

Реферат

Столетов К.С. Дослідження впливу частоти обертання шнека на енергетичні витрати в планетарно-шнековому змішувачі. Дипломна робота магістра. СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. В. Даля. 2018 – 70с., 25 ілюстрацій, 18 таблиць, 3 додатка, 13 бібл.назв.

ЗМІШУВАЧІ, СИПКІ МАТЕРІАЛИ, ЗМІШЕННЯ, ВЕРТИКАЛЬНИЙ РОТОР, ЕНЕРГЕТИЧНІ ВИТРАТИ.

Об'єктом дослідження є явище впливу частоти обертання шнека на енергетичні витрати в планетарно-шнековому змішувачі.

Мета дослідження - визначення енергетичних витрат в змішувачах класичної конструкції – з одним шнеком. Особлива увага приділялася впливу частоти обертання шнека на цей показник.

Методи дослідження - були проведені експериментальні роботи на лабораторному змішувачі ПШ-24, який є модернізованим змішувачем фірми «Nauta» (Нідерланди).

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 порівняння ефективності деяких конструкцій змішувачів. Виконано дослідження енергетичних витрат приводом планетарно-шнекового змішувача що занурений в сипкий матеріал.

Проведено перевірку рівнянь для розрахунку затрат енергії на змішування похилим шнеком. Дані рекомендації до застосування цих рівнянь при проектуванні планетарно-шнекових змішувачів.

Зміст

	с.
Перелік скорочень, умовних познач, одиниць і термінів	5
Вступ	6
1 Аналітичний огляд	7
1.1 V- подібний змішувач з кутером	9
1.2 V-подібний змішувач	12
1.3 Змішувач подвійний конус (біконус)	14
1.4 Змішувач "п'яна бочка"	16
1.5 Стрічковий змішувач	19
1.6 Лопатний змішувач	21
1.7 Шнековий змішувач	23
1.8 Плужний змішувач	25
1.9 Планетарно-шнековий змішувач	27
2 Мета та задачі досліджень	30
3 Дослідження впливу частоти обертання шнека на енергетичні витрати в планетарно-шнековому змішувачі	31
3.1 Конструкція шнеків	34
3.2 Визначення витрат енергії на перемішування в планетарно-шнекових змішувачах	34
3.3 Енергетичні витрати ПШ-24	42
4 Результати експериментів по змішуванню сухого піску Сєверодонецького кар'єру з металевою тирсою	50
4.1 Теорія змішування	50
4.2 Експериментальні результати змішування	56
4.3 Рекомендації до розробки типорозмірного ряду планетарно-шнекових змішувачів	58
5 Техніка безпеки при роботі в лабораторії	60
5.1 Вимоги безпеки перед початком роботи	60
5.2 Вимоги безпеки під час виконання робіт	61

5.3 Вимоги безпеки після закінчення роботи	62
5.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	63
5.5 Вимоги безпеки при роботі на змішувачах	64
Висновки та рекомендації	65
Перелік джерел посилання	66
Додаток А	68
Додаток Б	69
Додаток В	70

Перелік скорочень, умовних познач, одиниць і термінів

$n_{ш}$ - частота обертання шнека, об/хв;

$n_{в}$ - частота обертання водила, об/хв;

θ - кут підйому зовнішньої кромки витка шнека, градус;

d - діаметр вала шнека, м;

μ - коефіцієнт бокового тиску;

D_{ecv} - еквівалентний діаметр, м;

D - діаметр конічного корпусу на глибині h , м;

Δ - зазор між шнеком і корпусом, м;

ρ_n – насипна маса сипучого матеріалу, кг/м³;

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

h – глибина занурення в сипучий матеріал, м;

N – потужність, Вт;

i - кількість проб в виборці, шт;

φ_{θ} – кут зовнішнього тертя сипучого матеріалу об поверхню витка шнека, градус;

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

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

Вступ

Змішувачі сипких матеріалів широко використовуються в наш час в багатьох галузях промисловості: будівельна, хімічна, харчова і т.д. Широке розповсюдження мають деякі конструкції змішувачів, до яких безумовно відносяться планетарно-шнекові.

Метою даної роботи є дослідження планетарно-шнекових змішувачів, а саме впливу частоти обертання шнека на енергетичні витрати. Очевидно, що ефективний змішувач повинен мати високу інтенсивність змішування при відносно не високих енергозатратах. Для дослідження впливу частоти обертання на роботу змішувача використані дані з літературних джерел, а саме результати робіт проведених в Сєвєродонецької філії НДІхіммаш, яка була головною організацією в Міністерстві хімічного машинобудування по змішувальному обладнанню. Також були проведені експериментальні дослідження в лабораторії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля що до впливу частоти обертання шнека на енергетичні витрати.

Результати роботи можуть бути використані при плануванні випуску цій популярної конструкції на вітчизняних підприємствах, а також при конструюванні. Слід прагнути до випуску серійної продукції з використанням принципів стандартизації та уніфікації. Для формулювання висновків використані також результати досліджень що були проведені на тому ж обладнанні іншими дослідниками.

1 Аналітичний огляд

Змішування порошкоподібних продуктів, а також пастоподібних матеріалів здійснюється у спеціальних змішувачах.

Змішувачі можна поділити на наступні групи:

- з обертовим корпусом;
- з обертовими лопатями;
- циркуляційні;
- з використанням псевдозрідженого шару.

Барабанні змішувачі. Одним із найпростіших змішувачів цього типу є кульові млини, що працюють при невеликому числі обертів. При досить довгому часі обертання млини дають гарне перемішування. Недолік полягає в тому, що матеріал піддається додатковому подрібнюванню, що не завжди бажано. Від цього недоліку вільні барабанні змішувачі.

Барабанні змішувачі являють собою циліндричні, призматичні або зіркоподібні (хрестоподібні) камери, що обертаються навколо горизонтальної осі, яка приводиться у рух за допомогою електромотора через пасову передачу. Внутрішня поверхня барабана полірується або вистилається гладенькою жерстю, щоб виключити прилипання порошку. Для поліпшення ефекту перемішування на стінках улаштовують так звані відбійники — вертикальні, спіральні або прямокутні лопаті, розташовані під кутом до напрямку обертання. Барабани обертаються зі швидкістю 6-8 об/хв. і призначені для змішування тільки сипучих матеріалів.

Змішувачі з обертовими лопатями

До другого типу змішувачів відносяться лопатеві змішувачі коритного типу (рис 1.1). так звані «універсальні» змішувачі, що придатні для перемішування сипучих і пластичних мас.



Рисунок 1.1- Змішувачі з обертовими лопатями й змішувачі з обертовим корпусом

Циркуляційні змішувачі

Для перемішування сипучих матеріалів використовують циркуляційні змішувачі. Завислий шар матеріалу утворюється за рахунок наявності обертового ротора з лопатями Колова швидкість ротора не перевищує 40-60 м/с, тому змішування не супроводжується подрібнюванням матеріалу.

Змішувач відцентрової дії

Змішувач складається з корпусу, усередині якого обертається на вертикальній осі відкритий порожнистий конус, розташований більшою основою догори. Змішуваний матеріал переміщується по внутрішній поверхні конуса знизу догори під дією відцентрових сил інерції, викидається з корпусу й утворює завислий шар, усередині якого відбувається інтенсивне змішування. При перемішуванні всередині конуса матеріал зустрічає на своєму шляху ножі, укріплені на рамі, що вільно обертається, з лопатями, які обертаються з меншою швидкістю і сприяють додатковому перемішуванню.

Змішання з використанням псевдозрідженого шару

Змішування компонентів відбувається під дією повітря, що має певну швидкість і тиск. Коли тиск газу більший від опору матеріалу, шар твердих часток набуває плинності. Тверді частки починають рухатися в потоці газу, і весь шар нагадує киплячу рідину (так званий псевдозріджений стан).

Непрямою характеристикою процесу змішування є однорідність складу будь-якої з проб, узятих з різних зон змішувача. На процес змішування впливають наступні фактори: поверхневі сили (електростатичні, молекулярні, Ван-дер-ваальсові), форма і розмір часток та їх щільність. Час змішування простих і складних сполук у сухому стані становить від 3 до 12 хв., а при зволоженому стані — від 5 до 20 хвилин. При змішуванні необхідно також ураховувати характер порошкоподібного матеріалу (токсичність, забарвленість, летючість і т.д.).

Основний принцип змішування: до великої кількості додають меншу, щоб уникнути втрати малих кількостей речовин.[11]

Сипучі матеріали використовуються практично у всіх галузях промисловості і в сільському господарстві. Процес змішування є однією з ключових операцій багатьох технологічних процесів. Змішування завжди супроводжується процесом дозування компонентів, тому ці два процеси доцільно розглядати разом. Інтенсивність процесу змішування і якість готової суміші істотно залежать від фізико-механічних властивостей компонентів і характеру їх руху в робочому обсязі змішувача. Таким чином, при аналізі наукових досліджень процесів дозування і змішування необхідно також розглядати дослідження фізико-механічних властивостей сипучих матеріалів і їх рух в робочому обсязі змішувача.

1.1 V- подібний змішувач з кутером

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).

При цьому спеціальна опція - кутер в ємності, додатково подрібнює і розбиває грудки перемішуємо матеріалу.

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 взаємнотраєкторіямищо перетинаються, 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.

Переваги:

Однорідність змішування компонентів може досягати 99%.

Швидкохідний кутер-подрібнювач сприяє кращому змішуванню матеріалів.

Мінімальний час циклу змішування.

Герметична ємність змішувача.

Дозволяє змішувати матеріали з тендітною структурою.

Зовнішні та внутрішні поверхні змішувача легко піддаються санітарній обробці.

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

За бажанням V-подібний змішувач можна обладнати додаткової оснащенням в будь-якому обсязі і комплектації[12]:

Частотний перетворювач;

Система вакуумної завантаження;

Пневмопривід вивантажного крана (з подачею повітря через ротаційне з'єднання);

Швидкознімне виконання ємності для зручності санітарної обробки;

СІР мийка (душуючої головки);

Огорожа безпеки;

Система підігріву і охолодження ємності;

Система вібрації ємності для вивантаження погано сипучих матеріалів;

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

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



Рисунок 1.2 - V-подібний змішувач з кутером

1.2 V-подібний змішувач

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 взаємоперетинаючих 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.

Переваги:

Однорідність змішування компонентів може досягати 99%.

Мінімальний час циклу змішування.

Герметична ємність змішувача.

Дозволяє змішувати матеріали з тендітною структурою.

Зовнішні та внутрішні поверхні змішувача легко піддаються санітарній обробці.

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

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

Частотний перетворювач;

Система вакуумної завантаження;

Пневмопривід вивантажного крана (з подачею повітря через ротаційне з'єднання);

Куттер (подрібнювач, сікач);

Швидкознімне виконання ємності для зручності санітарної обробки;

CIP мийка ;

Огорожа безпеки;

Система підігріву і охолодження ємності;

Система вібрації ємності для вивантаження погано сипучих матеріалів;

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

Установка Контрольно-Вимірювальних Приборів (КВП) цифровий та аналоговий виходи для віддаленої роботи зі змішувачем, світлова та звукова сигналізація, лічильник кількості оборотів, тахометр, сенсорна TOUCH-панель і т.д.[12]



Рисунок 1.3 - V-подібний змішувач

1.3 Змішувач подвійний конус (біконус)

Змішувач подвійний конус (біконусний, двоконусний) призначений для швидкого і якісного змішування сухих, сипучих, гранульованих матеріалів і компонентів.

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

Біконусний змішувач широко застосовується в харчовій, фармацевтичній, хімічній, косметичній та багатьох інших галузях промисловості.

Принцип роботи:

Завантаження компонентів в змішувач виконується через завантажувальний люк, який герметично закривається кришкою. 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 біконусну ємність, встановлену на станині і забезпечену приводом обертання (мотор-редуктором). Ємність 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 зупиняти ємність в положення «завантаження-вивантаження» (вивантажним краном суворо вниз). Щит управління обладнаний таймером роботи, кнопкою аварійної зупинки і системою захисту управління двигуна.

Переваги:

Однорідність змішування компонентів може досягати 99%.

Мінімальний час циклу змішування.

Герметична ємність змішувача.

Дозволяє змішувати матеріали з тендітною структурою.

Зовнішні та внутрішні поверхні змішувача легко піддаються санітарній обробці.

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

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

Частотний перетворювач;

Система вакуумної завантаження;

Пневмопривід вивантажного крана (з подачею повітря через ротаційне з'єднання);

Куттер (подрібнювач, сікач);

Швидкознімне виконання ємності для зручності санітарної обробки;

CIP мийка (душіруючої головки);

Огорожа безпеки;

Система підігріву і охолодження ємності;

Система вібрації ємності для вивантаження погано сипучих матеріалів;

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

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



Рисунок 1.4 - Змішувач подвійний конус (біконус)[12]

1.4 Змішувач "п'яна бочка"

Змішувач "П'яна бочка" застосовується для швидкого і якісного змішування сухих, сипучих, порошкоподібних, гранульованих матеріалів і компонентів, а так само для опудривання.

Змішувачі такого типу особливо ефективні для перемішування багатокомпонентних сумішей, до складу яких входять компоненти з тендітною структурою.

Гравітаційний змішувач "П'яна бочка" відмінно зарекомендував себе при виробництві харчових продуктів таких як харчові суміші для випічки, харчові добавки, спеції і т.д. Змішувач широко застосовується у фармацевтичній, хімічній, харчовій, металургійній та інших промисловостях. Так як змішувачі даного типу використовуються в різних галузях, то і проектування може бути в різних варіантах і обсягах, згідно з технічними характеристиками замовника.

Принцип роботи:

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

Конструкція:

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 стали, в тому числі з харчової нержавіючої сталі марки AISI 304 або AISI 316. Також змішувач обладнаний системою позиціонування, яка дозволяє зупиняти циліндричну ємність в положення "завантаження" і "вивантаження" (шлюзом строго вниз). Щит управління обладнаний таймером роботи, кнопкою аварійної зупинки і системою захисту управління двигуна.

Переваги:

Однорідність змішування компонентів.

Мінімальний час циклу змішування.

Герметична ємність змішувача.

Дозволяє змішувати матеріали з тендітною структурою.

Зовнішні та внутрішні поверхні змішувача легко піддаються санітарній обробці.

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

За бажанням змішувач "П'яна бочка" можна обладнати додаткової оснащенням в будь-якому обсязі і комплектації:

- Частотний перетворювач;
- Система вакуумної завантаження;
- Пневмопривід вивантажного крана (з подачею повітря через ротаційне з'єднання);



Рисунок 1.5 - Змішувач "п'яна бочка"

- Кутер (подрібнювач, сікач);
- СІР мийка;
- Огорожа безпеки;
- Система підігріву і охолодження ємності;
- Система вібрації ємності для вивантаження погано сипучих матеріалів;
- Адаптація змішувача для роботи з бінами (завантаження і вивантаження в ємності);
- Установка Контрольно-Вимірювальних Приборів (КВП) цифровий та аналоговий виходи для віддаленої роботи зі змішувачем, світлова та звукова сигналізація, лічильник кількості оборотів, тахометр, сенсорна TOUCH-панель і т.д.[12].

1.5 Стрічковий змішувач

Стрічковий змішувач він же горизонтальний змішувач застосовується для змішування сипучих, гранульованих, порошкоподібних матеріалів і компонентів.

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

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

Стрічковий змішувач відмінно зарекомендував себе при виробництві кормових сумішей.

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

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

Принцип роботи:

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

Конструкція:

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

таймером роботи, кнопкою аварійної зупинки і системою захисту управління двигуна.

Переваги:

Однорідність змішування компонентів.

Можливість змішування сухих матеріалів з рідкими компонентами.

Герметична ємність змішувача.

Зовнішні та внутрішні поверхні змішувача легко піддаються санітарній обробці.

Пневмопривід вивантажувального люка.

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

Частотний перетворювач;

Система вакуумної завантаження;

Куттер (подрібнювач, сікач);

СІР мийка;

Огорожа безпеки;

Система підігріву і охолодження ємності;

Система вібрації ємності для вивантаження погано сипучих матеріалів;

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

Установка Контрольно-Вимірювальних Приборів (КВП) цифровий та аналоговий виходи для віддаленої роботи зі змішувачем, світлова та звукова сигналізація, лічильник кількості оборотів, тахометр, сенсорна TOUCH-панель і т.д.[12]



Рисунок 1.6 - Стрічковий змішувач

1.6 Лопатний змішувач

Лопатний змішувач, він же горизонтальний змішувач, застосовується для змішування сипучих, гранульованих, порошкоподібних матеріалів і компонентів.

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

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

Лопатний змішувач відмінно зарекомендував себе при виробництві кормових сумішей.

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

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

Принцип роботи:

Завантаження компонентів в змішувач виконується через завантажувальний люк, який герметично закривається. Робоча ємність має циліндричну форму. Обертання пристроями, всередині ємності, забезпечує тривимірне рух частинок матеріалу. Конструкція лопатевого змішувача дозволяє додавати в суміш рідкі компоненти шляхом уприскування. Вивантаження здійснюється через вивантажний люк обладнаний пневматичним приводом.

Конструкція:

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

Переваги:

Однорідність змішування компонентів.

Можливість змішування сухих матеріалів з рідкими компонентами.

Герметична ємність змішувача.

Зовнішні та внутрішні поверхні змішувача легко піддаються санітарній обробці.

Пневма-привід вивантажувального люка.

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

Частотний перетворювач;

Система вакуумної завантаження;

Куттер (подрібнювач, сікач);

CIP мийка;

Огорожа безпеки;

Система підігріву і охолодження ємності;
Система вібрації ємності для вивантаження погано сипучих матеріалів;
Адаптація змішувача для роботи з бінами (завантаження і вивантаження в ємності);[12]

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

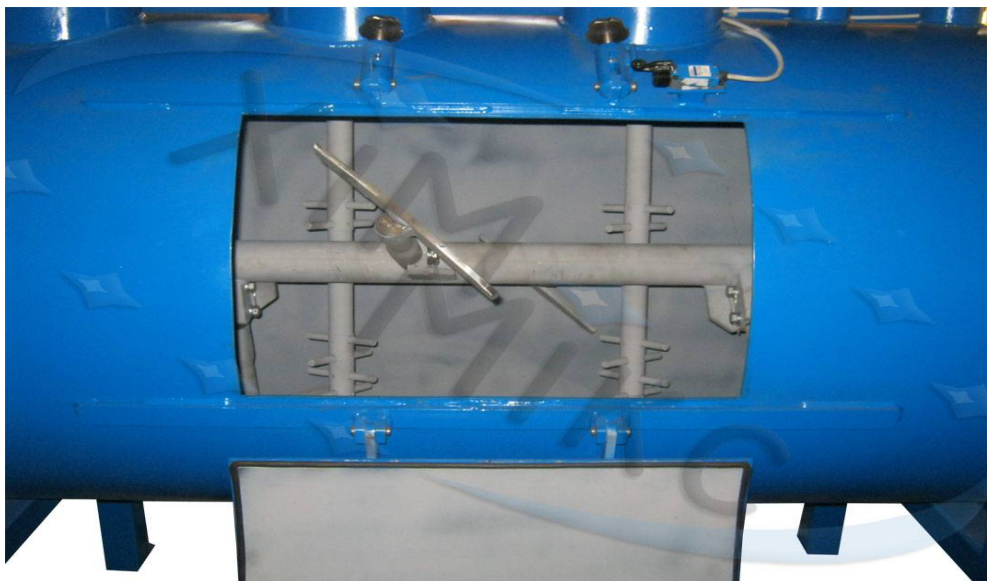


Рисунок 1.7 - Лопатний змішувач

1.7 Шнековий змішувач

Шнековий змішувач, він же горизонтальний змішувач, застосовується для змішування сипучих, гранульованих, порошкоподібних матеріалів і компонентів.

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

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

Шнековий змішувач відмінно зарекомендував себе при виробництві кормових сумішей.

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

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

Принцип роботи:

Завантаження компонентів в змішувач виконується через завантажувальний люк, який герметично закривається. Робоча ємність має циліндричну форму. Обертання пристроями, всередині ємності, забезпечує тривимірне рух частинок матеріалу. Конструкція Шнекові змішувачі дозволяє додавати в суміш рідкі компоненти шляхом уприскування. Вивантаження здійснюється через вивантажний люк обладнаний пневматичним приводом.

Конструкція:[12]

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

Переваги:

Однорідність змішування компонентів.

Можливість змішування сухих матеріалів з рідкими компонентами.

Герметична ємність змішувача.

Зовнішні та внутрішні поверхні змішувача легко піддаються санітарній обробці.

Пневмо-привід вивантажувального люка.



Рисунок 1.8 - Шнековий змішувач

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

Частотний перетворювач;

Система вакуумної завантаження;

Куттер (подрібнювач, сікач);

СІР мийка;

Огорожа безпеки;

Система підігріву і охолодження ємності;

Система вібрації ємності для вивантаження погано сипучих матеріалів;

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

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

1.8 Плужний змішувач

Плужний змішувач застосовується для змішування паст низькою в'язкості, сипучих, гранульованих, порошкоподібних матеріалів і компонентів.

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

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

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

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

Принцип роботи:

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

Конструкція:

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

Переваги:

Однорідність змішування компонентів.

Можливість змішування сухих матеріалів з рідкими компонентами.

Герметична ємність змішувача.

Зовнішні та внутрішні поверхні змішувача легко піддаються санітарній обробці.

Пневма-привід вивантажувального люка.

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

Частотний перетворювач;

Система вакуумної завантаження;

Куттер (подрібнювач, сікач);

CIP мийка;

Огорожа безпеки;

Система підігріву і охолодження ємності[12];



Рисунок 1.9 - Плужний змішувач

1.9 Планетарно-шнековий змішувач

Серед змішувачів циркуляційного типу найбільшого поширення в промисловості отримали планетарно-шнекові. Рекомендуються вони для змішування незв'язних і зв'язно-сипучих матеріалів, а також для змішування сипучих матеріалів з невеликою кількістю рідини. Змішувач з планетарно-

шнековою мішалкою складається з наступних основних частин (рис. 3.1): конічного корпусу 1, кришки 4, приводу 3 шнека 7, приводу 2 водила 10, запірною механізмом 8, коробки 9. Шнек 7, який одержує обертання навколо власної осі від мотор-редуктори (приводу) 3 через дві пари конічних шестерень, що знаходяться в коробках передач 5 і 6, здійснює планетарне обертання навколо осі корпусу змішувача. Обертання водила 10, що забезпечує планетарне обертання шнеку 7, здійснюється від мотор-редуктора 2 через черв'ячний редуктор і пари конічних шестерень. Верхній кінець вала шнека 7 має опору в коробці передач 6, а нижній - в шарнірній опорі, закріпленої в нижній частині корпусу. Шарнірна опора вала шнека є одним з основних вузлів змішувача ПШ. Розміщена вона в сипучому матеріалі, тому її конструкція повинна забезпечити роботу шнека без змащення і запобігти стирання частками сипучого матеріалу шийки вала шнека. Приводи шнека і водила змонтовані на кришці 4 корпусу змішувача. Кришка має ряд технологічних штуцерів для завантаження компонентів суміші, подачі інертного газу, установки вибуховий мембрани, для відбору проб, установки термопар і лаз для огляду внутрішньої частини корпусу. На конічному корпусі 1, що складається з двох частин, що з'єднуються за допомогою фланців, є люк для огляду шарнірної опори і коробки 9 для випуску готової суміші. Отвір, через яке готова суміш виходить у внутрішню частину коробки 9, прикрите клапаном, що має шарнірну опору. Клапан приводиться в рух від механізму 8, що складається з пневмо- або гідроциліндра і важеля передачі. Змішувач ПШ працює наступним чином. Підлягає змішуванню сипучий матеріал завантажують через верхній штуцер в кришці 4 в необхідних кількостях. При обертанні шнека 7 матеріал піднімається його витками вгору близько стінок корпусу. Потім матеріал рухається до осі корпусу, де утворюється спадний потік матеріалу. У вузькій частині корпусу матеріал знову захоплюється витками шнека і піднімається вгору. Рух сипучого матеріалу вгору в окремих зонах біля стін корпусу - переривчасте, воно відбувається тільки в моменти проходження через ці зони шнека 7. Для

збільшення швидкості циркуляції матеріалу в змішувачах з великим об'ємом корпусу змонтований додатковий шнек, вісь якого збігається з віссю корпусу. Його консольна частина з витками досягає приблизно середини корпусу змішувача. Цей шнек збільшує швидкість опускання змішаного матеріалу вниз. Після завершення процесу змішування клапан відкриває отвір в корпусі змішувача, і готова суміш висипається в коробку 9 звідки вона відводиться в приймальну ємність. Випуск суміші з корпусу проводиться при обертових шнеках.

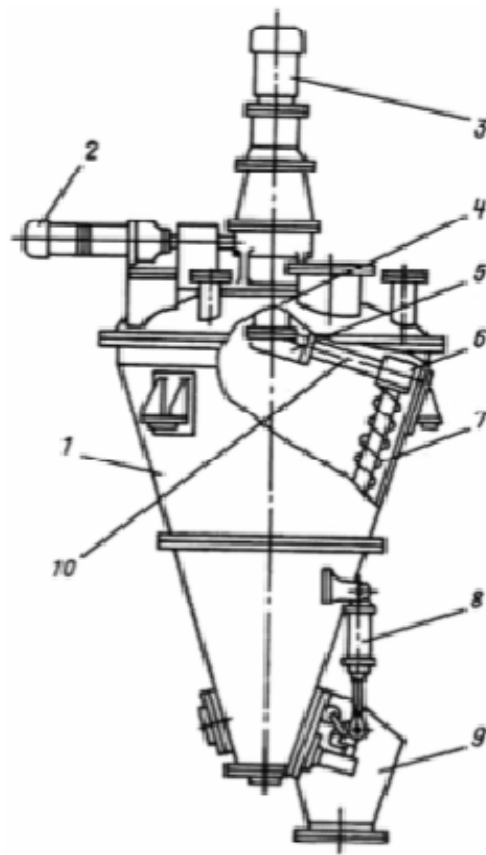


Рисунок 1.10 - Планетарно-шнековий змішувач типу ППШ [13]

Із зарубіжних конструкцій змішувачів з планетарно-шнековою мішалкою найбільшого поширення набув змішувач типу «Nauta» (Голландія), що випускається в трьох модифікаціях: з нижнім (Модель Ма), верхнім (Модель Мв) і роздільним (Модель Мах) приводом планетарного обертання шнека. [13]

2 Мета та задачі досліджень

Метою досліджень є виявлення енерговитрат при перемішуванні сипких матеріалів в планетарно-шнековому змішувачі (ПШ-24).

Наскільки цей апарат конкурентоспроможний та чи є необхідність випускати такий серійно, разом з типорозмірним рядом який буде стандартизований та уніфікований. Тому що випускати одиничну продукцію не буде економічно доцільно, оцінюючи час та кошти які будуть застосовані для виробництва продукції.

Слід оцінити ринки збуту та визначити наскільки рентабельна можливість реалізації своєї продукції, модернізації для отримання менш енерговитратного змішування та метало ємного обладнання. Збільшення строку обладнання, надійності та зручності обслуговування.

У роботі запропоновані емпіричні методи розрахунку технічних параметрів машин виходячи з досвіду експлуатації, які серійно випускають змішувачі конструкції СєверодонецькогоНДІхіммаш.

3 Дослідження впливу частоти обертання шнека на енергетичні витрати в планетарно-шнековому змішувачі

Для проведення експериментів був використаний лабораторний змішувач ПШ-24.

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

Технічні характеристики змішувача ПШ-24

Робочий об'єм, л	20-30;
Привід:	
Двигун постійного струму	
Тип МИ-32	
Потужність, кВт	0,78;
Напруга обмотки збудження, В	220;
Струм обмотки збудження, А	0,3;
Частота обертання ротора, об/хв.	0-2500;
Напруга на якорі, В	0-220;
Струм якоря, А	0-4,1;
Збудження незалежне	
Клино- ремінна передача	
Передаточне число, і	1,7

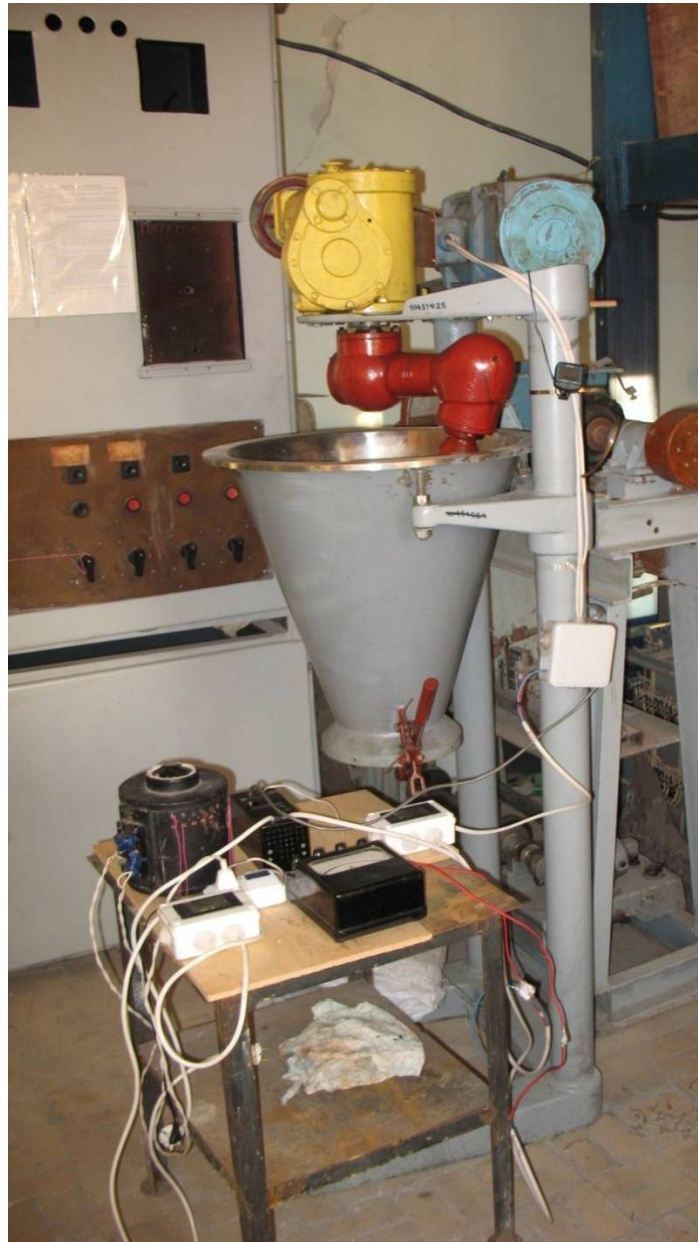


Рисунок 3.1 - Змішувач ПШ-24 (модернізований планетарно-шнековий змішувач фірми «Nauta»(Нідерланди))

Редуктор оригінальний конструкції фірми «Nauta».

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

На шнек момент передається через черв'ячну передачу.

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

Передаточне число на шнек , $i=8,24$;

Передаточне число на водило, $i=21,36$;

Співвідношення частот обертання водила та шнека постійне, $i=17,8$;

При проведенні експериментів практично змінювались:

Частота обертання шнека, $n_{ш}$, об/хв. 0-71;

Частота обертання водила $n_{в}$, об/хв. 0-4.

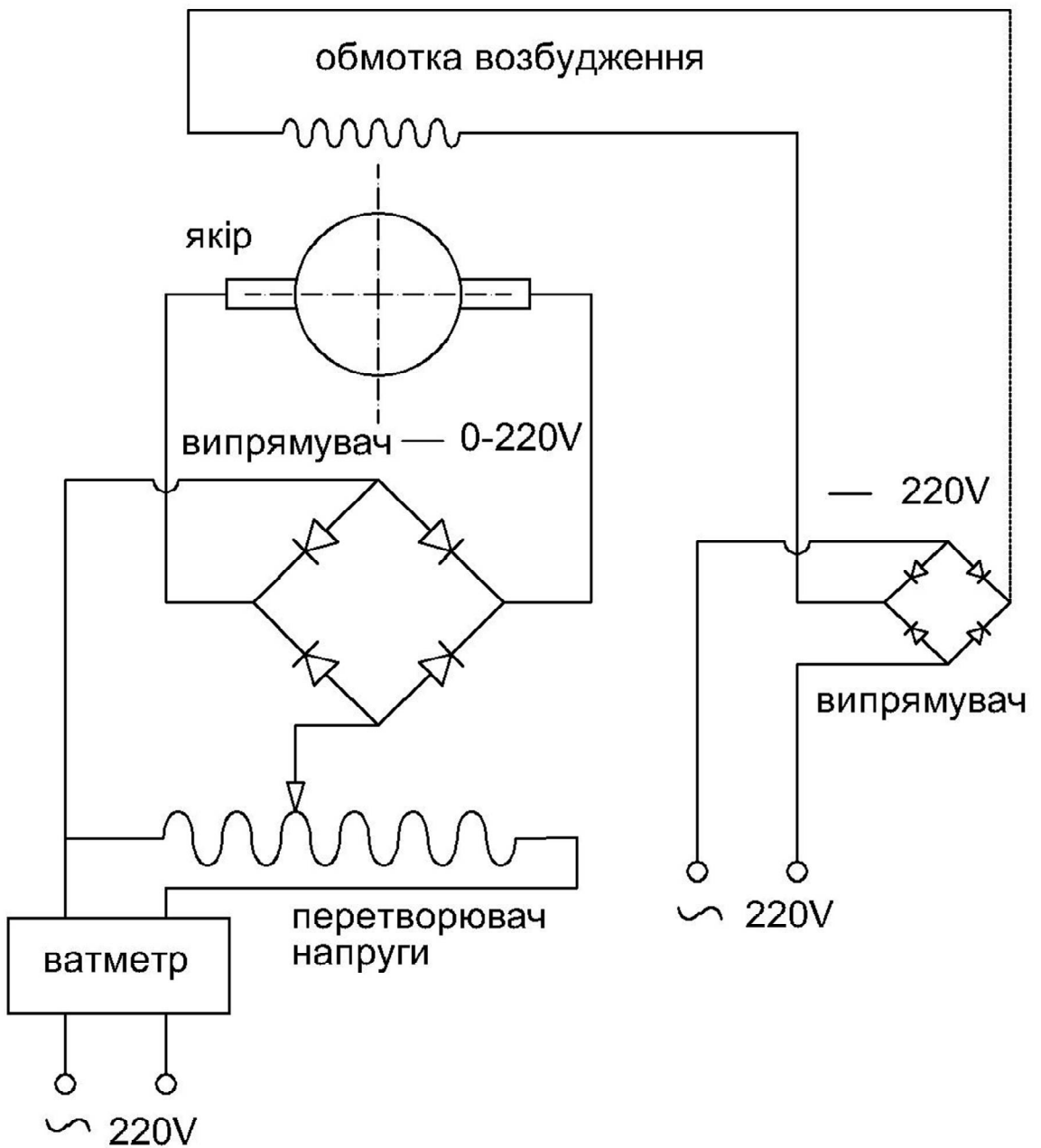


Рисунок 3.2 - Схема підключення двигуна

3.1 Конструкція шнеків

Таблиця 3.1 - Шнеки планетарно - шнекових змішувачів мають наступні характеристики[2]:

Змішувач	Зовнішній діаметр, мм	Внутрішній діаметр, мм	Шаг шнека, мм	Товщина витка, мм	Кут підйому витка по зовнішньому діаметру, °	Кут нахилу осі шнека до вертикалі, °
ПШ-20 (лабораторний)	50	18	32	2	11,5	17
ПШ-24 (лабораторний)	140	25	175	2	21,7	17
ПШ-1000 фірми «Nauta»	310	60	250	5	14,4	17

Очевидно, що кут підйому витка шнека на зовнішньому діаметрі для шнека змішувача ПШ-24 значно більше, ніж на оригінальному шнеку змішувача фірми «Nauta». Було відмічено, що при роботі ПШ-24 спостерігалось значне коливання стрілки амперметра, що свідчить про зміну моменту опору. Тому можливо припустити, що кут 21.7° є занадто великий.

3.2 Визначення витрат енергії на перемішування в планетарно-шнекових змішувачах

Планетарно-шнекові змішувачі широко використовуються для змішування сипучих матеріалів в хімічній промисловості [1], [2]. Однією з проблемовиникають при їх проектуванні є відсутність надійної методики розрахунку моменту, осьових навантажень діючих на шнек, витрати енергії на перемішування. У цій статті пропонується методика розрахунку цих величин.

Для побудови математичної моделі навантажень, що діють на шнек, розіб'ємо рухається уздовж його осі безперервний потік сипучого матеріалу на елементарні шари, що мають висоту

$$dL = \frac{dh}{\cos \alpha}, \text{ діаметр } D_s, \text{ рівний зовнішньому діаметру витків шнека.}$$

На виділений шар сипучого матеріалу, що піднімається по шнеку, діють наступні сили: його вага - dG , сила тертя, що виникає на циліндричній поверхні при обертанні шнека, $-dF$, сила дії витка шнека - dP . Сила dF залежить від тиску сипучого матеріалу на циліндричну поверхню елемента. Всі сили вважаємо прикладеними в одній точці на відстані $D_s / 2$ от осі шнека. Ось шнека нахилена до вертикальної осі конічного корпусу під кутом α , рівним половині кута при вершині конуса. На Рис. 1 наведена схема, яка пояснює просторове розташування цих сил.

Сипучий матеріал має наступні фізико-механічні характеристики: насипну масу - ρ_n , кг / м³, кут внутрішнього тертя - φ , кут зовнішнього тертя - φ_v [3], [4].

Рівняння рівноваги сил, що діють по осі Z

$$\sum Z = dF \cdot \cos(\theta + \varphi_g) + dG \cdot \cos \alpha - dP \cdot \cos \gamma = 0, \quad (3.1)$$

де θ - кут підйому зовнішньої кромки витка шнека.

З цього рівняння отримуємо залежність

$$dP = \frac{dF \cdot \cos(\theta + \varphi_g) + dG \cdot \cos \alpha}{\cos \gamma}, \text{ Н.} \quad (3.2)$$

Кут γ в цих рівняннях дорівнює

$$\gamma = \arctg \left(\frac{dF \cdot \sin(\theta + \varphi_g)}{dG \cdot \cos \alpha + dF \cdot \cos(\theta + \varphi_g)} \right). \quad (3.3)$$

Питання про те, який тиск σ_s діє на циліндричну поверхню елементарного шару залишається відкритим, але можна припустити, що воно дорівнює вертикальному тиску сипучого матеріалу на глибині h .

$$\sigma_s = \sigma_z, \text{ Па.} \quad (3.4)$$

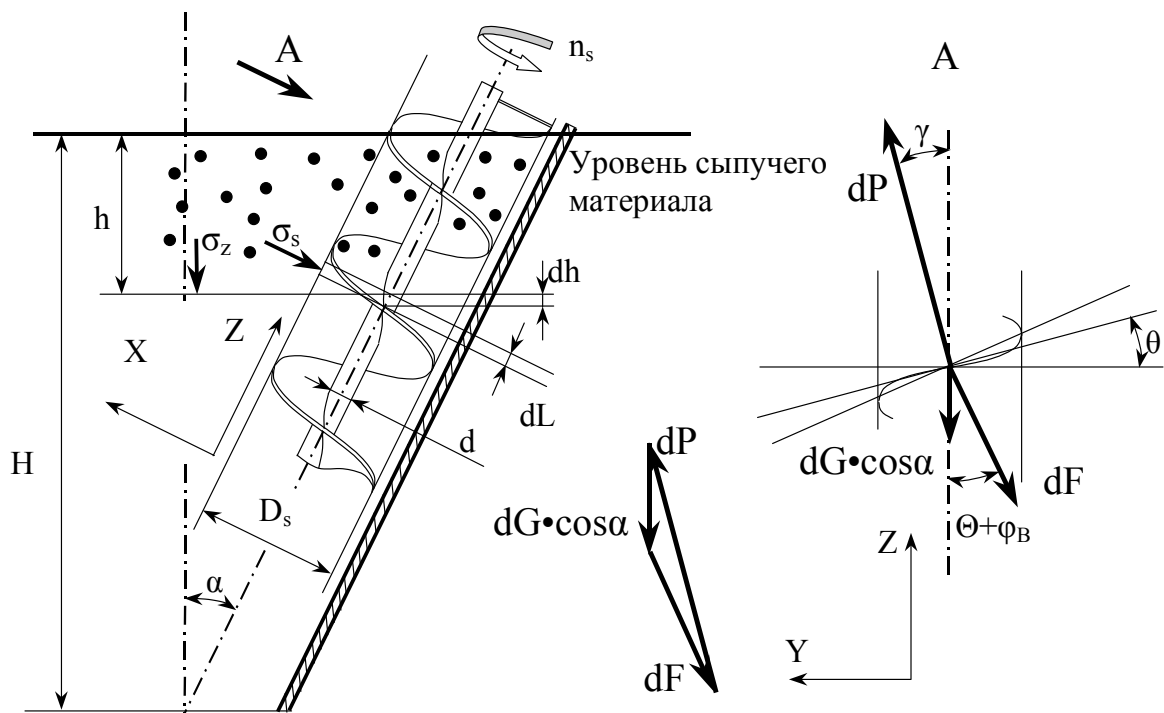


Рисунок 3.3 - Схема сил, що діють на шар сипучого матеріалу, що піднімається по шнеку

Сила тертя, що діє на циліндричну поверхню шару дорівнює

$$dF = \pi \cdot D_s \cdot \frac{dh}{\cos \alpha} \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \sigma_s, \text{ Н.} \quad (3.5)$$

Вага шару

$$dG = \pi \cdot \rho_n \cdot g \cdot \frac{(D_s^2 - d^2)}{4} \cdot \frac{dh}{\cos \alpha}, \text{ Н.} \quad (3.6)$$

де d - діаметр вала шнека, м.

Для визначення вертикального тиску сипучого матеріалу в конусі скористаємося методом плоских перетинів [4]. Розглянемо рівновагу циліндричного елемента сипучого матеріалу висотою dh , що знаходиться на глибині h від поверхні сипучого матеріалу (див. рис.3.3).

Тиск на верхню поверхню елемента дорівнює σ_z . Для наступного елемента, при збільшенні глибини на dh тиск збільшується на $d\sigma_z$. Боковий тиск сипучого матеріалу

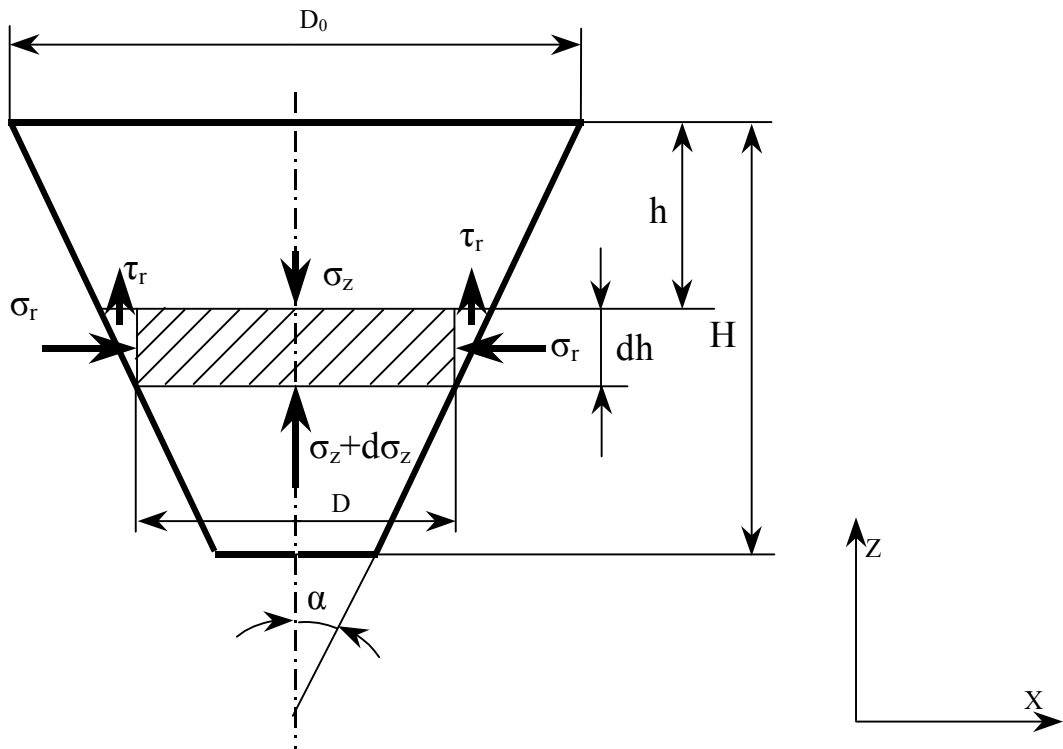


Рисунок 3.4 - Схема сил, що діють на елемент сипучого матеріалу, що знаходиться в конічному бункері.

$$\sigma_r = \sigma_z \cdot \mu, \quad (3.7)$$

де μ - коефіцієнт бокового тиску.

$$\mu = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}. \quad (3.8)$$

$$d\sigma_z = \rho_H \cdot g \cdot dh - \frac{4}{D_{ecv}} \cdot \mu \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \sigma_z \cdot dh, \text{ Па}, \quad (3.9)$$

$$D_{ecv} = D - \frac{D_s}{\cos \alpha}, \quad (3.10)$$

$$D = \frac{(D_s + 2 \cdot \Delta)}{\cos \alpha} + 2 \cdot (H - h) \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (3.11)$$

де D_{ecv} - еквівалентний діаметр, м;

D - діаметр конічного корпусу на глибині $h+dh$, м;

Δ - зазор між шнеком і корпусом, м.

Момент опору обертанню, діючий на шар сипучого матеріалу висотою dL , що рухається по шнеку

$$dM = \frac{\sin \gamma \cdot D_s}{2} \cdot dP, \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (3.12)$$

Осьова сила, що діє на шар сипучого матеріалу висотою dL , що рухається по шнеку

$$dP_{oc} = \cos \gamma \cdot dP, \text{ Н}. \quad (3.13)$$

Момент опору обертанню шнека M і осьова сила, що діє на шнек P_{oc} , виходять підсумовуванням dM і dP_{oc} , підрахованими для елементів шнека висотою dL , вважаючи, що $\sigma_z = 0$ при $h = 0$.

Витрата енергії, споживаної шнеком на перемішування

$$N_s = M \cdot \omega_s, \text{ Вт}, \quad (3.14)$$

де ω_s - кутова швидкість обертання шнека, рад/с.

Якщо скористатися формулою, що визначає осьовий тиск сипучого матеріалу σ_z в вертикальному конічному корпусі [5],

$$\sigma_z = \frac{\rho_H \cdot g}{1-A} \cdot (H-h)^A \cdot H^{1-A} \cdot \left[1 - \left(\frac{H-h}{H} \right)^{1-A} \right], \quad (3.15)$$

$$\text{де } A = \frac{2 \cdot \mu \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \alpha},$$

то після інтегрування диференціального рівняння:

$$dM = \pi \cdot \frac{D_s^2}{2} \cdot \sin(\theta + \varphi_e) \cdot \sigma_z \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \frac{dh}{\cos \alpha} \quad (3.16)$$

і множення його на ω_s , отримаємо формулу для визначення потужності, споживаної шнеком змішувача.

$$N_s = \pi \cdot \rho_n \cdot g \cdot \sin(\theta + \varphi_\theta) \cdot \frac{D_s^2}{4} \cdot \frac{H^2 \cdot \operatorname{tg}\varphi \cdot \operatorname{tg}\alpha}{\cos\alpha \cdot (2 \cdot \mu \cdot \operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\alpha)} \cdot \omega_s, \text{ Вт.} \quad (3.17)$$

Таким чином, можна розрахувати потужність, споживану шнеком або чисельним інтегруванням, скориставшись залежностями (3.1) - (3.14), або використовувати для цієї мети формулу (3.17).

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

$$P_{oc} = \pi \cdot \rho_n \cdot g \cdot \frac{D_s^2}{4} \cdot H \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot H \cdot \cos(\theta + \varphi_\theta) \cdot \operatorname{tg}\varphi \cdot \operatorname{tg}\alpha}{D_s \cdot \cos\alpha \cdot (2 \cdot \mu \cdot \operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\alpha)} \right], \text{ Н.} \quad (3.18)$$

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

У таблиці 3.2 наведені дані отримані при перемішуванні крупнодисперсного абразивного матеріалу - периклаза в планетарно-шнековому змішувачі фірми "Nauta". Змішувач мав діаметр шнека - 0,310 м, кут нахилу шнека до осі корпусу - 17°, кут підйому гвинтової лінії шнека - 14°, частоту обертання шнека - 60 об/хв, частоту обертання водила - 2 об/хв. Привід шнека мав асинхронний двигун потужністю 7,5 кВт, конічної-циліндричний редуктор, муфту, дві конічні зубчасті передачі. Загальний ККД приводу шнека приймаємо рівним 0,7. Привід водила мав асинхронний двигун, потужністю 0,55 кВт. Потужність холостого ходу приводу шнека - 630 Вт, потужність холостого ходу приводу водила - 120 Вт.

У таблиці 3.3 наведені експериментальні дані, отримані при перемішуванні периклаза, в планетарно-шнековому змішувачі ПШ-1 конструкції Сєверодонецького НДІХІММАШ. Змішувач мав зовнішній діаметр шнека (конічного) - 0,20 м, кут нахилу шнека до осі корпусу - 15°, кут при вершині конічного корпусу - 17°, кут підйому гвинтової лінії шнека - 17°, частоту обертання шнека - 120 об/хв, частоту обертання водила - 3,66 об/хв. Привід шнека мав асинхронний двигун потужністю 2,2 кВт,

черв'ячний редуктор, дві конічні зубчасті передачі. Загальний ККД приводу шнека приймаємо рівним 0,6. Привід водила мав асинхронний двигун, потужністю 0,75 кВт. Потужність холостого ходу приводу шнека - 390 Вт, потужність холостого ходу приводу водила - 300 Вт.

Таблиця 3.2-Дані отримані при перемішуванні крупно-дисперсного абразивного матеріалу

маса завантаження, кг	Глибина занурення нижнього кінця шнека в сипучий матеріал, м	Розрахункові значення		Експериментальні значення			
		Витрата енергії, отримана чисельним методом, (3.2.14), Вт	витрата енергії за формулою (3.2.17), Вт	Витрата енергії шнеком при нерухомому водила, з урахуванням ККД	Витрата енергії шнеком при нерухомому водила, Вт	Витрата енергії шнеком при рухомому водила, Вт	Витрата енергії водила, Вт
600	1,03	1145	1077	1638	2340	2430	120
1200	1,43	2183	2086	2202	3150	3780	126
1400	1,53	2511	2406	-	-	4320	150
1700	1,67	2971	2857	2898	4140	4950	180

Периклаз має кут внутрішнього тертя - 26° , кут зовнішнього тертя - 23° , насипну щільність 1800 кг / м³.

Деяку інформацію про розподіл навантаження від дії сипучого матеріалу на витки шнека можна отримати, вивчивши величину і конфігурацію абразивного зносу витків шнека змішувача фірми «Nauta» після тривалої експлуатації (див. табл.3.3). Витки зношувалися вузькою смугою, на відстані приблизно 20 мм від краю витка виробилася канавка, яка мала найбільшу глибину приблизно на відстані 1/3 від нижнього кінця шнека. При сильному зносі від краю витка відділяється спіраль. Величина зносу свідчить про те, що розподіл навантаження на витки шнека від дії сипучого матеріалу близько до того, що прийнято в даній роботі.

Таблиця 3.3- Експериментальні дані, отримані при перемішуванні периклаза, в планетарно-шнековому змішувачі ПШ-1.

маса завантаження, кг	Глибина занурення нижнього кінця шнека в сипучий матеріал, м	Розрахункові значення		Експериментальні значення		
		Витрата енергії, отримана чисельним методом, (14), Вт	Витрата енергії за формулою (17), Вт	Витрата енергії шнеком з урахуванням ККД	Витрата енергії шнеком, Вт	витрата енергії водила, Вт
60	0,38	158	135	306	510	330
120	0,57	340	304	398	663	330
180	0,70	503	458	534	840	330
240	0,81	666	613	594	990	-
300	0,90	816	757	666	1110	-
360	0,98	962	897	738	1230	-
420	1,05	1100	1030	792	1320	-
480	1,12	1247	1172	864	1440	-
540	1,18	1380	1301	936	1560	-
600	1,23	1496	1414	1224	2040	-
700	1,32	1716	1628	1548	2580	420

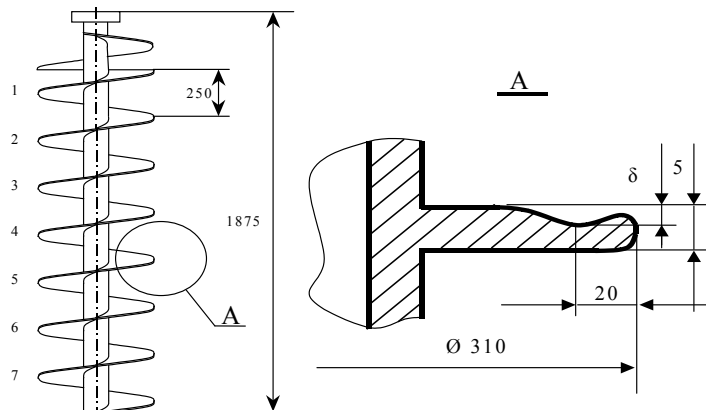


Рисунок 3.5 – Зносвитків шнека.

Таблиця 3.4- Навантаження від дії сипучого матеріалу на витки шнека

№ витка	1	2	3	4	5	6	7
Зносвитка	0,3	1,3	2,7	5,0	3,5	2,4	0,1
δ , мм	3	0	0	0	0	0	0

3.3 Енергетичні витрати ПШ-24

Визначення енергетичних витрат.

Результати експериментів по змішуванню сухого піску в змішувачі ПШ-24

Матеріали для досліджень:

Пісок Сєверодонецького кар'єру:

насипна маса - 1600 кг / м³;

середній розмір частинок - 0,15 мм;

середньоквадратичне відхилення розмірів частинок -0,1 мм;

кут природного укосу - 34 °;

вологість - 0%.

Чавунна тирса :

насипна маса - 3350 кг / м³;

середній розмір частинок - 0,4 мм;

середньоквадратичне відхилення розмірів частинок -0,15 мм;

кут природного укосу - 42 °;

вологість - 0%.

Експериментальне визначення енергозатрат на перемішування визначається як різниця змряної потужності під загрузкою N_v та потужності холостого руху N_{xp}

$$N = N_v - N_{xp} \quad (3.19)$$

Отримані результати приведені в табл. 3.5-3.13.

Витрати енергії на холостому ході в табл.. 3.5.

Таблиця 3.5- Енергетичні витрати на холостому ході

Холостий хід			Показання ватметра PZEM-021			
Частота обертів						
двигуна об/хв	шнека об/хв	води́ла об/хв	N, W	U, V	I, A	cosφ
100	7,14	0,4	16,5	231	0,09	0,79
200	14,29	0,8	20,9	229	0,11	0,82
300	21,43	1,2	27,0	229	0,14	0,84
400	28,57	1,6	35,0	229	0,18	0,84
500	35,71	2	41,6	230	0,22	0,82
750	53,57	3	60,9	232	0,32	0,82
1000	71,43	4	84,6	232	0,45	0,81
1250	89,29	5	108,0	232	0,57	0,81
1500	107,14	6	128,0	232	0,68	0,81

Таблиця 3.6- Енергетичні витрати при завантаженні 5 ліску

Завантаження 5 л піску			Показання ватметра, PZEM-021				Споживана потужність,
Частота обертів							
двигуна об/мин	шнека об/мин	води́ла об/мин	N, W	U, V	I, A	cosφ	Nс, W
200	14,29	0,8	24,8	233	0,12	0,88	3,9
400	28,57	1,6	43,0	218	0,23	0,85	8,0
750	53,57	3	70,0	229	0,38	0,80	9,1
1000	71,43	4	100,0	230	0,53	0,82	15,4

Таблиця 3.7 - Енергетичні витрати при завантаженні 10 л піску

Завантаження 10 л піску			Показання ватметра PZEM-021				Споживана потужність,
Частота обертів							
двигуна об/мин	шнека об/мин	води́ла об/мин	N, W	U, V	I, A	cosφ	Nс, W
200	14,29	0,8	37	233	0,21	0,75	16,1
400	28,57	1,6	57,0	218	0,3	0,87	22,0
750	53,57	3	98,0	229	0,52	0,82	37,1
1000	71,43	4	123,0	230	0,66	0,81	38,4

Таблиця 3.8 - Енергетичні витрати при завантаженні 15 л піску

Завантаження 15 л піску			Показання ватметра PZEM-021				Споживана потужність,
Частота обертів			N, W	U, V	I, A	cosφ	
двигуна об/мин	шнека об/мин	води́ла об/мин					Nc, W
200	14,29	0,8	44	233	0,24	0,78	23,1
400	28,57	1,6	73,0	218	0,39	0,85	38,0
750	53,57	3	115,0	229	0,63	0,79	54,1
1000	71,43	4	150,0	230	0,82	0,79	65,4

Таблиця 3.9 - Енергетичні витрати при завантаженні 20 л піску

Завантаження 20 л піску			Показання ватметра PZEM-021				Споживана потужність,
Частота обертів			N, W	U, V	I, A	cosφ	
двигуна об/мин	шнека об/мин	води́ла об/мин					Nc, W
200	14,29	0,8	55	233	0,29	0,81	34,1
400	28,57	1,6	80,0	218	0,43	0,85	45,0
750	53,57	3	135,0	229	0,74	0,79	74,1
1000	71,43	4	170,0	230	0,85	0,86	85,4

Таблиця 3.10 - Енергетичні витрати при завантаженні 25 л піску

Завантаження 25л піску			Показання ватметра PZEM-021				Споживана потужність,
Частота обертів			N, W	U, V	I, A	cosφ	
двигуна об/мин	шнека об/мин	води́ла об/мин					Nc, W
200	14,29	0,8	57	233	0,3	0,81	36,1
400	28,57	1,6	93,0	218	0,52	0,82	58,0
750	53,57	3	151,0	229	0,81	0,81	90,1
1000	71,43	4	195,0	230	1,04	0,81	110,4

Результати приведені в табл. 3.5-3.13 зображені також в графічному вигляді на рис. 3.6, 3.7. Крім того на 3.8 приведені результати вимірювання енерговитрат з додатковим змішувальним елементом.

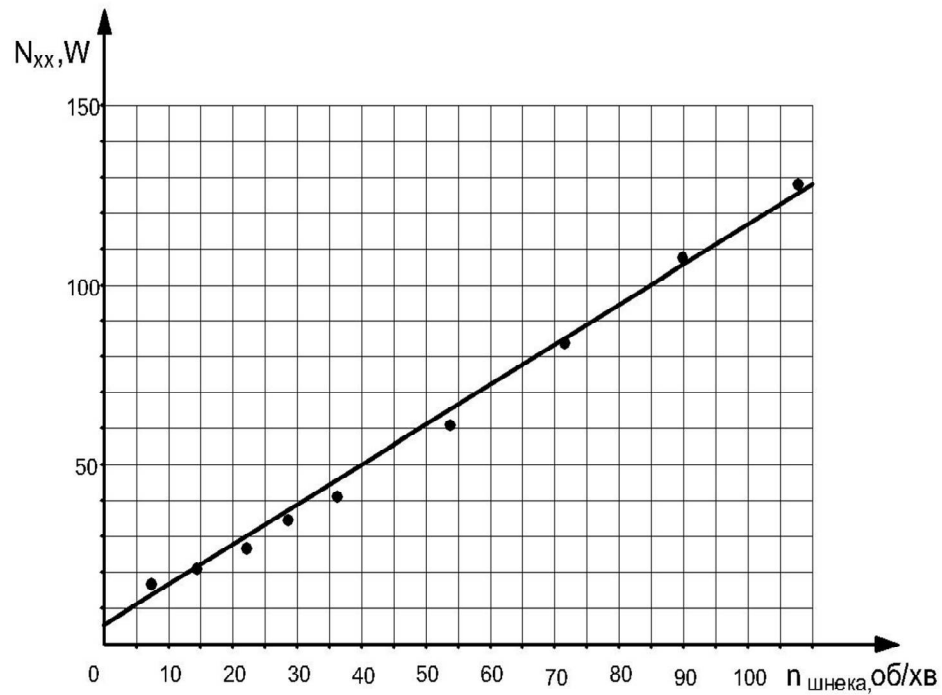


Рисунок 3.6 - Залежність потужності холостого ходу привода від частоти обертання шнека

Таблиця 3.11 - Енергетичні витрати при завантаженні 30 л піску

Завантаження 30 л піску			Показання ватметра PZEM-021				Споживана потужність, W
Частота обертів			N, W	U, V	I, A	cosφ	
двигуна об/мин	шнека об/мин	води́ла об/мин					
200	14,29	0,8	61	225	0,34	0,79	40,1
260	18,57	1,04	77	222	0,42	0,82	52,4
400	28,57	1,6	109	223	0,60	0,81	64,0
500	35,71	2	122,0	221	0,66	0,83	80,4
750	53,57	3	170,0	222	0,93	0,82	109,1
1000	71,43	4	216,0	220	1,17	0,83	125,4

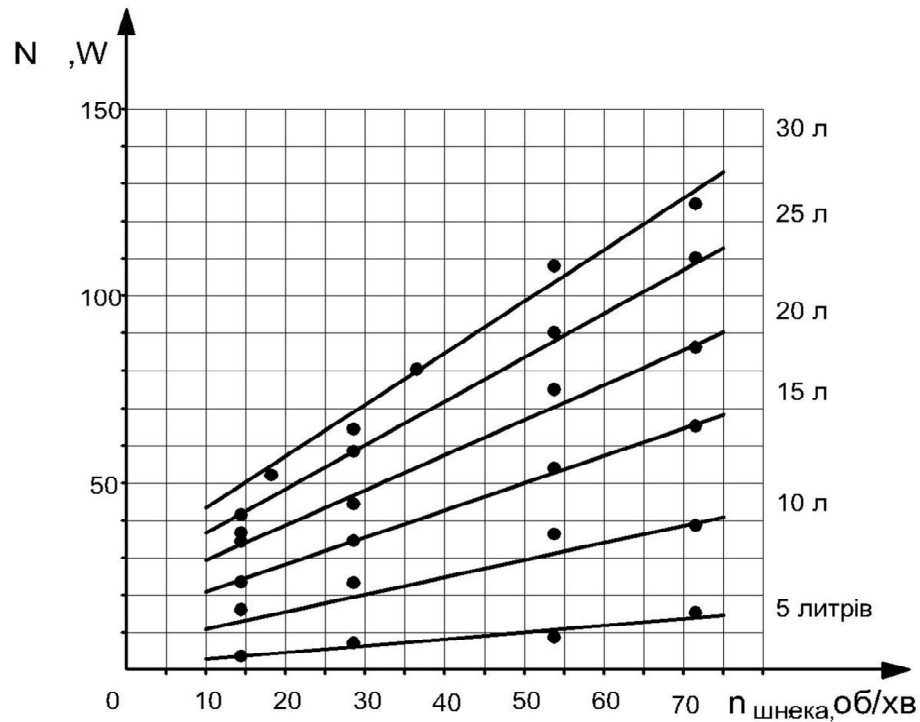


Рисунок 3.7 - Залежність енергетичних витрат на змішення від частоти обертання шнека при різних завантаженнях змішувача ПШ-24 піском.

Таблиця 3.12 - Енергетичні витрати при завантаженні 30 л піску одним додатковим елементом

Завантаження 30 л піску			Показання ватметра PZEM-021				cosφ	Споживана потужність, Nс, W
Частота обертів двигуна об/хв	шнека об/хв	води́ла об/хв	N, W	U, V	I, A			
260	18,57	1,04	70	228	0,36	0,85	50,44	
500	35,71	2	120,0	226	0,65	0,81	85,0	
1020	72,86	4,08	216,0	228	1,13	0,81	131,4	

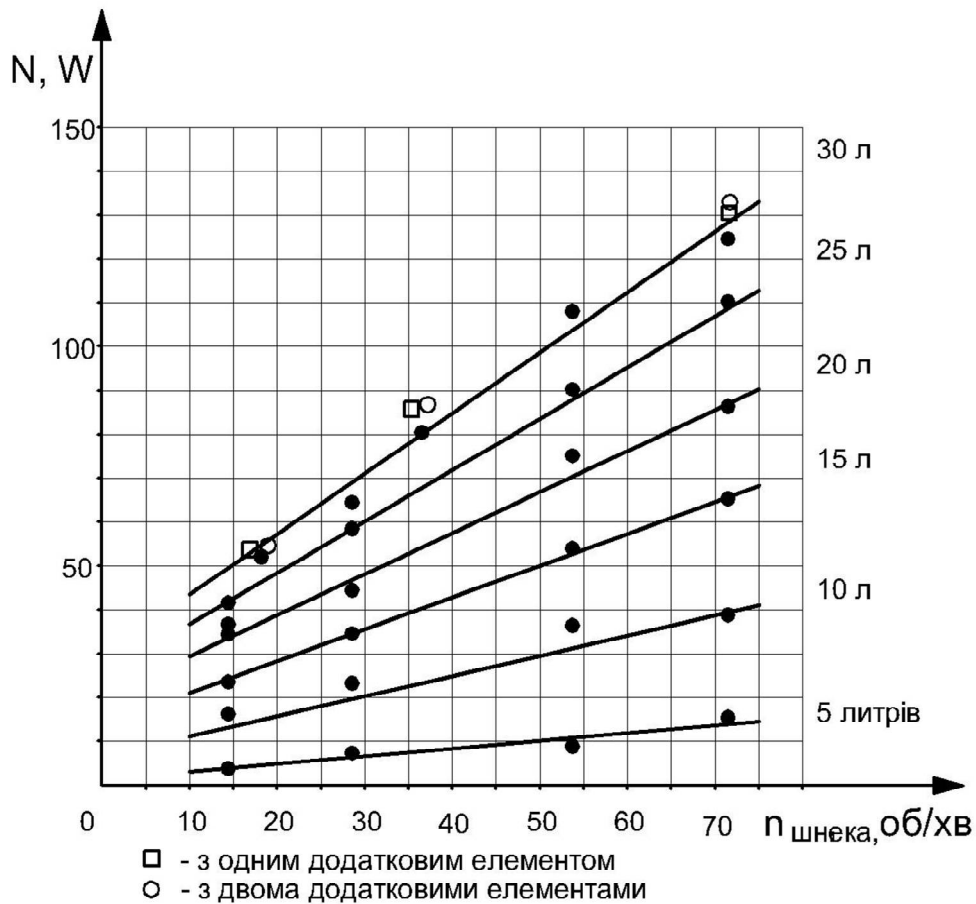


Рисунок 3.8- Залежність енергетичних витрат на змішення з додатковими елементами від частоти обертання шнека при різних загрузках змішувача ПШ-24 піском

Таблиця 3.13 - Енергетичні витрати при завантаженні 30 л піску з двома додатковими елементами

Загрузка 30 л піску			Показання ватметра PZEM-021			Cosφ	Потребляема потужність, Nc, W
Частота обертів			N, W	U, V	I, A		
двиг об/мин	шнека об/мин	водила об/мин					
260	18,57	1,04	77	222	0,42	0,82	52,4
500	35,71	2	122,0	221	0,66	0,83	87,0
1020	72,86	4,08	217,0	220	1,17	0,84	132,4

На рис.3.8 показано зміна затрат енергії виміряна ватметром постійного струму PZEM-051. Цій ватметр показує завищенні значення. Однак характер змін можливо відображене вірно. Момент що крутить показаний на рис. 3.10. З підвищення частоти обертання він зніжується. Можливо припустити, що при цьому відбувається роз рихлення сипкого матеріалу. Це вигідний режим роботи. Змішувачі фірми «Nauta» працюють в саме такому режимі.

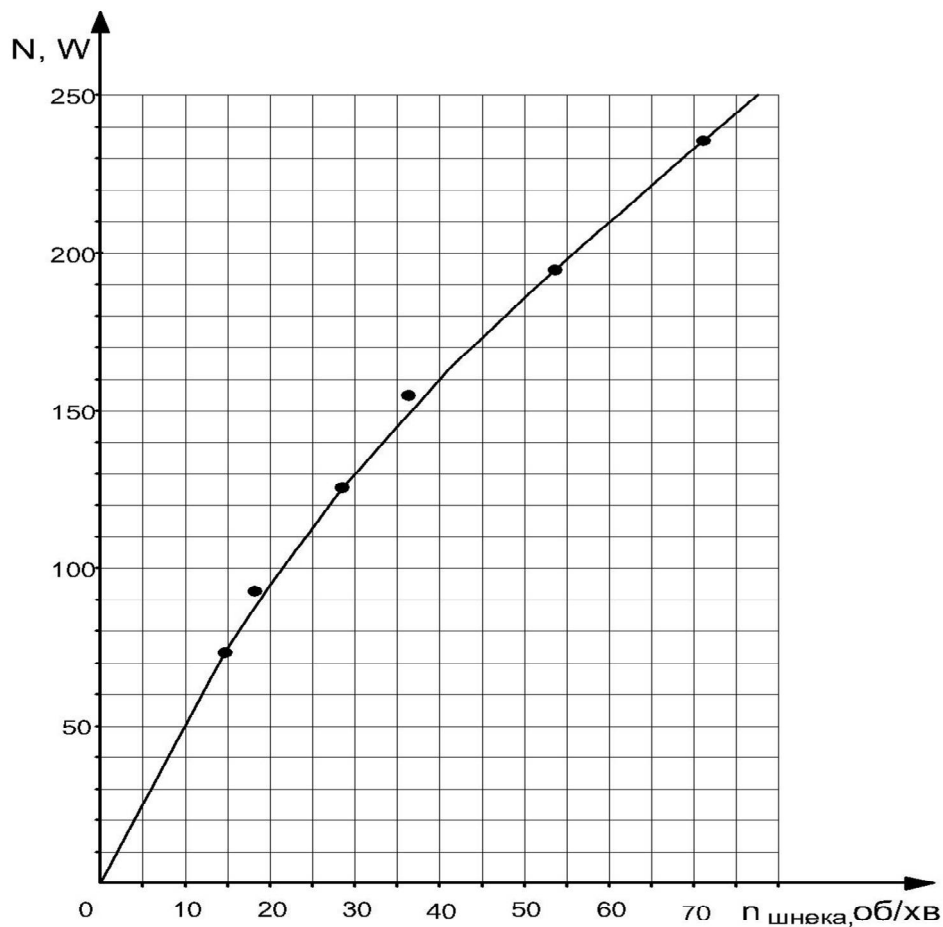


Рисунок 3.9 - Потужність PZEM-051

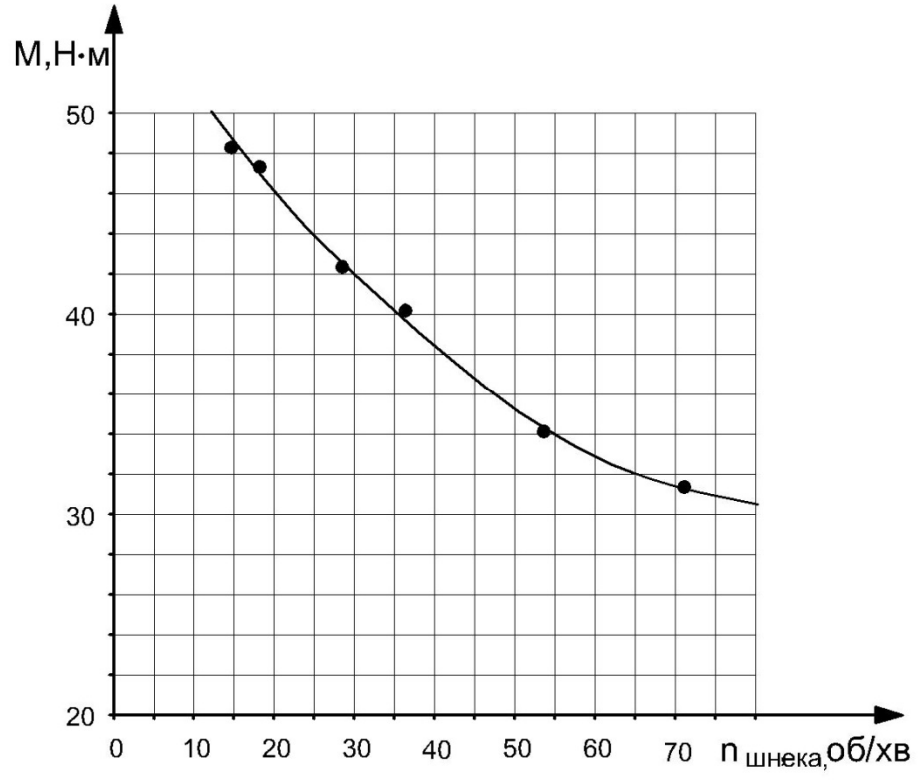


Рисунок 3.10– Момент, що крутить

4 Результати експериментів по змішуванню сухого піску Сєверодонецького кар'єру з металевою тирсою

Ефективність роботи змішувача оцінюється за допомогою вивчення розподілу компонентів в його корпусі. Для чого відбираються проби з різних точок. Якість розподілу характеризують коефіцієнтом неоднорідності V_c .

4.1 Теорія змішування

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

У наведених нижче дослідах в змішувач завантажували сухий пісок і металеву тирсу. Тирсу завантажували на поверхню піску. У процесі змішування відбувався розподіл тирси в піску.

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

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

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

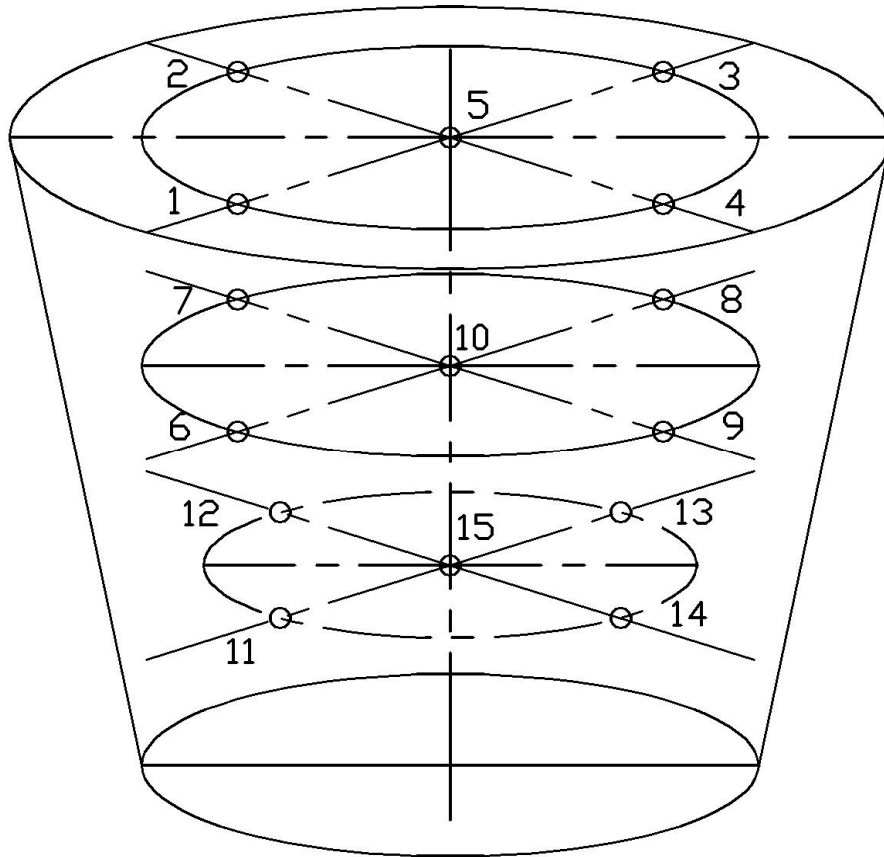


Рис. 4.1 - Схема відбору проб з корпусу змішувача

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. 1.1) і вироблялося порівняння групових середніх концентрацій за допомогою критерію Стьюдента.

Виправлена вибіркова дисперсія S_u^2 є оцінкою за кількома пробами генеральної дисперсії S^2 . Генеральна дисперсія - це величина, яка була б отримана при аналізі всього обсягу сипучого матеріалу, після поділу його на проби, при цьому трудомісткість аналізу проб була б величезною.

$$S_u^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (4.1)$$

де x_i - масова частка ключового компонента в i -ої пробі;

n - кількість проб у вибірці

Зазвичай при дослідженні однорідності розподілу сипучих компонентів не враховується, що S_u^2 , а, отже S_u^2 , є сумою декількох дисперсій [3], [4]

$$S_u^2 = S_s^2 + S_a^2 + S_R^2 \quad (4.2)$$

де S_s^2 - дисперсія, викликана недосконалим розподілом ключового компонента в змішувачі (наявністю сегрегації або континумів);

S_a^2 - дисперсія аналізу, передбачена похибкою визначення змісту ключового компонента в пробах;

S_R^2 - дисперсія при рандомальному (ідеальному випадковому) розподілі часток компонентів у змішувачі.

Дисперсію рандомального розподілу S_R^2 для двокомпонентної суміші можна розрахувати за формулою Штанге [3], [4]

$$S_R^2 = \frac{c_p \cdot c_q}{G} \cdot [c_p \cdot \bar{\gamma}_q \cdot (1 - V_g^2) + c_q \cdot \bar{\gamma}_p \cdot (1 - V_p^2)] \quad (4.3)$$

де G - маса проби, г;

c_p, c_q - масові частки ключового і основного компонента в суміші;

$\bar{\gamma}_p, \bar{\gamma}_q$ середні маси частинок ключового і основного компонентів в суміші, г;

V_p, V_q - коефіцієнти варіації розподілу часток ключового і основного компонентів по масам.

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

S_a^2 може бути отримана за допомогою статистичної обробки залежних вибірок [5]. Залежними називаються вибірки, у яких проби взяті з одних і тих же точок корпусу змішувача. Теоретично, проби, взяті з одних і тих же точок повинні містити однакову частку ключового компонента. Практично, проби з рівною часткою ключового компонента можна отримати, якщо взяти пробу вдвічі більшої ваги, ніж потрібно для аналізу, добре перемішати вручну і розділити на дві.

$$S_a^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\delta x_i - \bar{\delta x}_i)^2}{n - 1} \quad (4.4)$$

де δx_i - різниця між значеннями масової частки ключового компонента в відповідних пробах залежних вибірок;

$\bar{\delta x}_i$ - середня різниця масових часток ключового компонента в відповідних пробах залежних вибірок;

n - кількість пар залежних проб в кожній вибірці.

Зазвичай з кожної точки відбору проб береться за дві залежних проби. В цьому випадку:

$$\delta x_i = x_{i1} - x_{i2} , \quad (4.5)$$

$$\bar{\delta x} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{i1} - x_{i2})}{n} , \quad (4.6)$$

де x_{i1}, x_{i2} - масові частки ключового компонента в відповідних пробах першої і другої залежних вибірок.

При визначенні концентрацій ключового компонента в залежних вибірках необхідно, щоб лаборанту, який виконує аналіз, не було відомо, які саме проби відібрані з однакових точок змішувача, інакше (спостерігається психологічний ефект) проявляється тенденція до зменшення різниці концентрацій між ними. Можна, наприклад, змінити номери проб, з якої ні будь системі. Потім при підрахунку S_a^2 відновити колишній порядок.

На рис. 4.2 показана крива зміни дисперсії S_u^2 під час змішування.

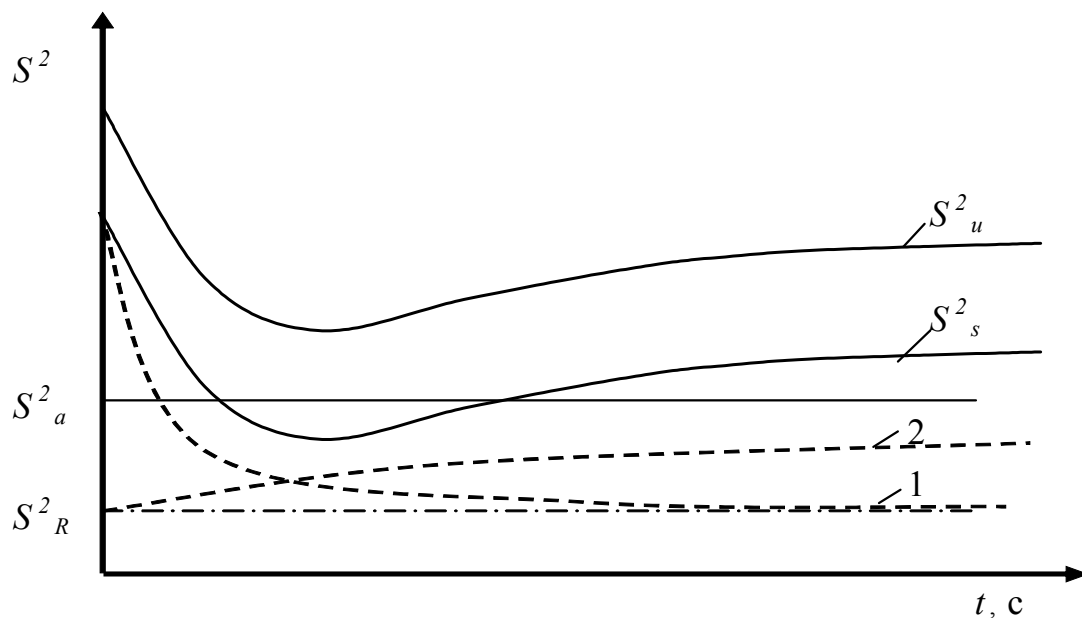


Рисунок 4.2 Зміна дисперсії розподілу ключового компонента при змішуванні

Крива S_u^2 показує значення дисперсії, отримані шляхом статистичної обробки проб вибірки

Крива S_s^2 показує справжні значення дисперсії. Ці значення були б отримані при абсолютно точному визначенні змісту ключового компонента в пробах.

Процес розподілу компонентів, що характеризується зміною S_s^2 , є сумою двох одночасно протікаючих процесів 1 - розподілу компонентів в корпусі змішувача і 2 - сегрегації компонентів (див. рис. 4.2).

При досить тривалому змішуванні могло б бути досягнуто ідеальне випадкове (рандомальний) розподіл компонентів - S_R^2 , але в більшості випадків воно не досягається, так як відбувається і сегрегація.

Сегрегація - складне і маловивчене явище. Можна лише відзначити, що вона характерна для незв'язних сипучих матеріалів. Основними факторами, що впливають на сегрегацію компонентів, різні автори називають різницю розмірів частинок, різниця щільності та інші. Процеси розподілу компонентів і сегрегації залежать від конструкції змішувача і від способу його завантаження.

Слід мати на увазі, що в тому випадку, коли вимірювана дисперсія S_u^2 близька до $S_a^2 + S_R^2$, важко судити про те наскільки однорідна суміш в дійсності. На виробництві ця обставина часто не враховується, тому змішання триває значно довше, ніж потрібно для досягнення необхідної однорідності або бракується досить однорідна партія продукту. Дуже довге змішання іноді призводить до погіршення суміші через прояви сегрегації.

На підставі вище викладеного впливає, що коефіцієнт неоднорідності V_c не містить інформації про те, чому компоненти розподілені неоднорідне, може бути змішання не доведена до кінця, а може бути, сталася сегрегація компонентів в будь-якому напрямку. Його застосування виправдане, якщо потрібна тільки порівняти ефективність процесів змішання для композицій однакового складу. В цьому випадку, для коректного порівняння, з змішувачів повинні відбиратися проби однієї маси, а аналіз змісту ключового компонента в пробах повинен проводитися за однаковою методикою. Корисно так само підрахувати теоретично однорідність суміші при рандомальному розподілі і визначити похибка аналізу, для того, щоб

переконалися, що ці величини не мають істотного впливу на отримані результати.

Однак якщо потрібно вивчити розподіл компонентів в корпусі змішувача, визначити напрямок, в якому відбувається сегрегація, вказати заходи, щодо вдосконалення конструкції змішувача, то доцільно застосування методів математичної статистики. Хороші результати дає застосування методів дисперсійного аналізу і порівняння вибірових середніх даних [5], [6].

4.2 Експериментальні результати змішування

Результати визначення розподілу компонентів приведені в додатках (таблиці Д А-Д В). Однорідний розподіл досягається приблизно за 6 хвилин.

Найбільш повільне розподілення спостерігається в радіальному напрямку.

На рисунках 4.3, 4.4 показана поверхня матеріалу перед початком змішування та через 12 обертів водила.



Рисунок 4.3 - Поверхня матеріалу перед початком змішування



Рисунок 4.4 - Поверхня матеріалу після 12 обертів водила

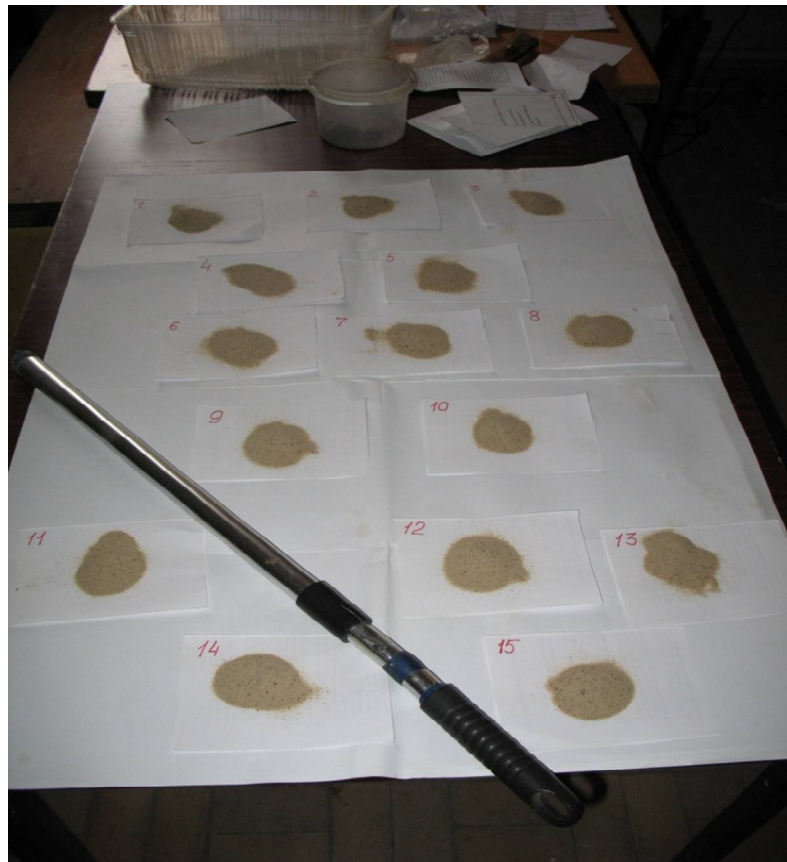


Рисунок 4.5 - Відбір проб після 12 обертів водила

4.3 Рекомендації до розробки типорозмірного ряду планетарно-шнекових змішувачів

Скористаємось досвідом фірм, які довгий термін займаються виробництвом цього типу змішувачів. Вони добре вивчили потрібність в них. Наприклад фірма SHUANGLONG GROUP (Китай) випускає наступну номенклатуру планетарно-шнекових змішувачів

Таблиця 4.1 - Рекомендована номенклатура планетарно-шнекових змішувачів.

Модель	Загальний об'єм	Робочий об'єм	Потужність
DSH-0.1	100L	40-60L	1.5KW
DSH-0.3	300L	120-180L	2.2KW
DSH-0.5	500L	200L-300L	3KW
DSH-1	1000L	400L-600L	4KW
DSH-1.5	1500L	600L-900L	5.5KW
DSH-2	2000L	800L-1200L	5.5KW
DSH-3	3000L	1200L-1800L	7.5KW
DSH-4	4000L	1600L-2400L	11KW
DSH-5	5000L	2000L-3000L	15KW
DSH-6	6000L	2400L-3600L	15KW
DSH-8	8000L	3200L-4800L	18.5KW
DSH-10	10000L	4000L-6000L	22KW
TwoMotors			
DSH-10	10000L	4000L-6000L	22KW; 4KW
DSH-12	12000L	4800L-7200L	30KW; 4KW
DSH-15	15000L	6000L-9000L	22KW; 4KW
DSH-20	20000L	8000L-12000L	37KW; 5.5KW
DSH-25	25000L	10000L-15000L	37KW; 5.5KW
DSH-30	30000L	12000L-18000L	45KW; 7.5KW

Приклад позначення планетарно-шнекового змішувача:

номінальний об'єм -12 м³; окремі приводи на шнек та водило;
корозійностійке виконання (12X18H10T); вибухозахисне; періодичної

дії;приводи з нерегульованою частотою обертання шнека;без сорочки;Розвантаження через клапанний затвор

DSH-12/2/3/5/7/10/12/13

Таблиця 4.2 - Рекомендовані виконання змішувачів

1	З загальним приводом водила та шнека
2	З окремими приводами водила та шнека
3	Корозійностійке (12X18Н10Т)
4	Некорозійностійке (Ст 3)
5	Вибухозахищене
6	Невибухозахищене
7	Періодичної дії
8	Безперервної дії
9	Приводи з регульованою частотою обертання шнека (sem-eurodrive.ua (produkt))
10	Приводи з нерегульованою частотою обертання шнека (elektronpo.ru/production))
11	З сорочкою
12	Без сорочки
13	Розвантаження через клапанний затвор
14	Розвантаження через шиберний затвор

5 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 пожежегасіння (вогнегасник, ящик з піском)

5.1 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.

5.2 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 захищувати 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.

5.3 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

5.4 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.

5.5 Вимоги безпеки при роботі на змішувачах

При роботі на змішувальному обладнанні слід виконувати наступні заходи 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 корпусі 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.

Висновки та рекомендації

По результатах проведених робіт встановлено.

Енергетичні витрати на змішування залежать від частоти обертання шнека, від коефіцієнта завантаження корпусу, фізико-механічних характеристик сипких матеріалів.

Енергетичні витрати від частоти обертання шнека мають приблизно лінійну залежність.

Для визначення необхідної потужності привода рекомендується формула (3.17).

Для підвищення конкурентоспроможності вітчизняних змішувачів рекомендується розробити типорозмірні ряди найбільш ефективних змішувачів, та перейти до їх серійного випуску.

Корисно прагнути зниження матеріалоемності змішувачів та підвищення ефективності конструкції, наприклад, встановлення другого шнека, або додаткових змішувальних елементів на водила.

Нажаль більшість вітчизняних підприємств займаються випуском одиничних машин, або невеликих серій, що не є економічно доцільним. Тим самим зменшують можливість реалізації як для внутрішнього ринку, так і для зовнішнього.

Перелік джерел посилання

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. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. М.: МИХМ, 1984.
8. 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, газозварювання»
9. Інструкція з безпеки життєдіяльності № 8 при виконанні лабораторних робіт студентами кафедри машинознавства та обладнання промислових підприємств (МОПП) Сєверодонецьк, СНУ ім. В. Даля, факультет інженерії, 2017.
10. 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.

11. Змішування порошкоподібних продуктів, а також пастоподібних матеріалів, 2006. URL:<https://buklib.net/books/36209/>
12. Смесители для сыпучих материалов, 2009. URL:<http://himmiks.com.ua/katalog/smesiteli/smesiteli-dlya-sypuchikh-materialov>
13. Борщев В.Я., Гусев Ю.И., Промтов М.А., Тимонин А.С. Оборудование для переработки сыпучих материалов.

Таблиця А.1 - Результати змішування піску та чавунної тирси та піску
(здійснено 1оберт водила)

№ проби	Маса ключевого компонента,	Маса основного компонента,	Зміст ключевого компонента,
	г	г	%
1	2,960	12,5	19,146
2	0	18,700	0,000
3	0	9,000	0,000
4	0	13,2	0,000
5	0,120	15,995	0,745
6	0,800	17	4,494
7	0,070	16,900	0,412
8	0,100	14,994	0,663
9	2,580	16,000	13,886
10	1,292	15,900	7,515
11	0,495	14,700	3,258
12	0,110	17,400	0,628
13	0,200	15,894	1,243
14	0,210	18,500	1,122
15	0,800	17,696	4,325
		$X_{cp}=3,8$	
		$V_c=148$	

Середні по вертикалі розлічуються незначно

Середні по окружності розлічуються значно

Таблиця Б.1 - Результати змішування піску та чавунної тирси та піску
(після 5обводи)

№ проби	Маса ключового компонента,г	Маса основного компонента, г	Зміст ключового компонента, %
1	1,193	16,618	6,698
2	0,992	16,900	5,544
3	0,507	12,907	3,780
4	0,803	13,296	5,695
5	1,03	16,895	5,746
6	1,136	16,9	6,299
7	1,098	14,708	6,947
8	0,7	15,003	4,458
9	1,094	15,190	6,718
10	0,901	15,910	5,360
11	0,902	16,700	5,124
12	0,897	14,903	5,677
13	0,701	13,000	5,116
14	1,001	17,400	5,440
15	1,092	19,393	5,331
		$X_{cp}=5,596$	
		$V_c=15,128$	

Середні по вертикалі розлічуються незначно

Середні по окружності розлічуються значно

Таблиця В.1- Результати змішування піску та чавунної тирси та піску

(після 12об водила)

№ проби	Маса ключевого компонента, Г	Маса основного компонента, Г	Зміст ключевого компонента, %
1	0,889	15,9	5,295
2	0,935	15,900	5,554
3	0,861	15,700	5,199
4	0,611	11,4	5,087
5	0,81	14,740	5,209
6	1,039	18,85	5,224
7	0,931	16,810	5,248
8	1,029	18,900	5,163
9	0,870	15,002	5,481
10	0,871	15,997	5,164
11	1,014	17,250	5,552
12	1,12	19,220	5,506
13	0,770	13,570	5,370
14	1,090	19,880	5,198
15	0,89	15,5	5,430
		Хср=5,312	
		Vс=2,947	

Середні по вертикалі різняться незначно

Середні по окружності різняться незначно