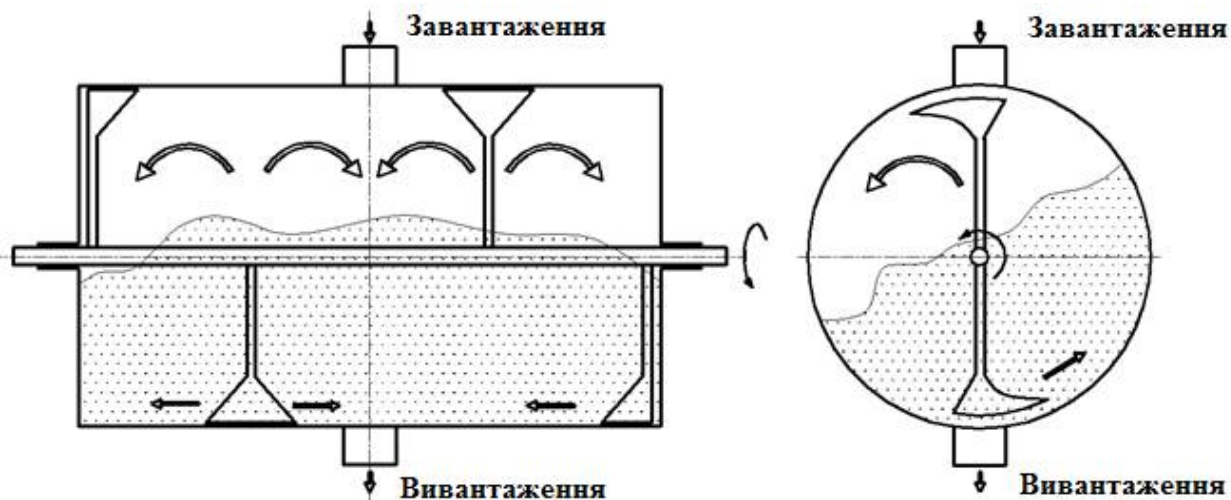


Рис. 1.3-1. Плужний змішувач

У деяких варіантах плужних змішувачів корпус може обертатися в напрямку, протилежному напрямку обертання валу.

Для прискорення процесу перемішування використовують плужний змішувач, який встановлюється на тяговій рамі автогрейдера замість поворотного круга. Змішувач піднімають і опускають механізмами автогрейдера, які керують відвалом.

Обладнання, яке використовується в порошкової технології: гранулятор, плужний змішувач з фрезерним ріжучо-диспергируючим пристроєм, черв'ячний змішувач, - є набагато менш енергоємними, вимагають менших капітальних витрат на придбання і монтаж в порівнянні з важким традиційним змішувальним обладнанням.

Плужний змішувач типу ПШ-630. При обертанні приводного валу змішуються компоненти переміщуються плужками по складній траєкторії: від стінок до осі корпусу. Маса матеріалу рухається від одного плужка до іншого, змінюючи траєкторію руху. В результаті цих переміщень відбувається процес змішування завантажених в корпус компонентів суміші. Лінійна швидкість плужка 12 м / с. Досить точні формули для розрахунку споживаної плужовими змішувачами енергії відсутні.

Технологія перемішування суміші плужним змішувачем наступна. Валик матеріалу, покладений по осі дороги, розрівнюють в призму проходом автогрейдера з піднесеним змішувачем. Після розливу в'язучих проводиться перемішування. При цьому автогрейдер рухається по осі виставленого валика, а змішувач врізається в нього, розвалюючи матеріал по обидва боки переднього відвалу до бічних. Бічні відвали приймають потік матеріалу і за рахунок кутового розташування зрушують його знову до середини, утворюючи первинну призму. За рахунок таких зустрічних потоків і переміщень матеріал інтенсивно перемішується. Плужні змішувачі дозволяють підвищити продуктивність машини в два рази і поліпшити якість матеріалу.

#### **1.4. Планетарно-шнекові**

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

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

Таким чином, забезпечується циркуляція всього обсягу матеріалу всередині робочої ємності. Готова суміш інтенсивно вивантажується через розвантажувальний пристрій при працюючому шнеку.

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



Планетарно-шнековий змішувач працює наступним чином. Підлягає змішуванню матеріал завантажують через верхній штуцер в кришці. При планетарному обертанні шнека змішувальний матеріал піднімається витками шнека близько стінок конічного корпусу. Потім матеріал рухається до осі корпусу, де утворюється спадний потік матеріалу. У вузькій частині корпусу матеріал знову захоплюється витками шнека і транспортується вгору уздовж стінок корпусу. Рух сипучого матеріалу вгору в окремих обсягах близько стінки корпусу - переривчасте воно відбувається тільки в моменти проходження через ці обсяги шнека. Після завершення процесу змішування пневмоциліндром відкривається клапан, що знаходиться всередині коробки. Сипкий матеріал починає витікати через отвір в коробку, а з неї - в приймальний пристрій для зберігання готової суміші. Випуск суміші виробляють при обертівому шнеку.

Галузевим стандартом ОСТ 26-01-73-78 передбачено кілька типорозмірів планетарно-шнекових змішувачів типу ПШ з робочим об'ємом 0,04 0,1 0,25 0,63 1,0 1,6 2,5 3,2 4,0 6,3 10,0 16,0

У циркуляційних змішувачах відбувається замкнута циркуляція матеріалу по внутр. Обсягом. У планетарно-шнекових змішувачах циркуляція змішуваного матеріалу здійснюється шнеком, що обертається навколо власної. осі і осі апарату робочий об'єм 1-20 м.

Назва зсувний змішувач вказує на те, що компоненти суміші змішуються один з одним за рахунок переміщень (деформацій) зсуву, що викликаються змішувальним інструментом. Окружні швидкості при цьому лежать на рівні 1 м / с і, таким чином, настільки низькі, що змішувальний матеріал не піддається руйнівному впливу і виключаються додаткові ефекти подрібнення. Робоча швидкість обертання в цьому випадку завжди нижче критичної. При цьому під критичною розуміють швидкість, при якій частинки змішуваного матеріалу отримують від змішувача інструменту настільки велике прискорення, що описують кругову траєкторію. До зсувними відносяться стрічкові шнекові змішувачі періодичної та

безперервної дії, і планетарні шнекові змішувачі періодичної дії. Планетарно-шнекові змішувачі. Вітчизняною промисловістю випускаються шість типорозмірів таких змішувачів з робочим об'ємом камери змішувача 0,63 1,6 3,2 6,3 10 і 16 м .

Із зарубіжних конструкцій планетарно-шнекових змішувачів найбільш поширений змішувач типу Наута (Голандія), що випускається в трьох модифікаціях з нижнім (модель М), верхнім (модель АП) і роздільним (модель Мах) приводом планетарного обертання шнека.

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

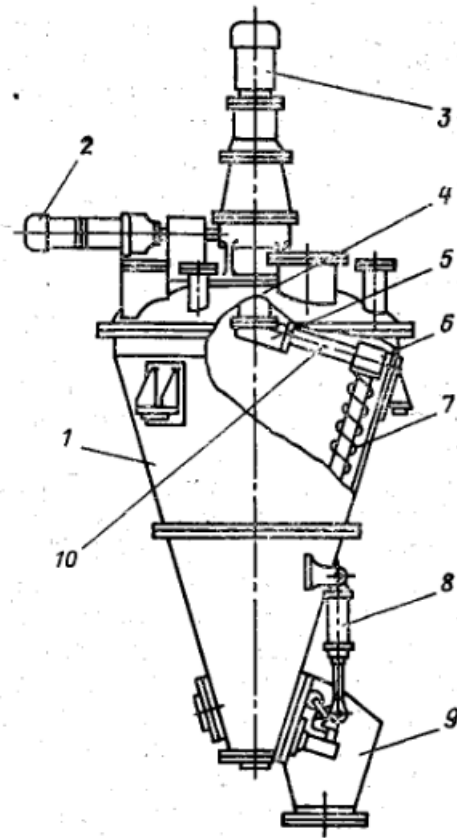


Рис. 1.4-1. Планетарно-шнековий змішувач

### **Змішувач ПШ-1**

Для прикладу розглянемо конструкцію змішувача ПШ-1 (мал. 1.4-2.) .  
Призначений для змішування та усереднення партій сипких матеріалів розміром не більше 5 мм, насипною щільністю не більше 1300 кг / м<sup>3</sup>.

Змішувач ПШ-1 являє собою змішувальну камеру конічної форми.  
У середині камери уздовж твірного конуса консольне встановлений шнек, який верхнім кінцем за допомогою муфти з'єднаний з валом водила (мал. 1.3.2.).

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

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

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

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

Кліматичне виконання змішувача - УЗ по ГОСТ 15150-69.

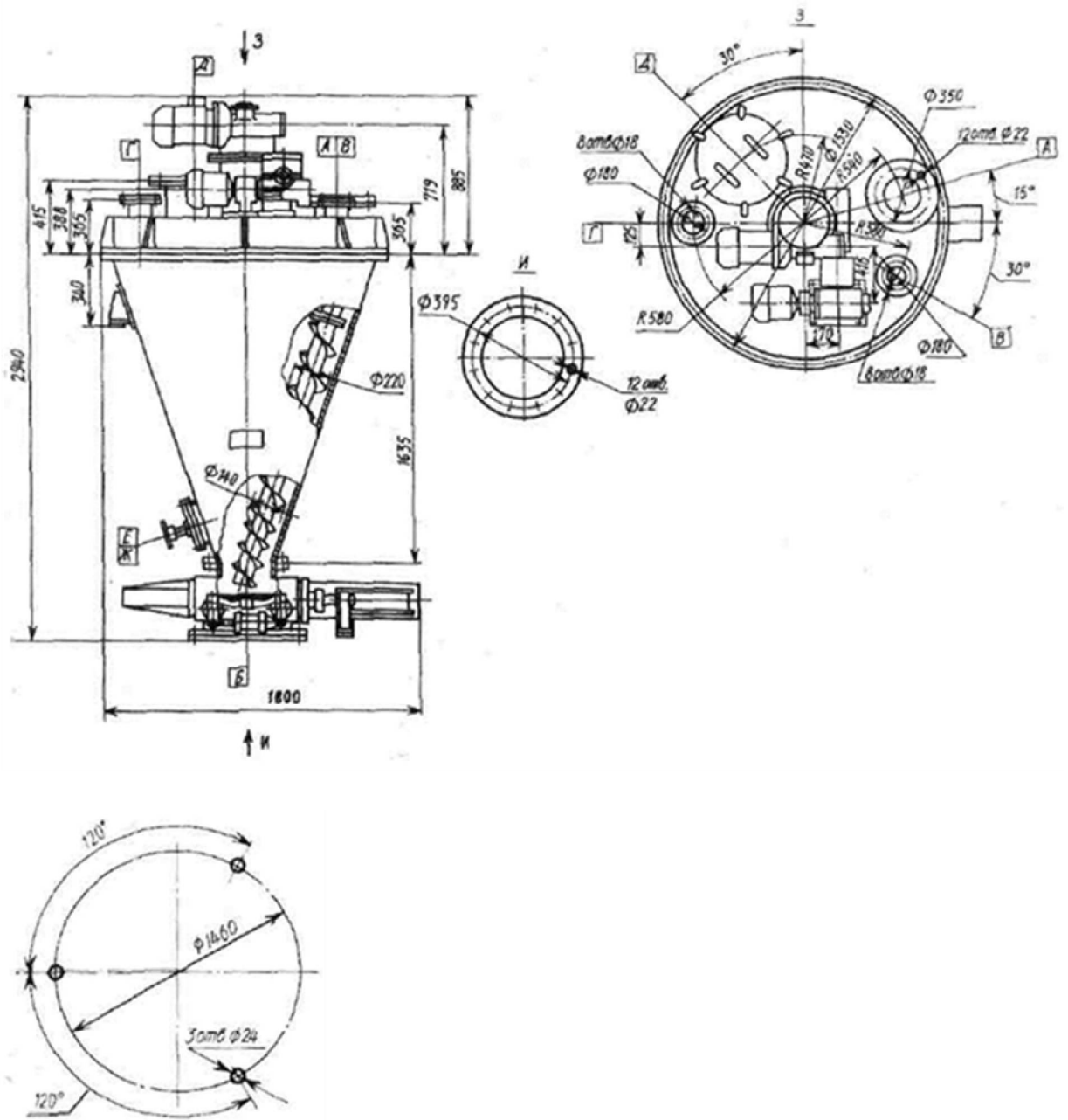


Схема розташування отворів

під фундаментні болти і регулювальні гвинти

Рис. 1.4-2. Змішувач ППШ-1

Таблиця штуцерів

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

Технічна характеристика:

Обсяг змішувальної камери, м<sup>3</sup>:

номінальний 1

робочий 0,63

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

Робочий тиск, МПа, не більше:

в камері змішувача 0,002

в пневмосистемі 0,4 - 1

Робоча температура в змішувальній

камері, ° С. від 0 до +45

Тип електродвигуна:

приводу шнека АІМ90L4

приводу водила В71В4

Потужність електродвигуна, кВт:

приводу шнека 2,2

приводу водила 0,75

Частота обертання, об / хв:

шнека 120

води́ла 3,663

Габаритні розміри, мм 1800x1530x2940

Маса без автоматики, кг, не більше:

загальна:

для виконання 14У-01 1100

для виконання 14К-02 1070

для виконання 14К-03 1060

в тому числі корозійностійкої сталі 610

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



## 1.5. Відцентрові

Відцентрові змішувачі дуже складні за своєю конструкцією, та мають достатньо малу степінь змішування.

Відцентровий змішувач сипучих матеріалів (Мал. 15-1.) містить нерухомий корпус 1, дозатори 2. У внутрішньому обсязі корпусу встановлена привідна розпилювальна насадка 3, що складається з співвісних камер. Кожна співвісна камера забезпечена радіальними каналами, 4 і 5. У центральній частині корпусу 1 розміщено приймальний пристрій 7, що складається з набору конгруентних напрямних елементів 8. Під приймальний пристрій розміщено пристрій вивантаження 9.

Відцентровий змішувач сипучих матеріалів працює наступним чином.

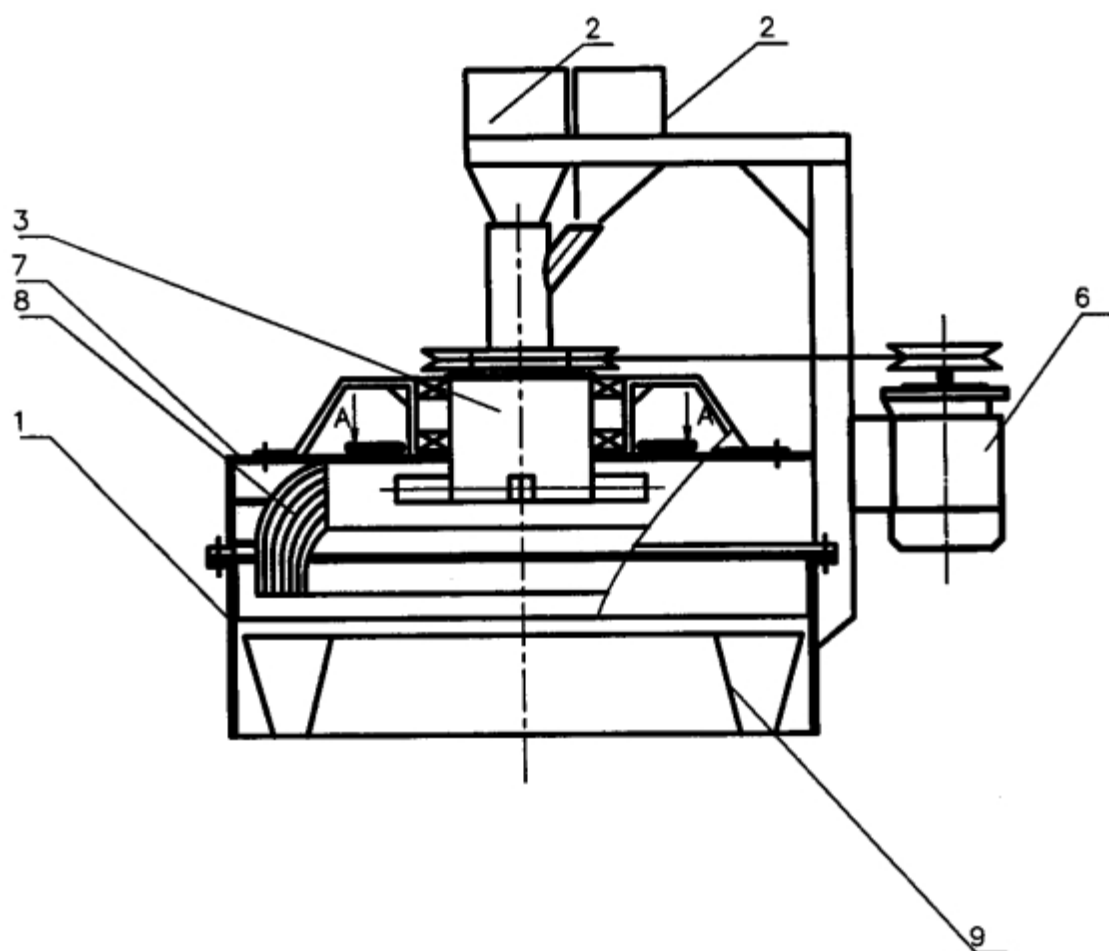
Підлягають змішання сипучі компоненти надходять з дозаторів 2 в співвісні камери розпилювальної насадки 3. При обертанні насадки під дією відцентрових сил змішуються матеріали надходять в радіальні канали 4 і 5, рухаються по ним і розпорошуються. Така організація руху забезпечує роздільне розпорошення змішуються матеріалів.

Завдяки тому, що радіальні канали мають в перетині прямокутну форму і розділені вертикальною перегородкою, одержувані на виході дисперсні потоки мають однакову ширину і близькі кути розкриття, що необхідно для отримання однорідної суміші.

При русі за насадкою в розріджених потоках відбувається проникнення потоку частинок одного з матеріалів в інший. На деякій відстані від насадки матиме місце повне перекриття потоків. У цій зоні спостерігається практично однакове співвідношення концентрацій частинок змішуються матеріалів по перетину потоків. Далі зі збільшенням відстані від насадки повне перекриття порушується.

В області повного перекриття потоків встановлено приймальний пристрій 7, що забезпечує відбір суміші і її переміщення без поділу в

пристрій вивантаження 9. Принцип дії приймального пристрою заснований на безударному послойному відборі сформованої суміші і роздільному переміщенні відібраних порцій в пристрій вивантаження.



Фиг.1

Рис. 1.5-1. Відцентровий лопатевий змішувач

## 1.6. Двороторні

Двороторний змішувач широко застосовується в хімічному, біологічному та будівельному виробництві. Він може змішувати порошок, гранулі і волокно.

### **Змішувач з подвійним валом WZL фірми «SHENGLI»**

Особливості продукту:

З найпотужнішим двигуном матеріал можна змішувати рівномірно в найкоротші терміни. Він особливо гарний при змішуванні матеріалу з великою різницею в гравітації, розміром осередків, текучістю.

Принцип роботи:

лопатевої змішувач з подвійним валом є періодичний змішувач з двома обертаючимися валами один проти одного, які оснащені десятьма лопатями, вони накладаються один на одного, лопаті створюють відцентрову силу під час високошвидкісного обертання, проливаючи матеріал на верхню частину в бочку, потім падає матеріал (вершина матеріалу знаходиться в так званому миттєвому негравітаційному стані). Рухомими лезами матеріал переміщається вперед і назад;

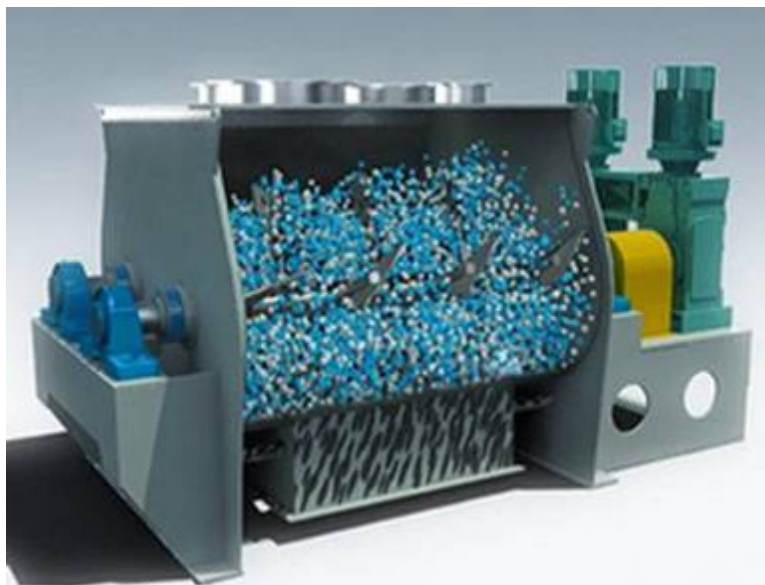


Рис. 1.6-1. Двороторний змішувач фірми Shengli

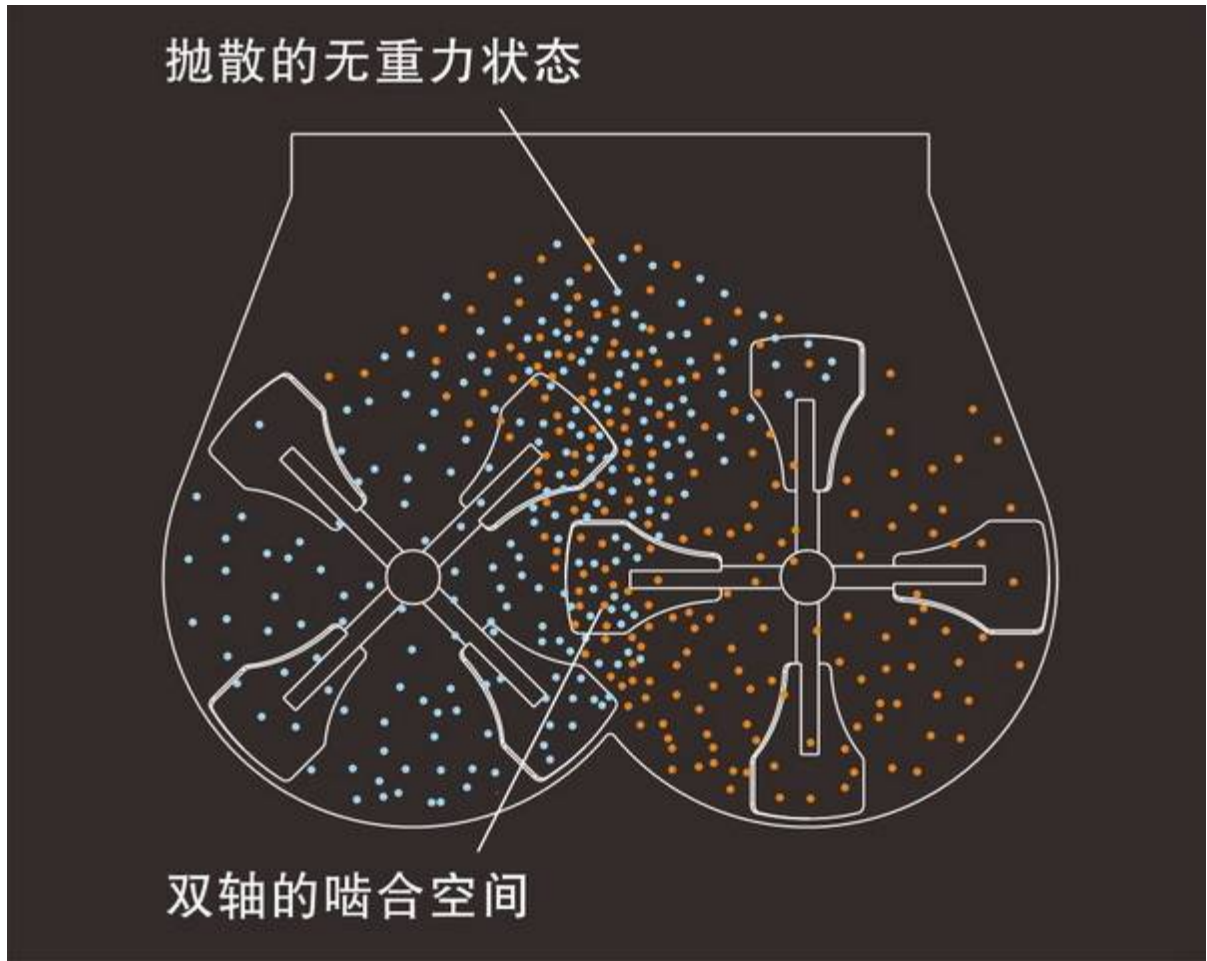


Рис. 1.6-2. фірми SHENGLI (Китай)

## **1.7.Двороторні з Z-подібними лопатями**

Особливість конструкції - наявність двох розташованих горизонтально роторів з паралельними осями. Ротори мають форму, призначену для роботи з високов'язкими матеріалами. Конструкції роторів можуть бути різні. В НДІХІММАШ віддавали перевагу Z-образним роторам, тому за цим типом змішувачів і закріпилася така назва .

Ротори обертаються з різними частотами обертання.

ЗЛ-Z є змішувачами універсального дії і призначені для перемішування сипких та пастоподібних матеріалів.

### **Принцип роботи:**

У змішувальній ємності знаходяться дві горизонтально розташованих Z-образних лопаті, що обертаються в протилежних напрямках з різними швидкостями.

Під впливом лопатей перемішуємо матеріал робить складний просторовий рух всередині ємності та зазнає значних деформації зсуву і стиснення, що забезпечують рівномірний розподіл компонентів за обсягом замісу.

Тобто, при попаданні матеріалу в зону між лопатою і корпусом змішувальної ємності відбувається його розминка, а коли матеріал виходить із зони впливу лопаті, то відразу підхоплюється другою лопатою.

Вивантаження готової суміші виконується поворотом змішувальної ємності щодо станини .

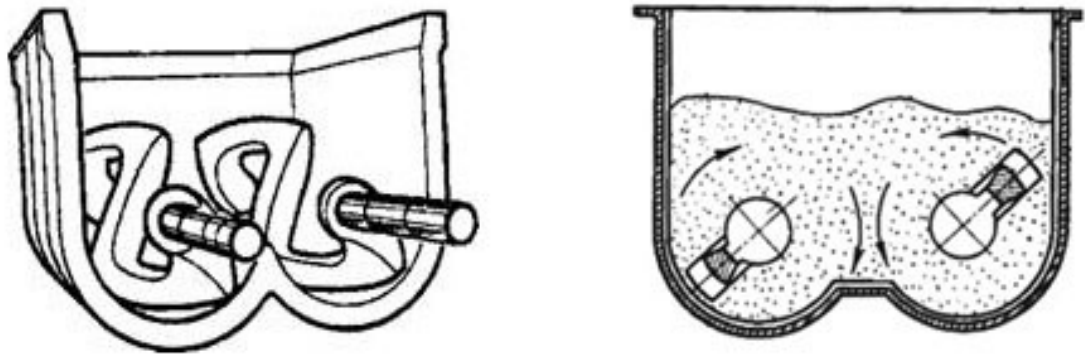


Рис. 1.7-1. Змішувачі з Z-подібними лопатями

Конструкція, органів що перемішують забезпечує ефективне приготування суміші різних складів за мінімальний часовий проміжок.

У зв'язку з тим, що при перемішуванні в'язких і високов'язких складів виникають значні навантаження на перемішуючі органи, лопаті змішувачів виконуються з товстолистового металу, а вузли та механізми змішувачів розраховані з належним запасом міцності.

Технологічність конструкції і запас міцності забезпечують багаторічну експлуатацію.

### 1.8. З Z-подібними лопатями і розвантажувальним шнеком

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

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

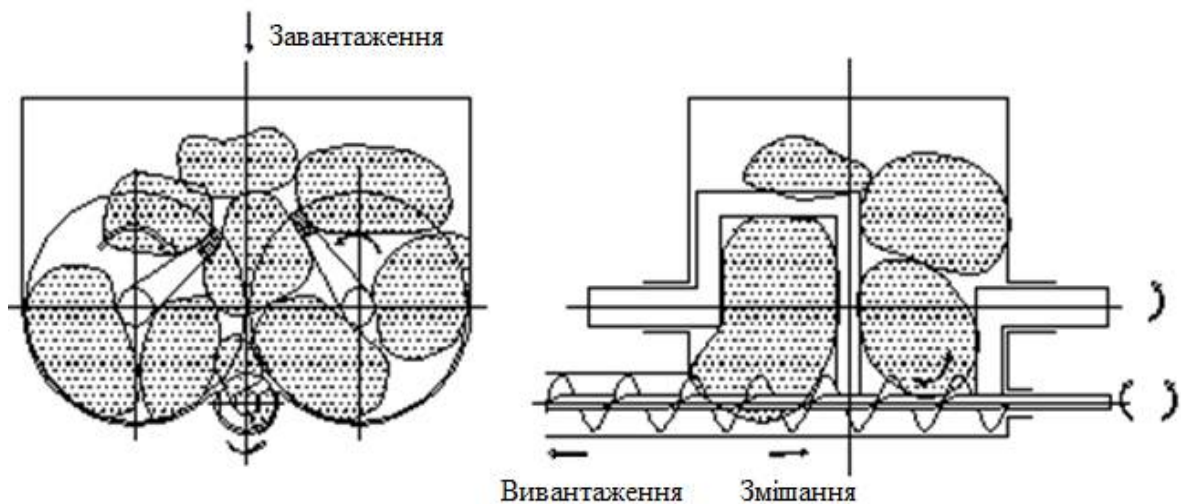


Рис. 1.8-1. Змішувачі з Z-подібними лопатями і розвантажувальним шнеком

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

## 1.9. Барабанні

Барабанні змішувачі призначені для перемішування компонентів агломераційної шихти і повернення з додаванням води.

Барабанні змішувачі мають досить просту конструкцію. Основним її елементом є одношарова ємність, яка має форму циліндра і виготовляється зі спеціально підготовленої харчової сталі. Форма барабана залежить від побажань замовника і найчастіше звужена догори. Дно ємності буває конічної або ж сферичної форми. Також змішувачі обладнані одним або двома люками, які дозволяють економити час на процесах завантаження і розвантаження змішувача. Вбудований електропривод є головним і відповідає за процеси рівномірного, постійного обертання барабана. Важливим є те, що даний змішувач працює абсолютно безпечно. Його конструкція досить продумана, має спеціальну відкидну раму, яка служить в якості огорожі. Кінцевий вимикач при підйомі рами гарантує зупинку обертання ємності.

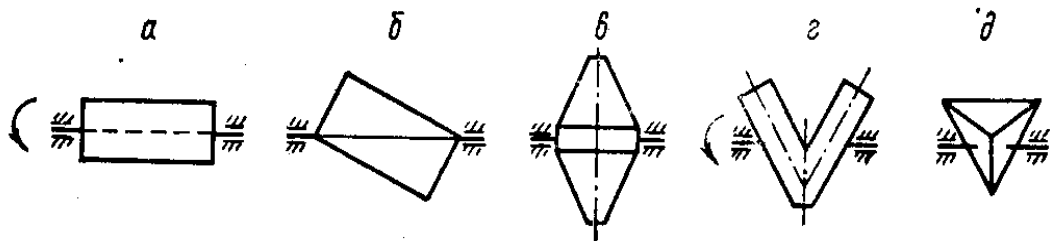


Рис. 1.9-1. Форми корпусів барабанних змішувачів

### Принцип роботи барабанного змішувача

Процес дозування продукту в барабанний змішувач, який буде перемішуватися, відбувається з використанням вібродозатора або ж масляного дозатора. Подача рідких компонентів здійснюється за допомогою крапельної системи упорскування, яка складається з форсунок і компресорів. Всі додаткові речовини вносяться в змішувач згідно з технологічними



вимогами, які встановлені на виробництві. Форма корпусів може бути різноманітною.



Рис. 1.9-2. Барабанний змішувач фірми «FUCHS»

## **1.10. Барабанний «П'яна бочка»**

Змішувач "П'яна бочка" застосовується для швидкого і якісного змішування сухих, сипучих, порошкоподібних, гранульованих матеріалів і компонентів, а так само для опудрювання. Змішувачі такого типу особливо ефективні для перемішування багатокomпонентних сумішей, до складу яких входять компоненти з тендітною структурою.

### **Принцип роботи:**

Завантаження компонентів в змішувач виконується через завантажувальний люк, який герметично закривається. Робоча ємність має циліндричну форму, забезпечуючи тривимірне рух частинок матеріалу. При обертанні змішувача матеріали, при м'яких умовах руху, перемішуються в міру пересипання під дією сил тяжіння. Такий процес виключає негативну дію відцентрових сил і здійснює якісне перемішування при мінімальній витраті енергії і часу.

Змішувач "П'яна бочка" являє собою циліндричну ємність, встановлену на станині і забезпечену приводом обертання (мотор-редуктором). Гравітаційний змішувач типу "П'яна бочка" 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 системою позиціонування, яка дозволяє зупинити циліндричну ємність в положення "завантаження" і "вивантаження" (шлюзом строго вниз). Щит управління обладнаний таймером роботи, кнопкою аварійної зупинки і системою захисту управління двигуна.

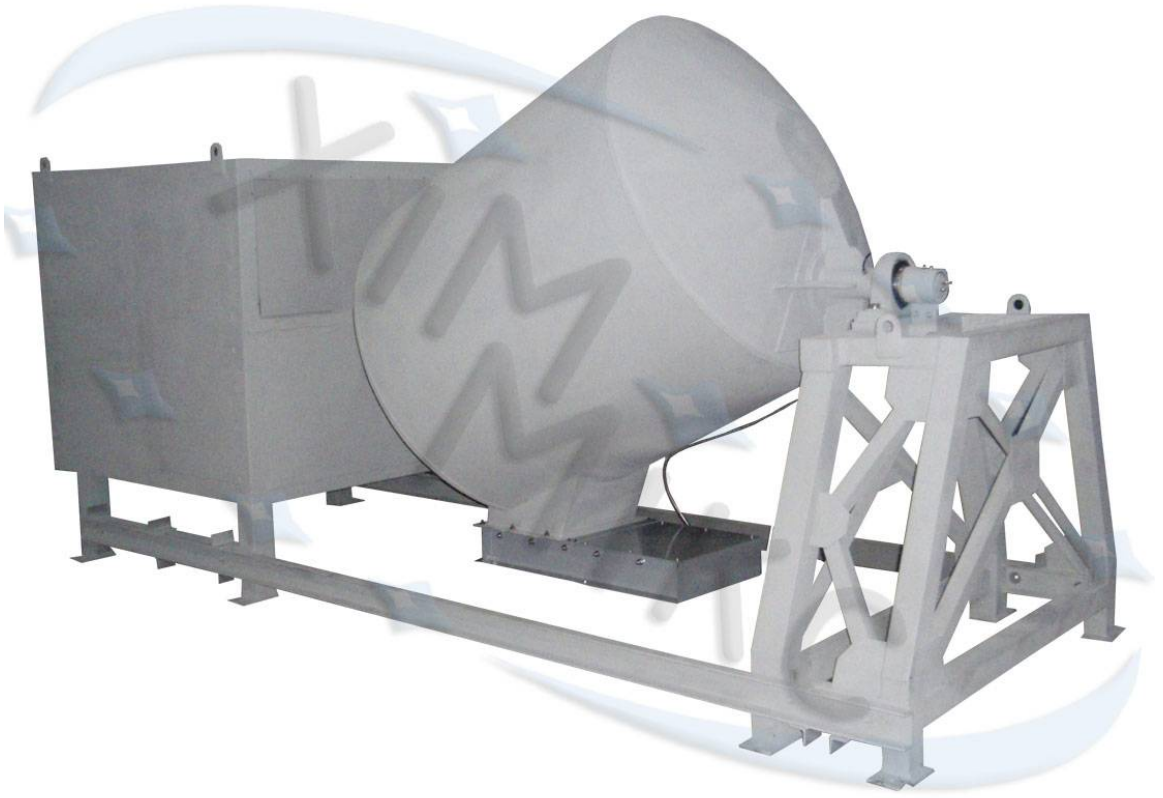


Рис. 1.10-1. Змішувач типа «п'яна бочка», ООО "ХІММІКС" (Україна)

## 1.11. Турбінні змішувачі

Турбінні змішувачі (ТС) дозволяють виконувати:

- інтенсивне змішування малов'язких рідин;
- інтенсифікаціюгазонасичення рідкої фази;
- суспензування;
- швидке розчинення твердих тіл;
- проведення хімічних реакцій;
- підняття осаду в рідинах;
- диспергування;
- інтенсифікацію теплообміну.

Компоненти суміші завантажуються в змішувач при знятої кришці. При обертанні турбіни матеріал засмоктується в центр турбіни і виходить по дотичній до нерухомого статора. У статорі потік матеріалу плавно змінює свій напрямок від вертикального (по осі) до горизонтального (по радіусу) і з силою викидається до периферії формуючи радіальні потоки. (Мал. 9.1.1.)

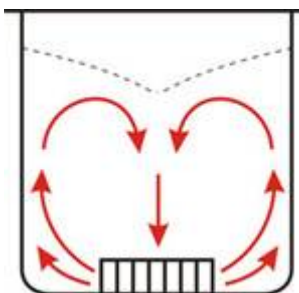


Рис. 1.11-1. Радіальні потоки

Потоки суміші володіють досить великою швидкістю і поширюються по всьому перетину робочої ємності. При такому направленому і багаторазово повторюється в одиницю часу русі матеріалу досягається швидке і ефективне перемішування по всьому перетину робочої ємності. Готова суміш вивантажується через зливний кран в днищі змішувальної ємності.

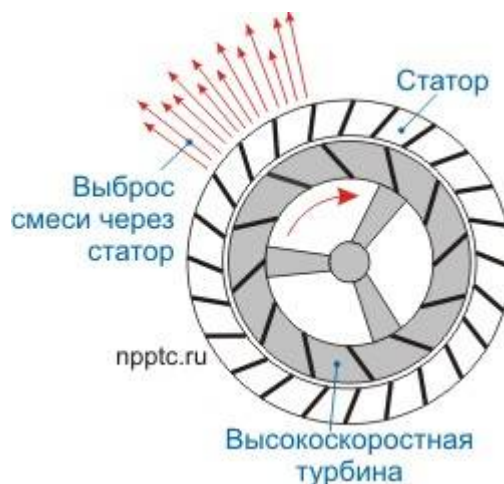


Рис. 1.11-2. Турбінний змішувач

## **2.Метата задачі досліджень**

В сучасних ринкових відносинах, необхідно переконатися, що виріб дасть необхідний економічний ефект.Слід визначити потребу в даній продукції для передбачуваного ринку збуту, розробити раціональну номенклатуру виробів типорозмірного ряду, застосовуючи при цьому принципи стандартизації і уніфікації, оцінити собівартість виробів у виробника, оцінити вартість виробів на ринку, оцінити очікуваний прибуток, зробити висновок про доцільність організації серійного випуску цих виробів. Собівартість одиничного виробу на багато дорожче, ніж серійне виробництво, тому слід прагнути до серійного випуску виробів.

Виходячи з вищесказаного треба розробити конструкцію одного з варіантів типорозмірного ряду змішувачів, в даній роботі передбачається розробка ескізного проекту планетарно-шнекового змішувача з вертикальним ротором об'ємом 3,2 м<sup>3</sup>. Для порівняння використані дані для аналогічних машин з каталогів і Інтернеті.

Після проектування слід визначити масу витрачених матеріалів, рівень складності виготовлення, собівартість виробництва.

Вартість аналогічних за конструкцією змішувачів на ринку України взяті з відкритих джерел (Інтернет).

В цій роботі запропоновані емпіричні методи розрахунку технічних параметрів машин виходячи з досвіду експлуатації серійно випускаються змішувачів конструкції СєвєродонецькогоНДІхіммаш. Розрахунки на міцність проведені по загальновідомим методикам, які вивчалися в курсах опору матеріалів, розрахунку та конструювання АХВ.

### 3. Експериментальне дослідження енергетичних витрат в апаратах з вертикальним ротором

Для дослідження енергетичних витрат в апаратах з вертикальним ротором був застосований електричний перфоратор РИТМ ПЭ-1500 Е.



Рис. 3-1. Електричний перфоратор РИТМ ПЭ-1500 Е

Технічні характеристики перфоратора РИТМ ПЭ-1500 Е:

Споживана потужність, Вт	1500;
Напруга/Частота, В/Гц	220/50;
Швидкість ненавантаженого ходу, об/хв.	0-800;
Маса, кг	7

Перфоратор використовувався в якості приводу, він робив в режимі свердління (без удару).

Для вимірювання частоти обертання ротора був використаний велоспідометр ASSIZEAS-820.

Для необхідності вимірювання частоти обертання, на корпусі дрилі кріпився магніт.



Рис. 3-2. Вело Спідометр ASSIZEAS-820

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

Вимірювана частота обертання об/хв. 0-3600.

Ватметр PZEM-021 в ході експерименту використовувався для енерговитрат в процесі змішування. Цей ватметр застосовується для виміру потужності підключеного активного навантаження.

Він відображає 4 параметри вимірювання:

1 Напругу в мережі (В)

- 2 Сила перемінного току (А)
- 3 Споживну потужність (Вт)
- 4 Рахівникспоживної енергії (Вт · год )



Рис. 3-3. Ватметр PZEM-021

Характеристики:

Живлення: 80 - 260В-переменного току

Частота: 50 Гц

Потужність: 4.5кВт

Максимальний вимірний струм: 20 А

Діапазон відображення електроенергії: до 9999.9 кВт/ч

Розміри: 84.6 x 44,6 x 24.4 мм



В лабораторії кафедри МОПП були проведені експериментальні роботи по визначенню енерговитрат на перемішування сухого піску. При проведенні експериментів використовувався сухий пісок Северодонецького кар'єру. Шнек с зовнішнім діаметром витків 40 мм забурювався на різну глибину. Було проведено дві серії експериментів, кут нахилу шнеку до вертикалі  $\alpha$  був 0 і 17 градусів.



Рис. 3.4. Експериментальна установка для дослідження змішувачів з вертикальним ротором

При проведенні експериментальних робіт по вивченню розподілу ключового компонента - чавунної тирси в основному компоненті – піску, були використані матеріали з приблизно наступними фізико-механічними характеристиками (для точного визначення НЕ було відповідного обладнання).

Пісок: насипна маса -  $1600 \text{ кг / м}^3$ ; середній розмір частинок -  $0,15 \text{ мм}$ ; середньоквадратичне відхилення розмірів частинок -  $0,1 \text{ мм}$ ; кут природного укосу -  $34^\circ$ ; вологість -  $0\%$ .

Чавунні тирсу: насипна маса -  $3350 \text{ кг / м}^3$ ; середній розмір частинок -  $0,4 \text{ мм}$ ; середньоквадратичне відхилення розмірів частинок -  $0,15 \text{ мм}$ ; кут природного укосу -  $42^\circ$ ; вологість -  $0\%$ .

Результати вимірювання витрати енергії приводу і розрахунків потужності, споживаної на перемішування наведені в табл.3.1.

Потужність холостого ходу приводу при  $n_{xx} = 330 \text{ об / хв}$  дорівнювала  $N_{xx} = 110 \text{ Вт}$ .

Потужність, споживана на перемішування при  $n_{xx} = 330 \text{ об / хв}$ , визначалася за формулою

$$N_n = \frac{N_u * 330}{n} - N_{xx}, \text{ Вт} \quad (3.1.1)$$

де:  $N_u$  - виміряна потужність при перемішуванні, Вт;

$N_{xx} = 110$  - потужність холостого ходу, Вт;

$n$  - частота обертання шнека при перемішуванні, об / хв;

$n_{xx} = 330$  - частота обертання шнека на холостому ходу, об / хв.

Таблиця 3-1. Результати вимірювання витрати енергії приводу і потужності, споживаної на перемішування

№ п/п	$\alpha$ , градус	Глибина занурення шнека, $h$ , мм	Виміряна потужність, $N_u$ , Вт	Частота обертання шнека, $n$ , об/хв	Потужність, споживана на перемішування, $N_n$ , Вт
1	0	90	120	300	22,0
2	0	180	130	300	33,0
3	0	270	125	280	37,3
4	17	90	110	250	35,2
5	17	180	115	250	41,8
6	17	270	120	250	48,4

### 3.1. Дослідження енергетичних витрат в планетарно-шнекових змішувачах

Визначення потужності змішувача, необхідної при змішуванні сипучих матеріалів на основі досвіду С.ф. НДХіммаш.

Щорічно заводами хімічного машинобудування випускаються сотні змішувачів для сипучих матеріалів, в тому числі для будівельної, харчової, і інших галузей промисловості. Крім того, велике число змішувачів виготовляється підприємствами для власних потреб.

При проектуванні змішувачів для серійного виробництва або спеціальних змішувачів необхідно знати потужність, потрібну при змішуванні сипучих матеріалів, але визначити її досить складно, оскільки відсутні загальноприйняті методики розрахунку.

Конструкція змішувача має суттєвий вплив на його потужність, необхідну при змішуванні.

Великий вплив на потужність змішувача при змішуванні сипучих матеріалів крім конструктивних характеристик надають фізико-механічні характеристики цих матеріалів, наприклад щільність, насипна щільність, коефіцієнти внутрішнього і зовнішнього тертя, форма частинок, їх розміри і т.д.

У більшості випадків виразити математично вдається лише залежність між насипною щільністю і потужністю змішувача, необхідної при змішуванні, тому існуючі формули включають в себе тільки насипну щільність. Вплив інших фізико-механічних характеристик матеріалів враховується введенням емпіричного коефіцієнта

Потужність, планетарно-шнекових змішувачів, потрібна при змішуванні, визначається за формулою[13]:

$$N_s = \pi \rho_H g \sin(\theta + \varphi_B) \frac{D_s^2}{4} \frac{H^2 \operatorname{tg} \rho \operatorname{tg} \alpha}{(2\mu \operatorname{tg} \rho + \operatorname{tg} \alpha)} \omega_s^3, [13]$$

де  $\theta$  - кут підйому гвинтової лінії шнека;  $\varphi_B$  - кут зовнішнього тертя;  $s$  - діаметр шнека, м;  $H$  - глибина занурення нижнього кінця шнека в сипучий матеріал, м;  $\alpha$  - кут нахилу осі шнека до вертикалі;  $\mu$  - коефіцієнт бокового тиску;  $\omega_s$  - кутова швидкість шнека, рад / с.

#### 4. Дослідження процесу змішування сипких матеріалів в змішувачах з вертикальним ротором

Для вивчення кінетики процесу змішування в апаратах з вертикальним ротором були проведені експериментальні роботи.

У наведених нижче дослідах в змішувач завантажували сухий пісок і металеві тирса. Тирса завантажували на поверхні піску. У процесі змішування відбувався розподіл тирси в піску.

Вивчення розподілу компонентів вироблялося шляхом відбору проб по схемі наведеної на Рис.4.1., через певний час змішування.

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

Маса проб становила приблизно 10-20 грамів.

Відібрані проби поділялися на компоненти за допомогою магніту. Маса тирси і піску визначалася шляхом зважування на лабораторних вагах ТурWA-21 (ZakladyMechanikiPrecyzyinej, Gdansk, Polska, 1971) з точністю до 50 мг.

Найкращий можливий результат випадкового (рандомального) розподілу  $V_R$  оцінювався за допомогою формули Штанге [4].

Підраховувалася дисперсія випадкового розподілу  $S_R^2$ , потім

$$V_R = \frac{100 \cdot \sqrt{S_R^2}}{x}, \%$$

Для даного гранулометричного складу матеріалів і розміру проб  $V_R \approx 3\%$ .

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

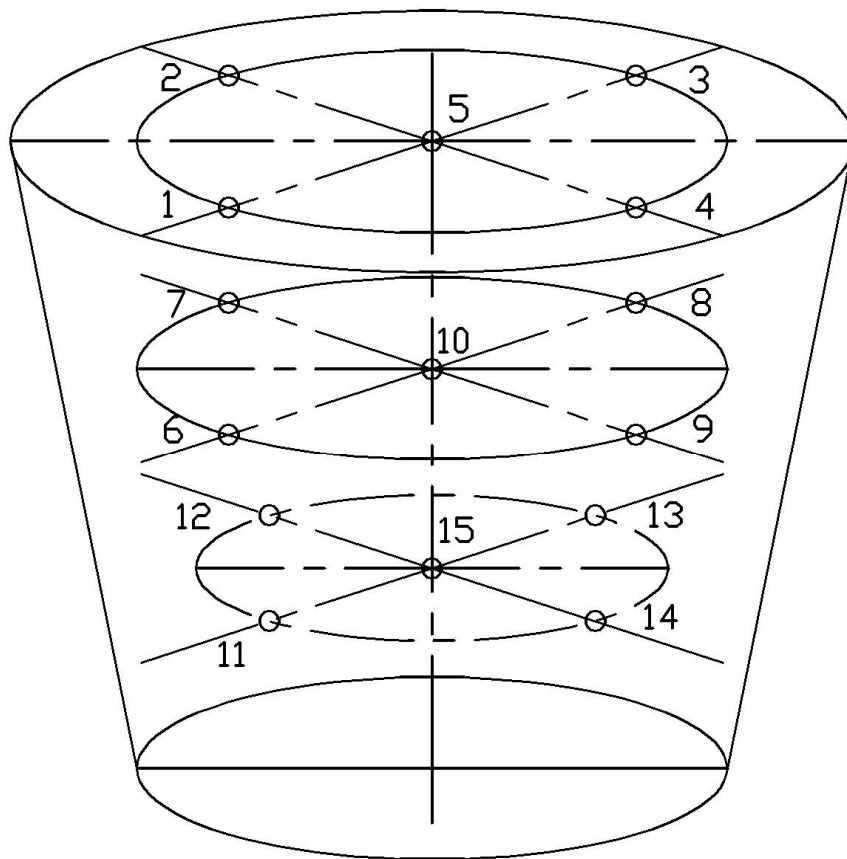


Рис.4-1. Схема відбору проб з корпусу змішувача

Крім обчислення коефіцієнта неоднорідності вироблялося обчислення середніх значень групових концентрацій на 3 вертикальних рівнях по 5 на кожному рівні (верхній 1, 2, 3, 4, 5; середній 6, 7, 8, 9, 10; нижній 11, 12, 13, 14, 15). Відповідні проби розташовані одна над другою (1, 6, 11; 2, 7, 12; 3, 8, 13; 4, 9, 14 і 1, 5, 10) (див. Рис.3.1) і вироблялося порівняння групових середніх концентрацій за допомогою критерію Стюдента.

Обробка результатів експерименту за допомогою методів математичної статистики дозволяє об'єктивно визначити однорідність розподілу матеріалів суміші у різних частинах корпусу.

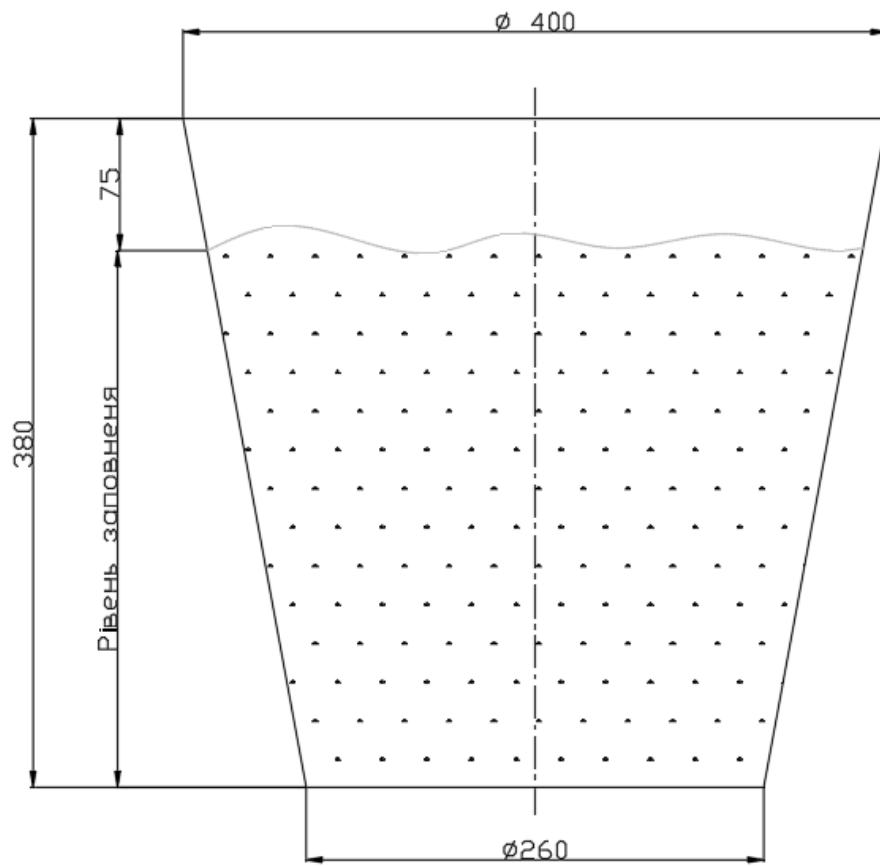


Рис.4-2. Розміри корпусу

#### 4.1. Розрахунок параметрів шнеку

Тиск з боку сипучого матеріалу на циліндричний елемент поверхні матеріалу, зрушеної шнеком

$$dp_{\delta} = \pi \cdot D_{ш} \cdot \rho_n \cdot g \cdot \mu \cdot h \cdot dh, \quad [\text{Н}]$$

де:  $D_{ш}$  – зовнішній діаметр витків шнека, м.

Момент опору обертанню, створюваний циліндричним елементом.

$$dM_{ш} = dp_{\delta} \cdot \sin(\Theta + \varphi_{\epsilon}) \cdot \frac{D_{ш}}{2}, \quad [\text{Н} \cdot \text{м}]$$

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

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

Для інженерних розрахунків можна прийняти  $\varphi_{\epsilon} = \varphi$ , де  $\varphi$  - кут внутрішнього тертя. Як правило,  $\varphi_{\epsilon} < \varphi$ .

Момент опору обертанню

$$\text{шнека } M_{ш} = \int_0^H dM_{ш} = \int_0^H \frac{\pi}{2} \cdot D_{ш}^2 \cdot \rho_n \cdot g \cdot \mu \cdot \sin(\Theta + \varphi_{\epsilon}) \cdot h \cdot dh = \frac{\pi}{4} \cdot \rho_n \cdot g \cdot \mu \cdot \sin(\Theta + \varphi_{\epsilon}) \cdot D_{ш}^2 \cdot H^2, \\ [\text{Н} \cdot \text{м}]$$

Потужність, споживана шнеком,

$$N_{ш} = M_{ш} \cdot \omega_{ш}, \quad [\text{Вт}].$$

де:  $\omega_{ш}$  – кутова швидкість обертання шнека,  $\left[ \frac{\text{рад}}{\text{с}} \right]$ .

Осьова сила, що діє на шнек

$$P_{ос} = \frac{\pi}{2} \cdot \rho_n \cdot g \cdot \mu \cdot \cos(\Theta + \varphi_{\epsilon}) \cdot D_{ш} \cdot H^2 + \frac{\pi}{4} \cdot \rho_n \cdot g \cdot D_{ш}^2 \cdot H, \quad [\text{Н}].$$

Перша складова - викликана дією сил тертя в сипучому матеріалі, друга - вага сипучого матеріалу, що знаходиться на шнеку.



Задаємося значеннями фізичних величин:

$$\rho_n = 1560 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \Theta = 14^\circ; \varphi = \varphi_6 = 26^\circ; \mu = 0,39; \sin 40^\circ = 0,64;$$

$$\cos 40^\circ = 0,77;$$

При яких:

$$M_{ш} = 2999 \cdot D_{ш}^2 \cdot H_{ш}^2, \quad [\text{Н} \cdot \text{м}]$$

$$P_{ос} = 7180 \cdot D_{ш} \cdot H^2 + 12013 \cdot D_{ш}^2 \cdot H, \quad [\text{Н}]$$

Для змішувача з номінальним об'ємом корпусу  $3,2 \text{ м}^3$  приймаємо  $D_{ш} = 0,300 \text{ м}$ ,

$\omega_{ш} = 30 \text{ рад/с}$ ,  $H = 1,0 \text{ м}$ , тоді  $M_{ш} = 119 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ,  $N_{ш} = 3766 \text{ Вт}$ ,  $P_{ос} = 1916 \text{ Н}$ .

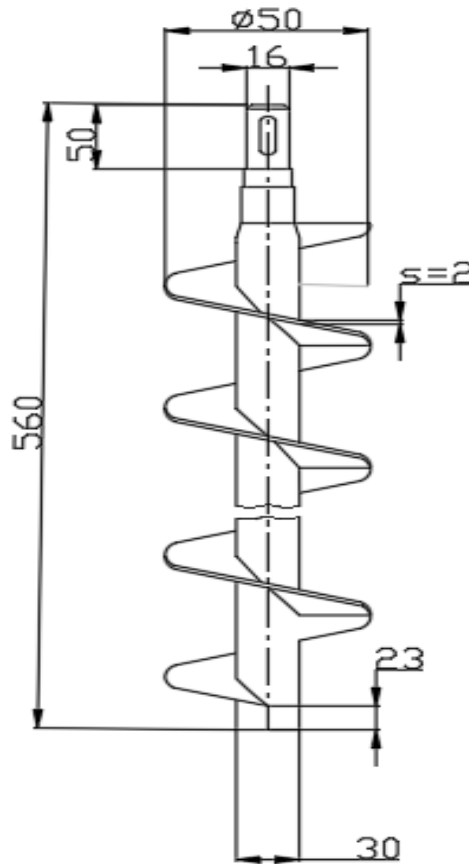


Рис. 4.1-1. Шпек змішувача

## 4.2. Приклад обробки експериментальних даних вибірки

Розглянемо обробку результатів змішання піску і металевої тирси, отримані в змішувачі через 180 секунд змішування (Табл. 4.3-3) при обертанні водила.

Відповідно до номерів проб (див. Рис.4-1.) були визначені наступні вагові концентрації ключового компонента (металевої тирси) в пробах вибірки.

Таблиця 4.2-1.

№№ проб					Концентрація ключового компонента в відповідних пробах, $x_i\%$				
1	2	3	4	5	8,024	10,826	2,976	2,315	5,122
10	9	8	7	6	7,547	3,033	0,356	2,912	2,912
11	12	13	14	15	6,032	0,642	0,019	0,865	11,595

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

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 4,495 \%$$

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

$n$  – число проб у вибірці.

Сума квадратів різниць

$$S^2(x) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = 192$$

Виправлена вибіркова дисперсія

$$D(x) = \frac{S^2(x)}{n-1} = \frac{192}{14} = 13,7.$$

Коефіцієнт неоднорідності суміші

$$Vc(x) = \frac{100 \cdot \sqrt{D(x)}}{\bar{x}} = \frac{100 \cdot 3,71}{4,495} = 82,47 \%$$

Виробляємо порівняння двох вибірових середніх верхнього і нижнього шарів  $\bar{x}_в$  і  $\bar{x}_н$  [6, с.297-303]. Число проб в групах  $n_в = n_н = 5$ .

$$\bar{x}_в = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{vi}}{5} = 5,8 \%$$

$$\bar{x}_н = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{ni}}{5} = 3,8 \%$$

Визначимо виправлені вибірові дисперсії верхньої і нижньої груп

$$D_в = \frac{\sum_{i=1}^{n_в} (x_{vi} - \bar{x}_в)^2}{n_в - 1} = 12,7;$$

$$D_н = \frac{\sum_{i=1}^{n_н} (x_{ni} - \bar{x}_н)^2}{n_н - 1} = 24,7;$$

де:  $n_в$  і  $n_н$  кількість проб у верхній і нижній вибірках.

Для коректного порівняння  $\bar{x}_в$  і  $\bar{x}_н$  необхідно провести перевірку однорідності дисперсій  $D_в$  і  $D_н$ . Підраховуємо ставлення більшої з порівнюваних дисперсій до меншої (критерій Фішера-Снедекора).

$$F = \frac{D_{большая}}{D_{меньшая}} = \frac{24,7}{12,7} = 1,93.$$

Критичне значення критерію  $F_{кр}$  визначаємо по [6, 7]. При рівні значності  $\alpha=0,01$ ; число ступенів свободи більшої дисперсії  $k_1=n_в-1=4$ , меншою  $k_2=n_н-1=4$ .  $F_{кр}=15,98$ .

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

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

Підраховуємо значення критерію Стьюдента

$$Z = \frac{\bar{x}_6 - \bar{x}_n}{\sqrt{\frac{D_H}{n_H} - \frac{D_B}{n_B}}} = \frac{5,8 - 3,8}{\sqrt{\frac{24,7}{5} - \frac{12,7}{5}}} = 1,29.$$

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

Знайдемо праву критичну точку, для чого спочатку підрахуємо функцію Лапласа

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

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

$|Z| < Z_{кр}$  - вибіркові середні різняться незначно,  $\bar{x}_6 = \bar{x}_n$ .

Виробляємо порівняння середніх для п'яти груп, розташованих по вертикалі корпусу методом дисперсійного аналізу. [6, с.349-362].

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

Підраховуємо середні значення концентрацій ключового компонента для груп.

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

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

$$\bar{x}_{1J} = 7,201; \bar{x}_{2J} = 4,834; \bar{x}_{3J} = 1,117; \bar{x}_{4J} = 2,031; \bar{x}_{5J} = 7,290.$$

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

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

$$D_{1J} = 1,08; D_{2J} = 28,36; D_{3J} = 2,62; D_{4J} = 1,11; D_{5J} = 13,90.$$

Проведемо перевірку однорідності дисперсій за критерієм Кочрена

$$G = \frac{D_{J\max}}{\sum_{k=1}^5 D_{kJ}} = \frac{28,36}{47,07} = 0,602.$$

Критичне значення критерію Кочрена для рівня значущості  $\alpha=0,01$ ;  
 $l=5$ ;  $k=3-1=2$ . [6, додаток 8]

$$G_{кр} = 0,7885;$$

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

Обчислюємо факторну дисперсію [6, с.351-355]

$$D_{\phi} = \frac{i \cdot \sum_{k=1}^5 (\bar{x}_{kJ} - \bar{x})^2}{J-1} = 49,01,$$

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

Залишкова дисперсія

$$D_o = \frac{\sum_{k=1}^5 \sum_{i=1}^3 (x_{ikJ} - \bar{x}_{kJ})^2}{(k-1) \cdot i} = \frac{94,15}{4 \cdot 3} = 7,85;$$

де:  $x_{ikJ}$  - концентрація ключового компонента в  $i$ -ой пробек $J$ -ойгруппы;  
 $\bar{x}_{kJ}$  - середня концентрація ключового компонента в  $kJ$ -ойгрупе.

Підрахуємо критерій Фішера-Снедекора

$$F = \frac{D_{\phi}}{D_o} = \frac{49,01}{7,85} = 6,26.$$

Критичне значення критерію Фішера-Снедекора

$$F_{кр} = 5,99 [6, 7]$$

(при  $\alpha=0,01$ ; число ступенів свободи чисельника  $k_1=4$ ; а знаменника  $k_2=10$ )

$F > F_{кр}$  - групові середні відрізняються значимо.

### **4.3. Результати вивчення розподілу компонентів**

Аналізуючи отримані результати (див. табл.4.1 -табл. 4.5.), приходимо до висновку, що найбільш повільне розподіл компонентів в планетарно-шнекових змішувачах відбувається в перетинах перпендикулярних осі корпусу. Якщо водило не рухається у змішуванні приймає участь лише одна третина продукту. Інтенсивна циркуляція здійснюється лише в площині над шнеком, та в воронці, яка з'являється в районі зони циркуляції.

Якщо водило здійснює рух, то розподіл близький до рандомального, досягається через 30 обертів водила ( $V_c=5,5$ ).

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

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

Таблиця 4.3-1. Розподіл ключового компонента в суміші,  
%

змішувач з вертикальним шнеком  
заміс №1/1

водило нерухоме

термін змішування, с 15

№ проба	Маса ключового компонента, г	маса основного компонента, г	Зміст ключового компонента в пробі, %
1	4,600	4,100	52,874
2	0,000	5,500	0,000
3	0,000	6,800	0,000
4	0,000	4,700	0,000
5	0,000	5,300	0,000
6	5,700	11,800	32,571
7	0,000	15,500	0,000
8	0,000	14,900	0,000
9	0,000	13,900	0,000
10	0,140	13,500	1,026
11	1,600	13,000	10,959
12	0,140	16,000	0,867
13	0,007	12,000	0,058
14	0,010	14,100	0,071
15	0,091	13,000	0,695

$X_{cp} = 6,608$

$V_c = 233,174$

Таблиця 4.3-2. Розподіл  
 ключового  
 компонента в суміші, %  
 змішувач з вертикальним шнеком  
 заміс №1/2  
 водило нерухоме  
 термін змішування,  
 с

300

№ проб	Маса ключового компонента, г	Маса основного компонента, г	Зміст ключового компонента в пробі, %
1	1,810	12,851	12,346
2	0,003	8,398	0,036
3	0,000	9,300	0,000
4	0,000	9,504	0,000
5	0,793	5,600	12,404
6	2,196	12,900	14,547
7	0,008	15,000	0,053
8	0,030	13,100	0,228
9	0,000	12,990	0,000
10	1,985	12,590	13,619
11	2,152	11,990	15,217
12	0,092	15,300	0,598
13	0,033	14,000	0,235
14	0,000	15,700	0,000
15	1,765	12,715	12,189

$X_{cp} = 5,432$

$V_c = 126,625$



Таблица 4.3-3. Розподіл ключового компонента в змісі, %  
замес №1/3

5 обертів водила

термін змішування,

с

180

№ проб	Маса ключового компонента, г	Маса основного компонента, г	Зміст ключового компонента в пробі, %
1	0,647	7,416	8,024
2	0,655	5,395	10,826
3	0,244	7,955	2,976
4	0,172	7,258	2,315
5	0,461	8,540	5,122
6	1,216	14,896	7,547
7	0,488	15,600	3,033
8	0,054	15,100	0,356
9	0,450	15,002	2,912
10	0,842	15,500	5,152
11	0,674	10,500	6,032
12	0,095	14,693	0,642
13	0,003	15,494	0,019
14	0,130	14,900	0,865
15	1,755	13,381	11,595

$X_{cp} =$  4,495

$V_c =$  82,467

Таблица 4.3-4. Розподіл ключового компонента в змісі, %  
замес №1/4

30 обортов водила

термін змішування,

с

600

№ проб	Маса ключового компонента, г	Маса основного компонента, г	Зміст ключового компонента в пробі, %
1	0,389	6,560	5,598
2	0,220	4,496	4,665
3	0,560	11,190	4,766
4	0,620	12,197	4,837
5	0,630	12,700	4,726
6	0,750	14,706	4,852
7	0,870	15,950	5,172
8	0,840	16,050	4,973
9	0,792	15,750	4,788
10	0,846	15,701	5,113
11	0,740	14,512	4,852
12	0,796	14,120	5,337
13	0,730	13,410	5,163
14	0,723	14,780	4,664
15	0,696	14,000	4,736

$X_{cp} =$  4,949

$V_c =$  5,512

Таблиця 4.3-5. Розподіл ключового компонента в змісі, %

замес №1/5

60 обортов водила

термін змішування,

с

1080

№ проб	Маса ключового компонента, г	Маса основного компонента, г	Зміст ключового компонента в пробі, %
1	0,341	5,900	5,464
2	0,705	11,470	5,791
3	0,390	7,663	4,843
4	0,912	15,786	5,462
5	0,731	13,052	5,304
6	0,961	15,749	5,751
7	0,955	16,420	5,496
8	0,780	14,674	5,047
9	0,894	16,596	5,111
10	0,880	14,798	5,613
11	0,880	16,999	4,922
12	0,990	17,052	5,487
13	0,883	15,800	5,293
14	0,902	16,197	5,275
15	0,928	16,330	5,377

$X_{cp} = 5,349$

$V_c = 5,217$

Аналізуючи отримані результати (див. табл.4.1 -табл. 4.5.), приходимо до висновку, що найбільш повільне розподіл компонентів в планетарно-шнекових змішувачах відбувається в перетинах перпендикулярних осі

корпусу. Якщо водило не рухається у змішуванні приймає участь лише одна третина продукту. Інтенсивна циркуляція здійснюється лише в площині над шнеком, та в воронці, яка з'являється в районі зони циркуляції.

Якщо водило здійснює рух, то розподіл близький до рандомального досягається через 30 обертів водила ( $V_c=5,5$ ).

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

Значне збільшення інтенсивності змішування можливо, якщо застосувати додаткові прилади для змішування в зоні нерухомого сипкого матеріалу, наприклад другого шнеку, як це зроблено в змішувачах фірми SENGLI (Китай).



Рис. 4.2-1 Конструкція планетарно-шнекового змішувача фірми SENGLI з двома шнеками

## 5.Розробка типорозмірного ряду планетарно-шнекових змішувачів

Потреба в планетарно-шнекових змішувачах встановлена на підставі досвіду їх випуску заводами Міністерства хімічного машинобудування. 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 маса, коефіцієнт внутрішнього тертя, розмір часток та інше.

На підставі аналізу замовлень планетарно-шнекових змішувачів для сипучих матеріалів на заводах хімічного машинобудування пропонується розробка наступного ряду (номінальний обсяг корпусу змішувача  $V_n, \text{м}^3$ ):

0,5; 0,75; 1,0; 1,6; 2,4; 3,2; 5,0; 7,5; 10; 16; 24; 32.

Таблиця 5-1.

Рекомендований типорозмірний ряд планетарно-шнекових змішувачів

Номи нальн об `емкорп $V_n, \text{м}^3$	Реко- мендо- ваний об `ем суміші, $V_p, \text{м}^3$	Діам. шнека, мм	Частота обертання, об/мин		Потужність приводу, кВт		Маса змішувача без прив., кг	Товщина Стінки корп., мм
			вод.	шнек	вод.	шнек		
0,5	0,4	200	4	125	0,6	3	250	4
0,63	0,5	200	4	125	0,6	3	350	4
1,0	0,63	200	4	125	0,6	3	500	4
1,6	1,0	300	6	100	1	9	1200	6
2,5	1,6	300	6	100	1	9	1500	6
3,2	2,0	300	6	100	1	9	2000	6
5	4,0	400	4	100	2	20	2500	8
8	5	400	4	100	2	20	3500	8
10	6,3	400	4	100	2	20	4500	8
16	10	400	3	80	3	30	6000	10
25	16	400	3	80	3	30	7500	10

Таблиця 5-2. Пропоновані виконання змішувачів

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

Можливі інші виконання змішувача в залежності від вимог замовника

Приклад позначення змішувача планетарно-шнекового з номінальним об'ємом корпусу 3,2 м<sup>3</sup>, з корпусом, шнеком та водилом зі сталі 12Х18Н10Т, не вибухозахищене виконання, періодичної дії, з нерегульованою частотою обертання водила і шнека, без сорочки, з розвантаженням через клапанний затвор:

ПШ-6,3-1/4/5/7/9/10

## **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 [11] робиться розрахунок собівартості змішувача.

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

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

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

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

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

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

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

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



Таблиця 6-1 Вихідні дані для калькуляції собівартості

Калькуляція собівартості змішувача об'ємом 3,2 м <sup>3</sup>			
№ п/п	Стаття витрат	Позначення	Сума, грн.
1	Матеріали основні, в тому числі покупні вироби	прямі витрати	96500,00
2	Транспортно-заготівельні витрати	5 % от п. 1	4825,00
3	Енергія (технологічні	5 % от п. 1	4825,00
4	Основна заробітна плата	Вартістьнормо-часа	18000,00
5	Додаткова заробітна плата	20 % от п. 4	3600,00
6	Відрахування до соціальних фондів	34,2 % от (п. 4 + п. 5)	7387,20
7	Витрати на утримання обладнання та знос інструменту	40 % от (п. 4 + п. 5)	8640,00
8	Цехові витрати	30 % от (п. 4 + п. 5)	6480,00
9	Загальнозаводські витрати	10 % от (п. 4 + п. 5)	2160,00
10	Виробнича собівартість	п. 1 + п. 2 + п. 3 + п. 4 + п. 5 + п. 6 + п. 7 + п. 8 + п. 9 + п. 10	152417,20
11	Позавиробничі витрати	15 % от п. 11	22862,58
12	Разом виробнича собівартість	п. 11 + п. 12	175279,78
13	Планові накопичення	10 % от п. 13	17527,98
14	Оптова ціна	п. 13 + п. 14 + ПДВ 18 %	227513,15

Витрата матеріалів згідно ескізу змішувача.

Ціни на матеріали моніторинг Українського ринку інтернет ресурсу.

**Висновок.**

Проаналізувавши ринок (середня оптова ціна аналогічного номінальним об'ємом 3,2 м<sup>3</sup> змішувача становить 370 000 грн.) І склавши калькуляцію собівартості змішувача можемо зробити висновок, що дохід від продажу складе орієнтовно 140000 грн. Для підвищення конкурентоспроможності змішувачів необхідне зниження їх матеріалоемності, особливо корозійностійких сталей, та опрощення конструкції.

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

До роботи з електроприладами допускаються особи, що інструктовані, пройшли навчання і перевірку знань по питаннях охорони праці і що мають групу по електробезпеці не нижче 2. [10], [11].

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

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

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

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

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

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

## **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 електрообладнанням і вимірювальними приладами на кафедрі МОПП можливі наступні аварійні ситуації:

- загоряння горючих матеріалів;
- поразка електричним струмом.

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

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

При пожежі:

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

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

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





### **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**

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

Приведені дані результатів дослідження процесу змішення в змішувачах з вертикальним конічним корпусом проведених вСНУ ім. В. Даля.

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

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

Зроблена оцінка економічного ефекту від випуску представника ряду номінальним об'ємом 3,2м<sup>3</sup>. Економічний ефект складає приблизно 140тис.грн.

Для підвищення конкурентоздатності планетарно-шнекових змішувачів необхідно зниження їх металоємності, особливо цвітних металів та удосконалення конструкції. Метою впровадження нових конструкцій є підвищення ефективності процесу змішування, зручності та безпеки при експлуатації, надійності роботи, можливості включення в автоматизовані технологічні лінії.

## Література:

1. Модестов В.Б. Смесители сыпучих и пастообразных материалов /Монография. — Луганськ, СПД Резніков В.С., 2011. — 352 с.
2. Модестов В.Б. Определение затрат энергии на перемешивание в планетарно-шнековых смесителях. Ж. «Химическое и нефтегазовое машиностроение», №3, 2002.
3. [Вентцель Е.С. Теория вероятностей. -М.: Наука,1973, 368 с.].
4. Смесители для сыпучих и пастообразных материалов. Каталог. М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ.1986. 77 с.
5. Stange K. Die Mischgute einer Zufallmischung als Grundlage zur Beurteilung von Mischversuchen. Chemie-Ingenieur-Technik, 26. 1954, s. 331-337]
6. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. Пособие для вузов. — 8-е изд., стер. —М.: Высш. шк., 2002, 479 с.: ил.
7. Модестов В.Б. Разработка методики расчёта плужных смесителей для сыпучих материалов. М.: МИХМ, 1984.
8. «Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) в промисловості», затверджені наказом Мінпромполітики України від 09.07.2007 р № 373
9. ВСН 452-84 «Виробничі норми витрат матеріалів в будівництві. Сварка трубопроводів з легованих сталей автоматичне зварювання під флюсом листових конструкцій, зварювання стрижнів арматури і заставних деталей, газове різання »
10. Інструкція з безпеки життєдіяльності № 8 при виконанні лабораторних робіт студентами кафедр машинознавства та обладнання промислових підприємств (МОПП). Сєверодонецьк, СНУ ім. В. Даля, факультет інженерії, 2017.

11. Інструкція з охорони праці № 11 при роботі на електрообладнанні, вимірювальних приладах і персональному комп'ютері на кафедрі машинознавства та обладнання промислових підприємств (МОПП). Сєверодонецьк, СНУ ім. В. Даля, факультет інженерії, 2017.
12. <http://www.1985shengli.com/customer-construction/>
13. Модестов В.Б. Определение мощности смесителя, необходимой при смешивании сыпучих материалов. Ж. «Химическое и нефтегазовое машиностроение», №3, 2003
14. РД РТМ 26-01-129 - 80 «Машины для переработки сыпучих материалов. Метод выбора оптимального типа питателей, смесителей и измельчителей».
15. <http://chem21.info/info/337560/>
16. <http://techno-centr.ru/products/smesiteli/smesiteli-turbinnye/>
17. <http://himmiks.com.ua/katalog/smesiteli/smesiteli-dlya-sypuchikh-materialov>
18. <http://www.findpatent.ru/patent/255/2553865.html>