

Зміст

Скорочення та умовні позначки	5
Вступ	6
1. Аналітичний огляд	7
2. Ціль та задачі досліджень	33
3. Експериментальне дослідження енергетичних витрат в апаратах з вертикальним ротором	34
4. Дослідження процесу змішування сипких матеріалів в змішувачах з вертикальним ротором	51
5. Розробка типорозмірного ряду планетарно-шнекових змішувачів	59
6. Економічна оцінка ефективності випуску планетарно-шнекових змішувачів	62
7. Техніка безпеки при роботі в лабораторії	65
8. Висновки та рекомендації	71
Перелік джерел посилання	72
Додатки	74

Скорочення та умовні позначки

N – потужність, Вт;

n – частота обертання, об/хв.;

i - кількість проб;

x_{ikJ} – концентрація ключового компонента в i - ой пробі kJ -ій групи;

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

ρ_n – насипна маса сипучого матеріалу;

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

h – глибина занурення в сипучий матеріал, м;

μ - коефіцієнт бокового тиску;

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

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

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

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

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

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

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

Вступ

Змішання сипучих матеріалів є процесом перегрупування частинок компонентів, які проходять під зовнішнім впливом до досягнення заданого ступеня однорідності суміші [1].

Змішання широко використовується в практиці переробки твердих відходів для усереднення складу дисперсних відходів, приготування на їх основі шихтових матеріалів і отримання різних мас, що забезпечують можливість переробки вторинних матеріальних ресурсів в товарні продукти.

Для перемішування твердих сипучих (порошкоподібних) і пастоподібних матеріалів, т. є. Взаємного переміщення частинок оброблюваних матеріалів, застосовують пневматичний, гравітаційний та механічний способи.

Пневматичне перемішування полягає в пропущенні повітря або газу через шар перемішуються порошоків в підвішеному шарі.

Гравітаційне перемішування здійснюється різними механічними пристосуваннями, які піднімають твердий сипучий матеріал на певну висоту і потім він опускається під дією сили тяжіння, описуючи більш-менш складні траєкторії [3].

Механічне перемішування сипучих і пастоподібних матеріалів досягається обертанням різних перемішують. Механічне перемішування найбільш широко використовуються при переробці сипучих і пастоподібних твердих відходів. Процеси змішування можуть бути охарактеризовані ступенем однорідності (або коефіцієнтом неоднорідності), інтенсивністю і ефективністю.

Виготовлення змішувачів доступно більшості машинобудівних заводів, тому в цій роботі розроблена технічна пропозиція по випуску уніфікованого ряду змішувачів сипких матеріалів з горизонтальним корпусом і розроблена як приклад конструкція періодичної дії з номінальним об'ємом $3,2\text{м}^3$.

1 Аналітичний огляд

Змішання сипучих матеріалів є відомим процесом, давно застосовуються в багатьох областях людської діяльності. Однак він до останнього часу залишається недостатньо вивченим. Відомо, наприклад, що при змішуванні вручну невеликих обсягів вдавалося отримувати однорідність, яку навряд чи можна перевершити навіть за допомогою сучасних змішувачів, але з освоєнням великотоннажних виробництв потреба в створенні високопродуктивних змішувачів, а так же методів їх розрахунку стає все більш актуальною [2].

З приводу правильного назви процесу «змішання» або «змішування» велися суперечки. Можливо, вони і зараз ведуться. Противники терміна «змішання» кажуть, що він походить від слова смішити, тому слід застосовувати термін «змішування». Однак таку назву машини застосовується рідко.

Змішувачі призначені для рівномірного розподілу компонентів. Для сипучих компонентів найкращим буде регулярне розподіл. При регулярному розподілі частки повинні бути розташовані впорядковано, подібно чорним і білим клітинам на шахівниці. В принципі, такий розподіл можливо, але здійснити його практично, для великого числа частинок, важко.

Більшість дослідників оцінюють рівномірність розподілу компонентів в суміші коефіцієнтом неоднорідності.

де: - виправлене вибіркоче середньоквадратичне відхилення концентрації ключового компонента в пробах вибірки;

- середнє арифметичне значення масової частки ключового компонента в пробах вибірки.

Виправлена вибіркова дисперсія є оцінкою за кількома пробами генеральної дисперсії. 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.

де: x_i - масова частка ключового компонента в i -ой пробі;

n - кількість проб у вибірці.

Зазвичай при дослідженні однорідності розподілу сипучих компонентів не враховується, що, а, отже, є сумою декількох дисперсій,

де: - дисперсія, викликана недосконалим розподілом ключового компонента в змішувачі (наявністю сегрегації);

- дисперсія аналізу, викликана похибкою визначення змісту ключового компонента в пробах;

- дисперсія при рандомальному (ідеально випадковому) розподілі часток компонентів у змішувачі.

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

може бути отримана за допомогою статистичної обробки залежних вибірок. Залежними називаються вибірки, у яких проби взяті з одних і тих же точок корпусу змішувача [2]. 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.

1.2 Серійні змішувачі

Для змішування сипучих і пастоподібних матеріалів у хімічній промисловості зустрічаються різні типи змішувачів [4]. Серед них є такі моделі, які мають більшу сферу застосування. Вони за поширеністю все таки поступаються апаратам для рідин та апаратів для рідких і газоподібних середовищ.

До найбільш поширених конструкцій змішувачів відносяться:

- Барабанні;
- Стрічкові;
- Плужні;
- Планетарно-шнекові;
- Відцентрові;
- з Z-подібними лопатями;
- з Z-подібними лопатями і розвантажувальним шнеком.

1.3 Барабанний змішувач

Барабанний змішувач (рис. 1.1) являє собою барабан / с двома бандажами 2, який обертається на роликах 3, роблячи 6 - 8 об / хв. Для кращого перемішування матеріалу на внутрішніх стінках барабана укріплені косі спіральні перегородка 4, всередині нього - кілька поздовжніх полиць 5 з перегородками. Зарузка і вивантаження матеріалу виробляються за допомогою шнека 6, напрямком обертання якого при вивантаженні змінюється на протилежне за допомогою ручного пристосування.

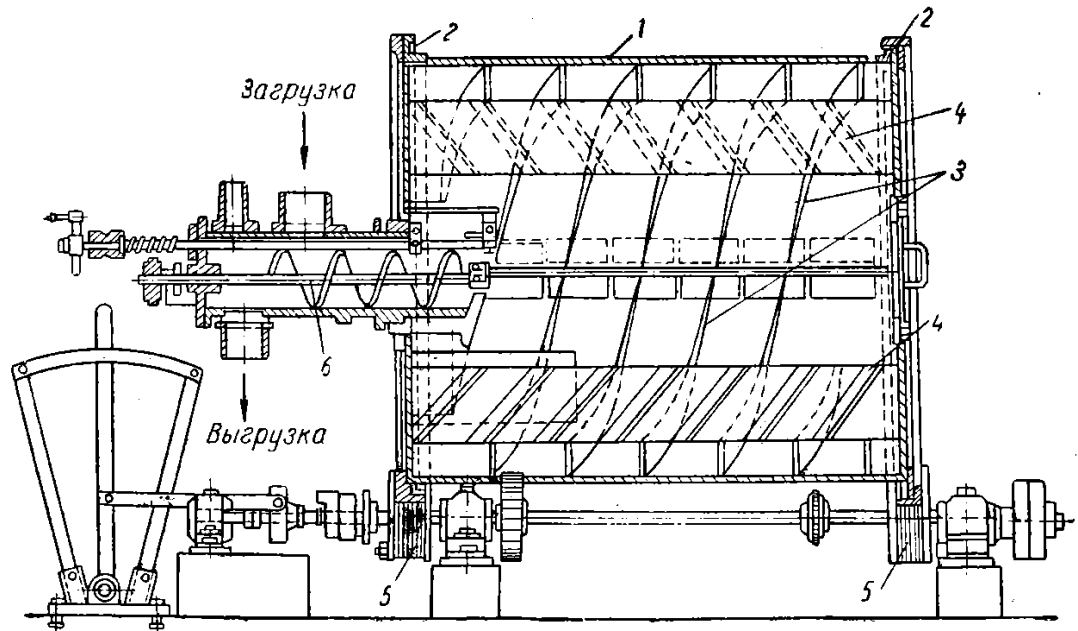


Рисунок 1.1 – Барабанний змішувач (1-барабан, 2-бандажі, 3-спиральні перегородки, 4 – полки, 5- ролики, 6-шнек)

Барабанний змішувач призначений для змішування сухих і вологих сипучих матеріалів. Моделі з обертовим корпусом відносяться до найбільш поширених в даний час машин, застосовуваним для змішування сипучих матеріалів. Розрізняються вони формою корпусу і його розташуванням по відношенню до осі обертання.

1.4 Стрічкові змішувачі

Такі змішувачі відрізняються тільки формою лопатей, виготовлених з плоских стрічок, вигнутих по гвинтовій лінії і закріплених на валу змішувача. Частота обертання валу в лопатному і стрічковому змішувачі невелика-10 - 15 об / хв. Тому процес змішування в апаратах з обертовими лопатевими робочими органами досить тривалий [4].

Стрічкові змішувачі мають рухомі елементи, наприклад спіраль, індукує конвективний рух (рис. 1.2). Вони гарні для липких сумішей, але споживають більше енергії, ніж змішувачі з обертовим корпусом, і їх важче

очищати. У змішувачах стрічкового типу отримують сухі суміші полівінілхлориду при повільному уприскуванні в суміш невеликих кількостей рідких добавок. При цьому слід уникати утворення невеликих м'яких грудочок, поява яких перешкоджає вільному руху сухої суміші. У стрічкових змішувачах також накопичуються значні електростатичні заряди.

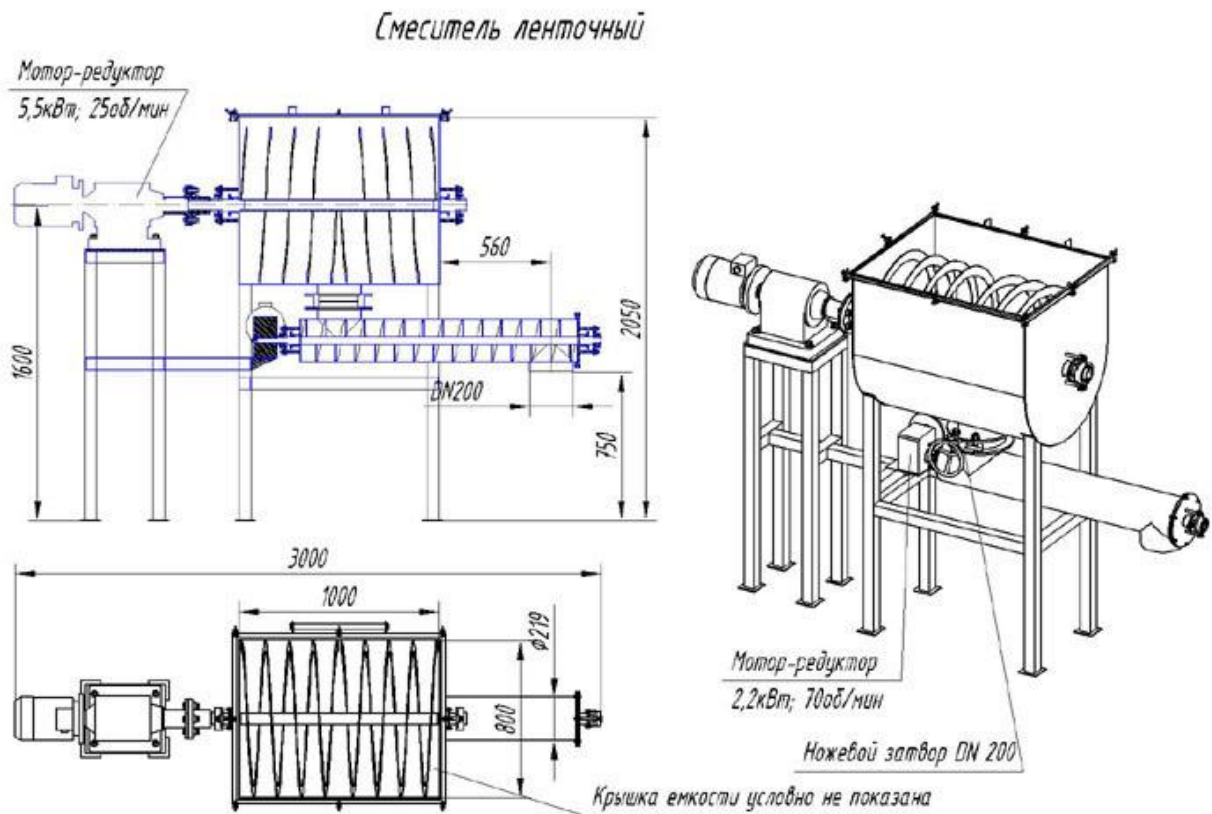


Рисунок 1.2 – Стрічковий змішувач

1.5 Плужний змішувач

Плужний змішувач придатний для вмешівання невеликих кількостей (частки відсотка) рідини в тверду суміш. У деяких пристроях цього типу, крім порівняно швидкого обертального руху плугів, повільно обертається в зворотному напрямку корпус машини, що сприяє попід'їдали. [3]

Останні конструкції плужних змішувачів передбачають комбінацію в спарений агрегат з обігривається верхнього і охолоджується нижнього змішувачів. Обігривається змішувач іноді постачають швидкісний (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).

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

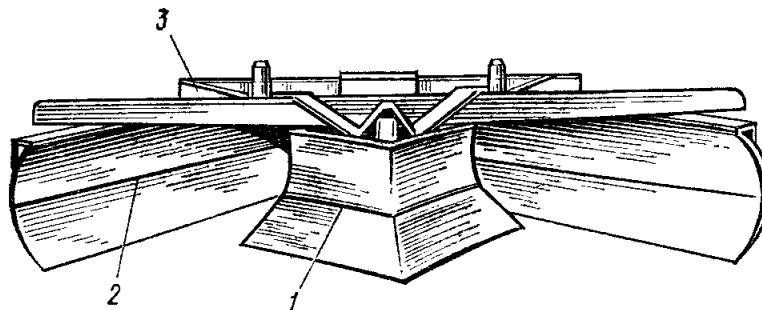


Рисунок 1.3 - Плужний змішувач. (1 3 - передній и боковий відвали, 3 – рама).

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.

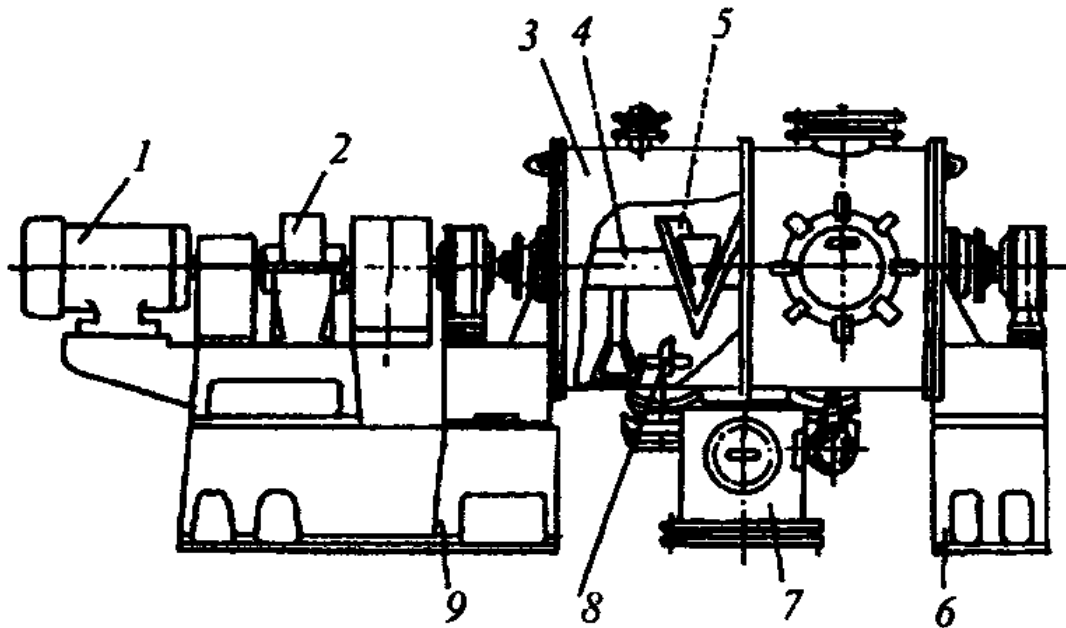


Рисунок 1.4 – Плужний змішувач типу ПЖ630

1.6 Шнековий змішувач

Розрізняють шнекові змішувачі періодичної і безперервної дії. Залежно від окружної швидкості змішувального інструменту розрізняють зсувні, кидкові змішувачі та змішувачі інтенсивної дії [4].

Шнековий змішувач безперервної дії являє собою жолоб, в якому матеріал переміщується двома шнеками і переміщається від одного кінця жолоба до іншого. Недоліком шнекових змішувачів є низька якість готуються сумішей у порівнянні із сумішами, отриманими в змішувальних бігунах.

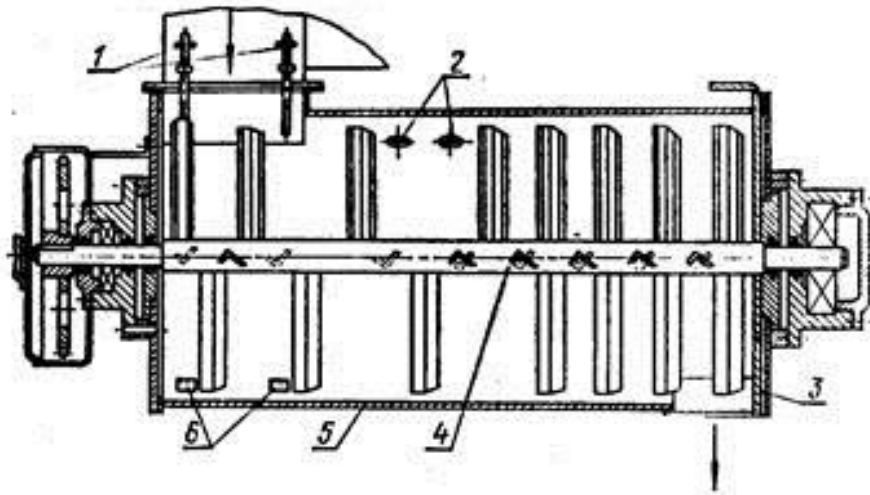


Рисунок 1.5 – Шнековий змішувач неперервної дії шнекового типу. (1 – форсунки для вологих компонентів; 2 – форсунки для подачі мелассы; 3 – торцова кришка; 4 – вал; 5 – корпус; 6 – вікна з сітками для подачі пару).

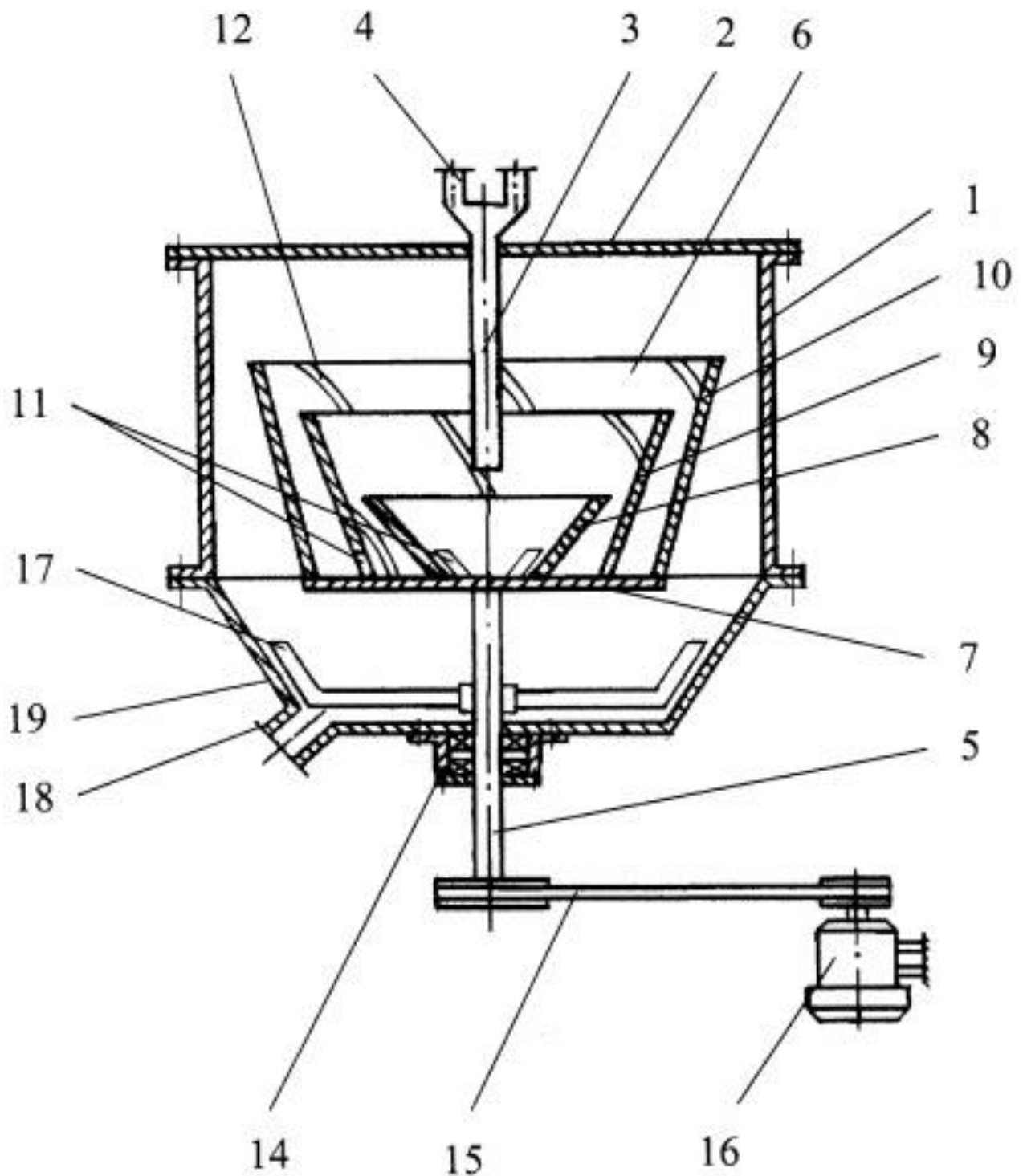
1.7 Відцентрований змішувач

Винахід відноситься до пристроїв для безперервного приготування сумішей сипучих матеріалів і може бути використане в харчовій, хімічній та інших галузях промисловості. Відцентровий змішувач сипучих матеріалів містить вертикальний циліндричний корпус, кришку, на якій встановлений живильник з завантажувальними патрубками, приводний вал з закріпленими на ньому розвантажувальними лопатями і ротором, виконаним у вигляді диска з прикріпленими до нього концентрично розташованими порожніми усіченими конусами, у яких висота і кут нахилу утворює до основи збільшуються від центральної частини до периферії. На робочих поверхнях внутрішнього і середнього конусів розташовані вікна, які знизу обмежені поверхнею диска. На внутрішніх поверхнях середнього і зовнішнього конусів встановлені направляючі лопаті, які мають ряд отворів і профіль дуги кола. Конструкція передбачає рух матеріалопотоків в тонких розріджених пересічних шарах з спрямованою організацією прямих і зворотних рецикл [3].

Інтенсифікація процесу змішування досягається тим, що на внутрішній поверхні середнього і зовнішнього конусів встановлені направляючі лопаті, які мають ряд отворів і профіль дуги кола. Завдяки цьому забезпечується значне розрідження випереджальних потоків, створюється контур зворотного рециркуляції матеріальні потоки, зменшується кількість застійних зон в різних частинах ротора, а також повідомляється додаткова турбулізація змішуються компонентів, що сприяє кращому взаємопроникненню часток. 2 мул.

Винахід відноситься до пристроїв для безперервного приготування сумішей сипучих матеріалів і може бути використане в харчовій, хімічній та інших галузях промисловості.

Відцентровий змішувач складається з наступних елементів (рис. 1.6): вертикального циліндричного корпусу 1, кришки 2 на якій встановлений живильник 3 з завантажувальними патрубками 4, приводного вала 5 з ротором 6, виконаним у вигляді диска 7 з прикріпленими до нього трьома концентрично розташованими порожніми усіченими конусами: внутрішнього 8, середнього 9, зовнішнього 10. Висота конусів і кут нахилу їх утворює до основи збільшуються від центральної частини до периферії. На робочій поверхні конусів 8 і 9 є чотири вікна 11, які знизу обмежені поверхнею диска. На внутрішніх поверхнях середнього і зовнішнього конусів спиралевидно встановлені по чотири напрямних лопаті 12, що мають профіль дуги кола і ряд отворів 13. При цьому лопаті 12 розташовуються між вікнами конусів таким чином, щоб напрямок витків було протилежним обертанню вала. Вал кріпиться в підшипникових опорах 14 і приводиться в обертання через клиноремennу передачу 15 від електродвигуна 16. Для видалення готової суміші служать розвантажувальні лопаті 17, встановлені на приводному валу. Вивантаження суміші відбувається через розвантажувальний патрубок 18, розміщений в кінчному днищі 19.



Фиг. 1

Рисунок 1.6 – Відцентрований змішувач

1.8 Змішувачі з Z-подібними лопатями

Змішувачі з лопатями (рис 1.7, а), що обертаються, також застосовуються для періодичного змішення сипких і пастоподібних матеріалів. Змішувач – це корпус 1 з днищем у формі двох напівциліндрів, в якому назустріч один одному обертаються два горизонтальні вали 2 з лопатями, що перемішують матеріал [4]. Найбільш поширеною є Z-образна форма лопатей (рис.1.7, б). Такі змішувачі часто забезпечуються сорочками для підігріву.

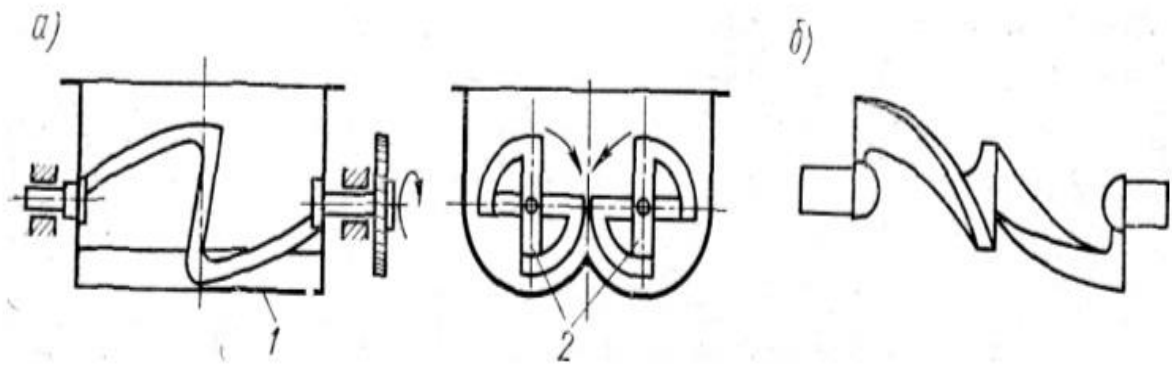


Рисунок 1.7 - Змішувач з лопатями, що обертаються:

(а — змішувач: 1 — корпус, 2 — вали з лопатями; б — лопать мішалки)

У шнекових лопатевих змішувачах робочими органами є вали-шнеки з T-образними лопатями (рис.1. 9). Вали 2 і 3 обертаються в корпусі з циліндровим днищем з різними швидкостями, здійснюючи перемішування і транспортування сипких матеріалів.

1.9 Двохроторні змішувачі

Двохроторні змішувачі відрізняються великою різноманітністю конструкцій; їх застосовують для приготування з підігрівом або охолодженням високов'язких пастоподібних мас, змішання сипучих матеріалів з невеликими добавками рідин, а також для пластикації композицій полімерних матеріалів [6]. Конструкція цих змішувачів залежить від їх призначення. Спільними основними конструктивними елементами двох роторних змішувачів є робоча камера, в якій з різною швидкістю назустріч один одному обертаються два ротори, що мають в залежності від призначення різну конфігурацію [4]. Останнім часом часто застосовують двох роторні змішувачі з реверсивним шнеком.

Найпростіший варіант двох роторного змішувача, широко застосовуваний у промисловості переробки пластмас, - це змішувач з Z-подібними лопатями (рис 1.6). Змішувачі з Z-образними роторами можна класифікувати за такими ознаками:

За технологічним призначенням:

- 1) змішання мас один з одним і з рідинами;
- 2) розчинення твердих і густих мас в рідині;
- 3) освіту суспензій твердих мас в рідинах або емульсій рідин в густих масах;
- 4) подрібнення нежорстких мас;
- 5) змішання порошкоподібних матеріалів з барвниками;

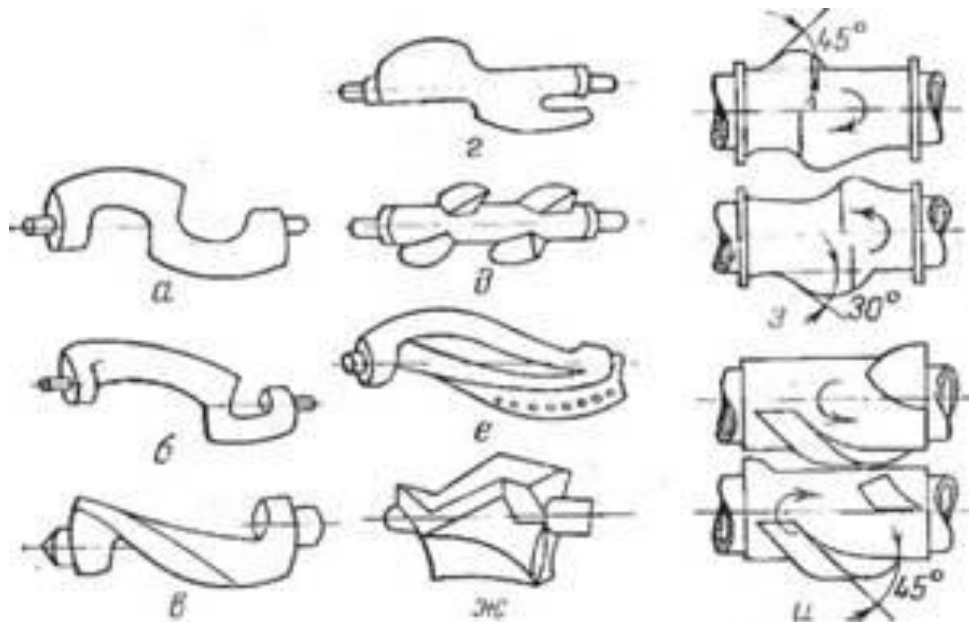


Рисунок 1.8 - Ротори лопатних змішувачів

Цей пристрій призначається для роботи з масами, які мають різні показники в'язкості, від малої до високої. Особливістю даних змішувачів є, перш за все, така характеристика, як універсальність. Змішувачі двохроторні доцільно застосовувати для того, щоб здійснювати перемішування матеріалів порошкоподібного типу, а також рідин, що мають широкий діапазон в'язкості, від легколетких до напівтвердих. Даний процес стає можливим завдяки наступним характеристикам приладу: герметичності робочої камери, підвищеної потужності приводу, наявності охолоджувальної сорочки, спеціальної конструкції, яким характеризується розвантажувальний котел. Обертання двох роторів здійснюється в напрямках, які є протилежними один одному. Кожен з роторів при цьому оснащений двома гвинтовими лопатями. Форма лопатей при цьому є досить специфічною [4]. Вона забезпечує рух змішуються компонентів безпосередньо від центру робочої камери до її стінок. На поверхні компоненти перетираються за допомогою лопат. Лопаті роторів мають власні траєкторії, які при цьому перетинаються. Завдяки цьому стає можливим уникнути утворення так званих «мертвих зон», які могли б розташовуватися в безпосередній близькості від роторних осей. Максимальна точність відповідності розмірів, які мають ротори і робоча

камера, повністю виключають ризик відкладання компонентів на поверхнях камери. Для забезпечення максимальної простоти розвантаження ротори можуть направляти обертання у зворотну сторону, завдяки чому суміш від країв рухається безпосередньо до центру камери, де розташовується розвантажувальне вікно.

У свою чергу, розвантажувальний вузол має вигляд двухчервячного екструдера, в якому черв'яки обертаються в однобічному режимі. Вони зчеплені один з одним, завдяки чому стає можливим забезпечити максимально високу ефективність очищення. Таке конструктивне рішення видається дуже зручним для розвантажувального вузла, оскільки розвантаження здійснюється в самі стислі терміни, дозволяючи ефективно розвантажувати навіть суміші підвищеної липкості [6]. Обертання черв'яків здійснюється за допомогою використання самостійного приводу. Суміш, що пройшла перемішування, подається безпосередньо до розвантажувального дну камери. Разом з тим, коли здійснюється процес перемішування, вікно закрито максимально щільно, що дозволяє запобігти попаданню в нього неготового матеріалу.

1.10 Двохроторні змішувачі «Производственное Объединение РосОборуд».

Двох роторний змішувач (рисунок 1.9), відрізняється наявністю цілого ряду конструктивних особливостей [5]:

- 1) відкривання і закривання вікна здійснюється за допомогою застосування спеціальної заслінки поворотного типу, яка встановлена на корпусі розвантажувального вузла;
- 2) поворот пристрою забезпечується завдяки застосуванню спеціального приводу;
- 3) корпус виробів, продаж яких здійснюється нашою компанією, належить до числа суцільнозварних конструкцій, зі шліфованою;

4) для забезпечення максимального комфорту застосування робоча камера виробів, купити які ви можете у нас, обробляється на розточувальному верстаті і герметизується;

5) контроль робочих температур здійснюється за допомогою застосування терморегулятора. Якщо температура перевищує задану, головний привід зупиняється автоматично;

6) наявність спеціальної сорочки, оснащеної штуцерами, дозволяє забезпечити подачу теплового або холодного теплоносія, в залежності від поставлених перед вами завдань.

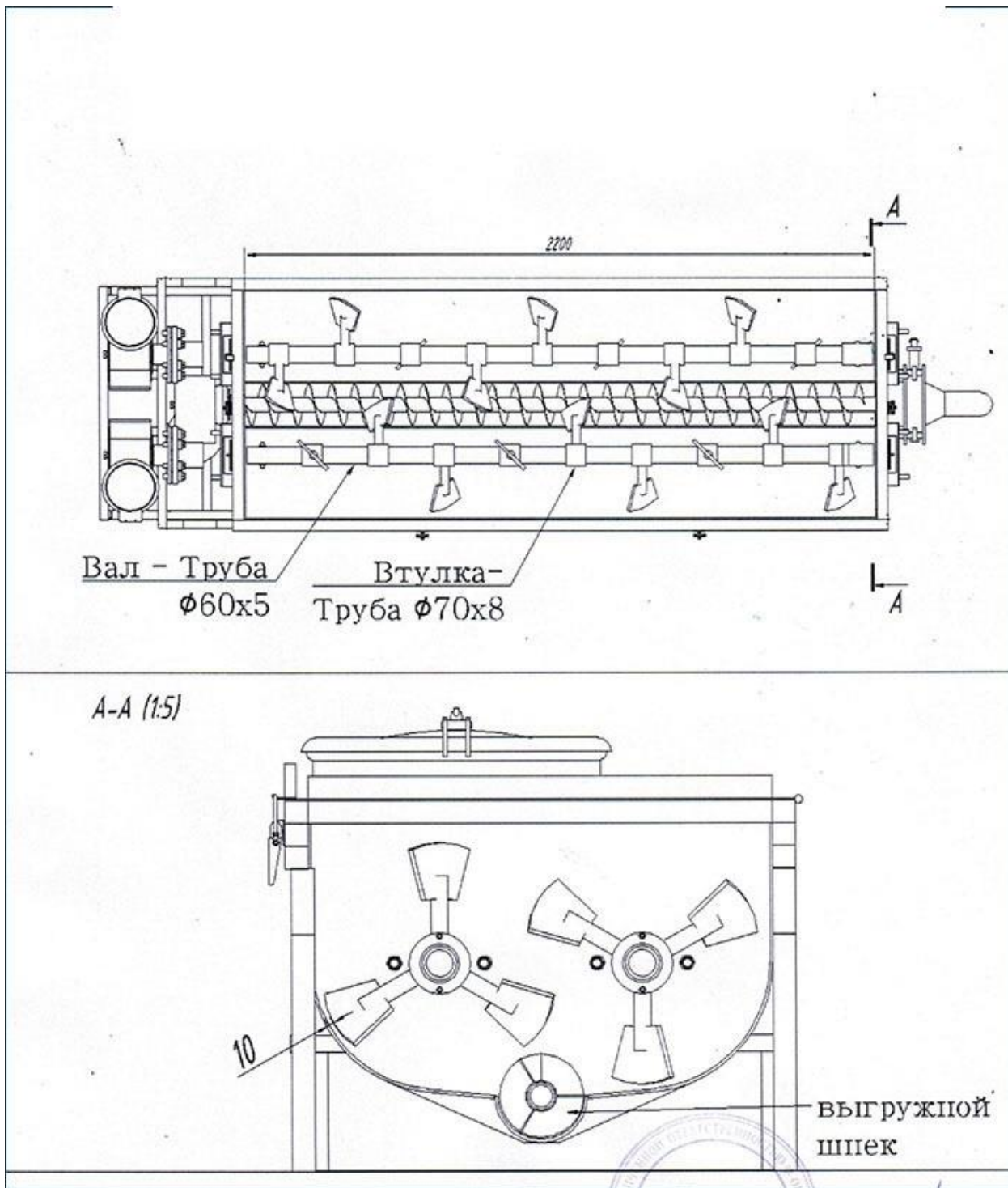


Рисунок 1.9 – Змішувач двохроторний УРС-800

1.11 Змішувачі двохранторні ООО "Техно-центр"

СЛ-Z є змішувачами універсального дії і призначені для перемішування сипучих матеріалів, порошоків зі зв'язкою, сумішей різної в'язкості (від поточних до напівтвердих) [7].

СЛ-Z є змішувачами універсального дії і призначені для перемішування за :
допомогою лопатей (рисунок 1.10)

Сипких матеріалів:	тонко дисперсних (в тому числі грудкують) і зернистих порошоків з різною питомою вагою;
Порошків зі зв'язкою:	наприклад, тонко дисперсний вольфрамовий порошок з рідким склом (або спиртом);
Сумішей різної в'язкості (від поточних до напівтвердих):	ПВХ-мас з наповнювачами, мастик, герметиків, клеїв, мастик і інших герметизуючи складів, смол, керамічних компонентів, сумішей для обмазки електродів, гематогену та інших складів (в тому числі високов'язких) в широкому діапазоні в'язкості.

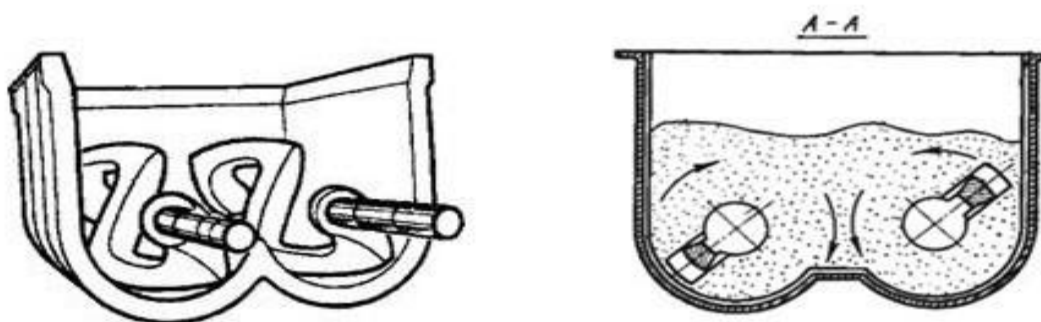


Рисунок 1.10 – Z-образні лопаті змішувача

Принцип роботи:

У змішувальній ємності знаходяться дві горизонтально розташованих Z-образних лопаті, що обертаються в протилежних напрямках з різними швидкостями. Змішувач має лопаті для вивантаження (рисунк 1.11)

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 [7].

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 або вивантажним шнеком (в залежності від моделі).



Рисунок 1.11 – Двох роторний змішувач

Додаткова комплектація і модернізація:

- Вакуумування (або з можливістю підключення до вакуумної системи замовника);
- Сорочка для подачі теплоносія для підключення до системи обігріву / охолодження Замовника;
- Система обігріву перемішуємо матеріалу;
- Система охолодження перемішуємо матеріалу;
- Можливість подачі азоту, аргону або інших газів в змішувальну ємність;
- Для забезпечення додаткового доступу до перемішуючим органам з метою технологічного обслуговування - дно змішувачів може виконуватися знімним;
- Додаткові комплекти Z-образних лопатей;
- Оснащення операторської панеллю для включення лопатей на малих обертах при повороті змішувальної ємності в положення "на вивантаження";
- Виготовлення у вибухонебезпечному виконанні;
- Ущільнення для роботи з агресивними середовищами;
- Зміна обсягу змішувальної ємності;

Виготовлення дотичних з сумішню деталей з інших матеріалів

2 Цілі та задачі досліджень

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

Необхідно переконатися в тому, що випуск продукції дасть економічний ефект. Тому слід визначити потребу в даній продукції для передбачуваного ринку збуту, розробити раціональну номенклатуру виробів типоразмерного ряду, застосовуючи при цьому принципи стандартизації і уніфікації, оцінити собівартість виробів у виробника, оцінити вартість виробів на передбачуваному ринку, оцінити очікуваний прибуток, зробити висновок про доцільність організації серійного випуску даних виробів. Слід прагнути до серійного випуску виробів, оскільки загально визнано, що собівартість одиничних зразків обходиться на порядок дорожче.

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

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

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

3. Дослідження процесу розподілу сипких компонентів в змішувачі з горизонтальним корпусом

В лабораторії кафедри МОПІ були проведені експерименти по вивченню процесу розподілу сипких компонентів в змішувачі з горизонтальним корпусом.

У наведених нижче дослідах в змішувачі використовувалися сухий пісок і металева тирса. Тирса завантажували близько бокової стінки змішувача на поверхню піску. У змішувальному процесі відбувався розподіл робочих компонентів.

Вивчення розподілу компонентів вироблялося шляхом відбору проб по схемі наведеної на (рисунку 3.1), через деякий час змішування.

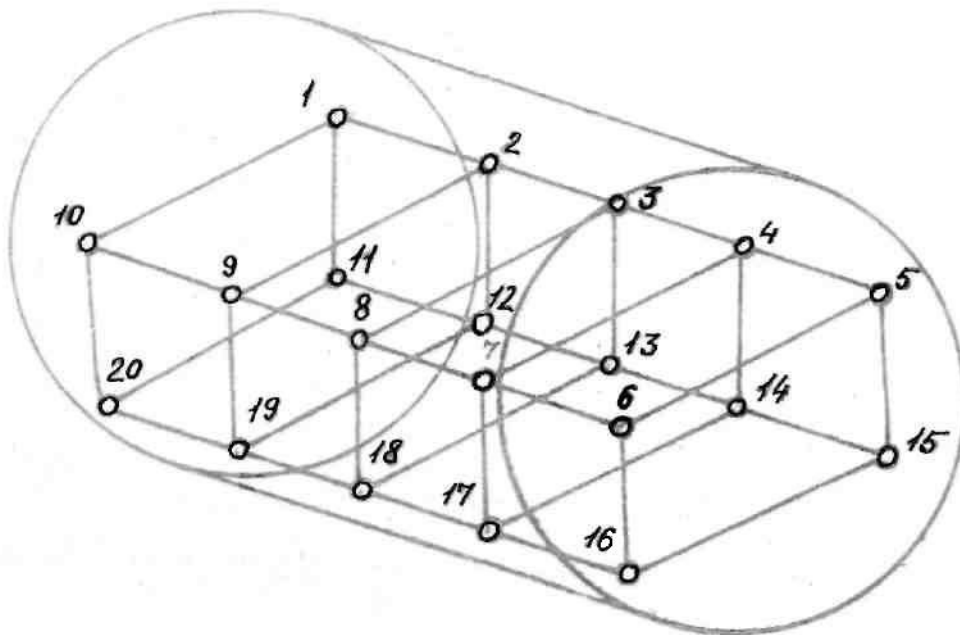


Рисунок 3.1- Схема відбору проб з корпусу змішувача

Під час експерименту проводилося приготування сумішей. У даній роботі наведені результати приготованої суміші, що складається приблизно з 95% піску, який був основним компонентом і 5% металевих тирси.

Зважування компонентів суміші здійснювалося на вагах М10Ц13М з точністю 0,05 кг.

Маса кожної проби становила 10-20 грамів (див. рис. 3.2).



Рисунок 3.2 - Проби для аналізу розподілу металеві тирси

Відібрані проби вдалось розподілити між собою за допомогою магніту, як показано на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3- Відбір металеві тирси магнітом

Маса тирси і піску визначалася шляхом зважування на спеціальних вагах, які мають точність до 50 мг.

Точність проведених вимірювань і отриманих результатів оцінювалася за допомогою декількох вибірок, тобто таких, у яких вміст металеві тирси в спеціальних точках є однаковим. Різниця результатів визначення концентрації ключового компонента в відповідних пробах викликана похибка методу. В результаті точність змісту тирси в пробах оцінюємо $V_a \approx 2\%$.

Найкращий можливий результат в випадковому варіанті розподілу V_R розраховувався за допомогою формули Штанге [4]. Підраховувалася дисперсія випадкового розподілу S_R^2 , потім коефіцієнт однорідності

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

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

Таким чином можна визначити те, що при значеннях V_C компонентів менше $\approx 5\%$ результати стають не виразними з точки зору статистичних даних.

Крім обчислення коефіцієнта однорідності вироблялося обчислення середніх значень групових концентрацій десять верхніх і десять нижніх проб (1-10; 11-20), правих і лівих (1-5, 11-15 і 6-10, 16-20) і вироблялося порівняння середніх концентрацій.

Далі проводилося порівняння 5 групових середніх 4 проб відібраних по осі корпусу (1,11,10,20); (2,12,9,19); (3,13,8,18), (4,14,7,17); (5,15,6,16). Порівняння проб було проведене методом дисперсійного параметру.

Така обробка експериментальних даних за допомогою методів математичної статистики дає можливість визначити швидкість розподілу компонентів суміші у різних сторонах.

3.1. Приклад обробки лабораторних даних вибірки

Як приклад розглянемо обробку даних змішування піску і металеві тирси, отримані в лабораторному змішувачі з горизонтальним корпусом через 35 секунд роботи апарату.

Відповідно до номеру проби (див. рис.3.1) були визначені наступні вагові концентрації металеві тирси в інших пробах вибірки.

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

Розраховуємо середню концентрацію металевої тирси у всіх 20 пробах вибірки:

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 4,744 \%, \quad (3.1)$$

де: x_i – концентрація металевої тирси i -ої пробі, %;

n – число проб у вибірки.

Сума квадратів різниць:

$$S^2(x) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = 130 \quad (3.2)$$

Виправлена рандомна дисперсія:

$$D(x) = \frac{S^2(x)}{n-1} = \frac{130}{19} = 6,86. \quad (3.3)$$

Коефіцієнт неоднорідності компонентів:

$$Vc(x) = \frac{100 \cdot \sqrt{D(x)}}{\bar{x}} = \frac{100 \cdot 2,62}{4,744} = 55,2 \%. \quad (3.4)$$

Виробляємо порівняння двох вибірових середніх верхнього і нижнього шарів $\bar{x}_в$ и $\bar{x}_н$. Число проб в групах $n_в = n_н = 10$.

$$\bar{x}_в = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{ei}}{10} = 4,620 \%; \quad (3.5)$$

$$\bar{x}_n = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{ni}}{10} = 4,869\% . \quad (3.6)$$

Визначимо коректовані вибіркові дисперсії верхньої і нижньої групи:

$$D_6 = \frac{\sum_{i=1}^{n_6} (x_{6i} - \bar{x}_6)^2}{n_6 - 1} = 6,62; \quad (3.7)$$

$$D_n = \frac{\sum_{i=1}^{n_n} (x_{ni} - \bar{x}_n)^2}{n_n - 1} = 6,14; \quad (3.8)$$

де: n_6 і n_n кількість проб у верхній і нижній вибірці.

Для правильного порівняння \bar{x}_6 і \bar{x}_n необхідно провести аналіз однорідності дисперсії D_6 і D_n . Підраховуємо ставлення більшої з порівнюваних дисперсій до меншої за допомогою спеціального критерію:

$$F = \frac{D_{\text{большая}}}{D_{\text{меньшая}}} = \frac{6,62}{6,14} = 1,085 . \quad (3.9)$$

Критичний критерій $F_{кр}$ визначаємо по додатку. При рівні значності $\alpha=0,01$; число ступенів свободи великої дисперсії $k_1=n_6-1=9$, меншою $k_2=n_n-1=9$. $F_{кр}=5,35$.

$F < F_{кр}$, отже, ці дані однорідні.

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

Підраховуємо значення критерію:

$$Z = \frac{\bar{x}_6 - \bar{x}_n}{\sqrt{\frac{D_6}{n_6} - \frac{D_n}{n_n}}} = \frac{4,620 - 4,869}{\sqrt{\frac{6,92}{10} - \frac{6,14}{10}}} = -0,941 . \quad (3.10)$$

Конкуруюча гіпотеза $H_1: \bar{x}_6 \neq \bar{x}_n$, критична область має 2 сторони.

Знайдемо праву максимальну точку, для чого потрібно підрахувати функцію Лапласа:

$$\Phi(Z_{кр}) = \frac{1 - \alpha}{2} = \frac{1 - 0,01}{2} = 0,495 . \quad (3.11)$$

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

$|Z| < Z_{кр}$ - вибіркові середні відрізняються менше, $\bar{x}_n = \bar{x}_l$.

Експериментально потрібно взяти середні вибірки з правого та лівого боків змішувача, аналогічно вищенаведеним для верхнього і нижнього шарів.

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

$$\bar{x}_n = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{ni}}{10} = 4,967\% ; \quad (3.12)$$

$$\bar{x}_l = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{li}}{10} = 4,521\% . \quad (3.13)$$

Ознайомимося з новими вибірковими дисперсіями з правої і лівої груп:

$$D_n = \frac{\sum_{i=1}^{n_n} (x_{ni} - \bar{x}_n)^2}{n_n - 1} = 6,8 ; \quad (3.14)$$

$$D_l = \frac{\sum_{i=1}^{n_l} (x_{li} - \bar{x}_l)^2}{n_l - 1} = 6,2 . \quad (3.15)$$

$$Z = \frac{\bar{x}_n - \bar{x}_l}{\sqrt{\frac{D_n}{n_n} - \frac{D_l}{n_l}}} = \frac{4,967 - 4,521}{\sqrt{\frac{6,8}{10} - \frac{6,2}{10}}} = 1,82 . \quad (3.16)$$

$$Z_{кр} = 2,58 .$$

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

Потрібно порівняти середні значення для 5 груп, які розташовані по осі змішувача методом дослідження дисперсій. [5, с.348-361].

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

Підраховуємо середні значення концентрацій металевої тирси для визначених груп.

$$\bar{x}_{kJ} = \frac{\sum_{i=1}^4 x_{ikJ}}{4}, \quad (3.17)$$

де номери групи $k\{1, 2, 3, 4, 5\}$.

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

Для правильного порівняння середніх визначеним методом потрібно, щоб нові групові дисперсії були однорідні.

$$D_{kJ} = \frac{\sum_{i=1}^4 (x_{ikJ} - \bar{x}_{kJ})^2}{4-1}. \quad (3.18)$$

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

Проведемо аналіз визначень однорідності дисперсій за методом Кочрена:

$$G = \frac{D_{J \max}}{\sum_{k=1}^5 D_{kJ}} = \frac{0,7994}{1,4822} = 0,5393. \quad (3.19)$$

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

$$G_{кр} = 0,5981;$$

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

Обчислюємо факторну дисперсію [4]:

$$D_{\phi} = \frac{i \cdot \sum_{k=1}^5 (\bar{x}_{kJ} - \bar{x})^2}{J-1} = 31,458, \quad (3.20)$$

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

Залишок дисперсії:

$$D_o = \frac{\sum_{k=1}^5 \sum_{i=1}^4 (x_{ikJ} - \bar{x}_{kJ})^2}{k \cdot (i-1)} = \frac{4,45}{5 \cdot 3} = 0,296; \quad (3.21)$$

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

\bar{x}_{kJ} - середня концентрація ключового матеріалу в kJ -ій групі.

Підрахуємо дані методом Фішера-Снедекора:

$$\Phi = \frac{D_{\phi}}{D_o} = \frac{31,458}{0,296} = 106. \quad (3.22)$$

Критичне значення визначення Фішера-Снедекора:

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

(при $\alpha=0,05$; число ступенів свободи чисельника $k_1=4$; а знаменника $k_2=15$)

$\Phi > \Phi_{кр}$ - середні значення по грапам дуже відрізняються.

3.2 Аналіз даних про вивчення розподільності матеріалів змішувача

Результати випробувань стрічкового змішувача ЛН-24, що є прикладом промислового серійного, наведені в таблицях Д.1-Д.3.

Для вивчення основного процесу змішування в змішувачах з горизонтальним корпусом в Сєверодонецькій філії НДІХІММАШ були проведені експериментальні досліді.

Метою цієї роботи було визначення потреби в розробці уніфікованого типорозмірного ряду замість стрічкових і плужних змішувачів, які випускаються зараз на деяких підприємствах. Були випробувані кілька конструкцій роторів, які мали різну частоту обертання і кілька конструкцій диспергуючих голівок. Коефіцієнт заповнення матеріалом корпусу змішувача $\eta = 0,6$.

Ефективність різних конструкцій горизонтальних змішувачів була проведена в місті Сєверодонецьк.

Були проведені зрівняння ефективності наступних конструкцій змішувачів: стрічкового, плужного, з пружними елементами і вертикальної диспергуючої голівкою (рисунок 3.4)

Результати цих досліджень приведені в таблиці цієї роботи та показані на графіку (рисунок 3.5).

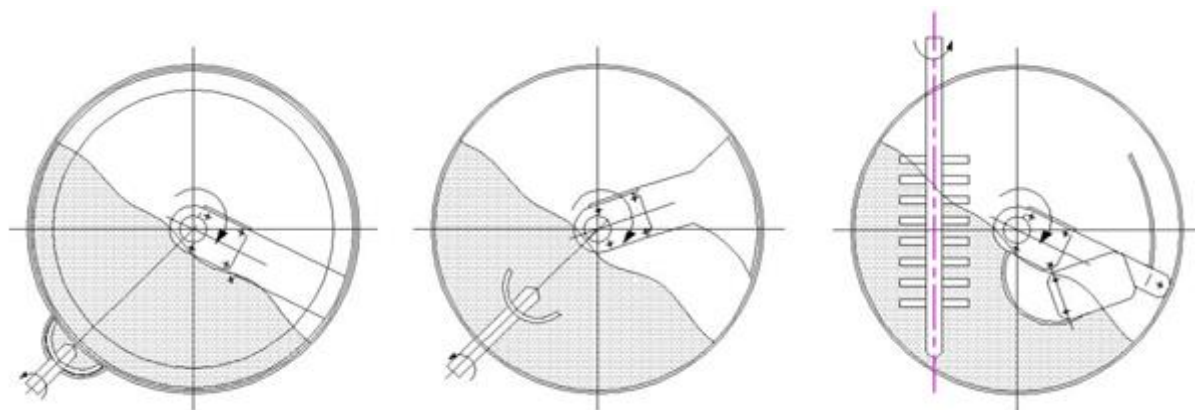


Рисунок 3.4- Схеми змішувачів під час експерименту

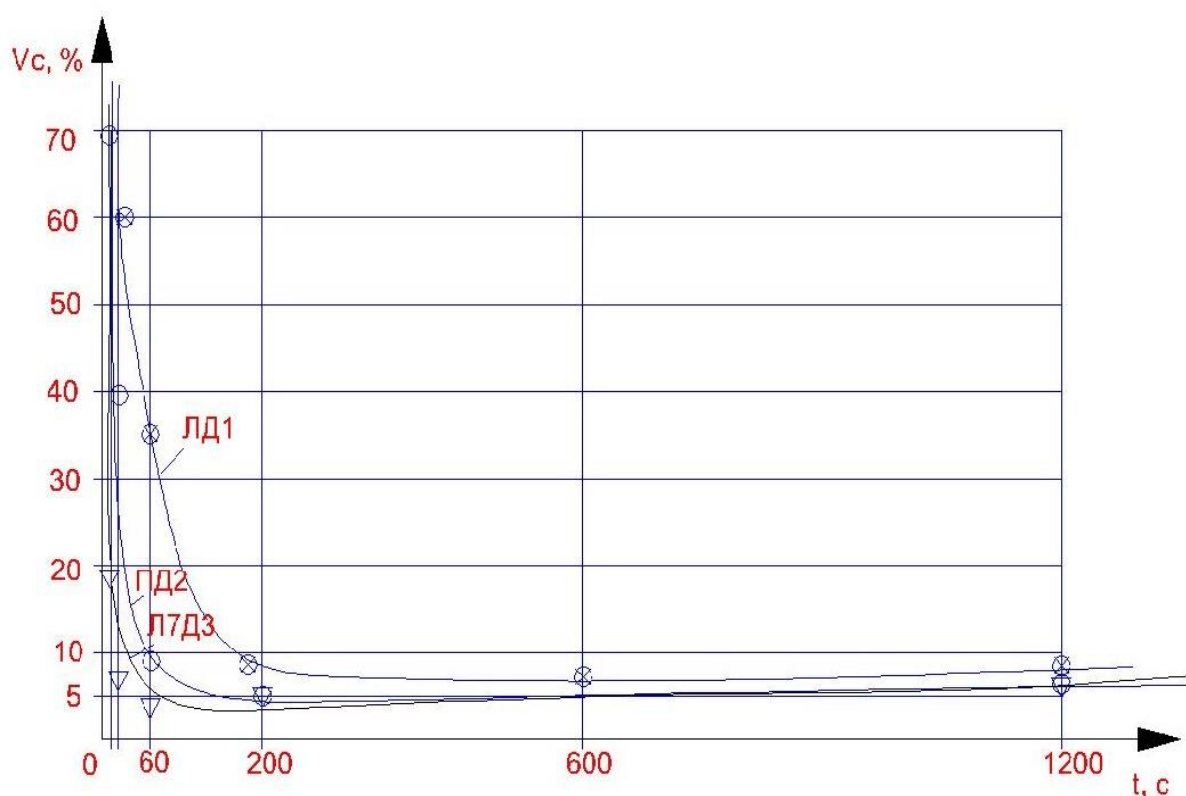


Рисунок 3.5- Графік кінетики процесу змішування в різних змішувачах:

⊗- стрічковому; O - плужному; ∇ - з пружними елементами і вертикальної диспергуючою головкою.

Аналізуючи дані результати (див. табл.Д1.-Д4), можна зробити висновок, що самий повільний розподіл матеріалів в стрічковому змішувачі відбувається по осі апарату. Стрічковий змішувач може рівномірно розподілити компоненти приблизно за 10 хвилин роботи. Змішання в площинах робочої осі вала відбувається інтенсивно. У стрічковому змішувачі

отримана суміш компонентів двигается з малою швидкістю, осьовий розподіл матеріалів проводиться повільно.

Стрічковий змішувач можна обладнати диспергуючими головками, які під час роботи занурюються в сипкий матеріал. Завдання такої головки полягає у тому, щоб подрібнювати компоненти и агрегати, які утворюються в процесі змішування матеріалів.

Були проведенні експериментальні досліди на інших конструкціях змішувачів з горизонтальним корпусом: плужних та з пружними елементами і вертикальної диспергуючою головкою.

Найбільш ефективними в роботі показали себе змішувачі з пружними елементами і вертикальної диспергуючою головкою.

Саме ці апарати були рекомендовані для серійного виробництва.

4 Дослідження енергетичних витрат при перемішуванні сипких матеріалів в змішувачі з горизонтальним корпусом

Для визначення енергетичних витрат в експериментальному змішувачі ЛН-20, який є в лабораторії кафедри МОПП здійснювалось за допомогою наступного оснащення:

Споживана потужність виявлялася за допомогою амперметра MSZ 80 з наступними технічними характеристиками.

Сила струму, А 0-10;

Точність вимірювання, А 0,1;

Він використовується для визначення постійного, та перемінного струму.

Напруга вимірювалась за допомогою тестера SUNWA YX-10A (рисунок 4.1).

Даний апарат використовувався для вимірювання постійної напруги. В цьому режимі він мав наступні характеристики:

Напруга, В 0-250;

Точність вимірювання, В 5.

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

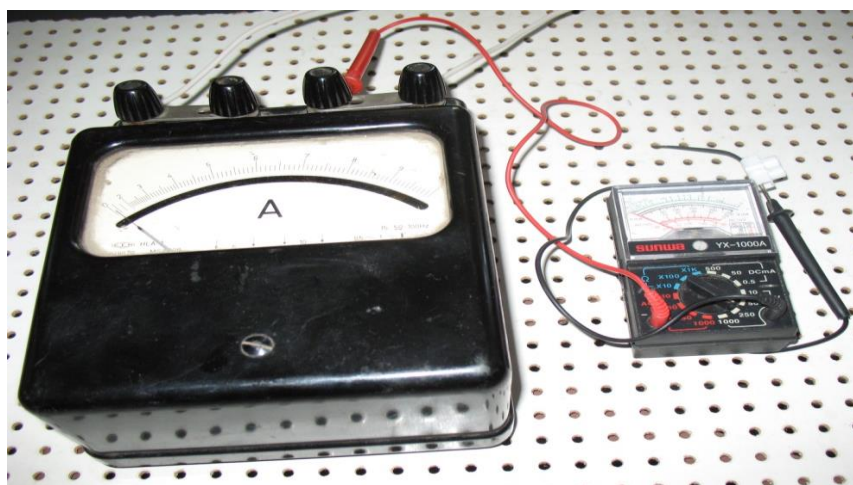


Рисунок 4.1- Амперметр MSZ 80 та тестер SUNWA YX-10A

Дослід проводився при завантаженому корпусі в змішувачі.

Після досліду, з цієї величини віднімалася потужність холостого ходу, яка була виміряна на тій же частоті обертання ротора під час ненавантаженого змішувача (таблиця 4.1).

Частота обертання вимірювалась за допомогою комп'ютера ASSIZE AS-820 (рисунок 4.2).

Для вимірювання потребувався магніт, за допомогою якого можна було вимірювати частоту обертання муфти, яка з'єднує двигун струму і редуктор. Датчик з магнітом установлювався на корпусі редуктора.

Цій комп'ютер має функцію відображення частоти обертання робочого колеса, яка і використовувалася в даній роботі (таблиця 4.2).

Вимірюємо частота обертання об/хв. 0-3600.



Рисунок 4.2- Комп'ютер ASSIZE AS-820

Таблиця 4.1- Результати дослідів при холостому ході
змішувача ЛН-24

п, об/мин	I, А	U, В	N _{хх} , Вт
50	2,1	40	84
100	2,6	80	208
150	3,1	110	341
200	3,6	130	468
250	4,2	145	609
300	4,7	160	752
350	5,2	170	884
400	6	175	1050

Таблиця 4.2- Результати вимірювань при завантаженому змішувачі
ЛН-24 Сипким матеріалом

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

Споживна потужність розраховується, як різниця потужність, заміряний ватметр під навантаження N_u і потужності на холостому ході N_{xx} при однакових обертах. $N = N_u - N_{xx}$ (4.1)

Розмір корпусу також має велике значення (рисунок 4.3).

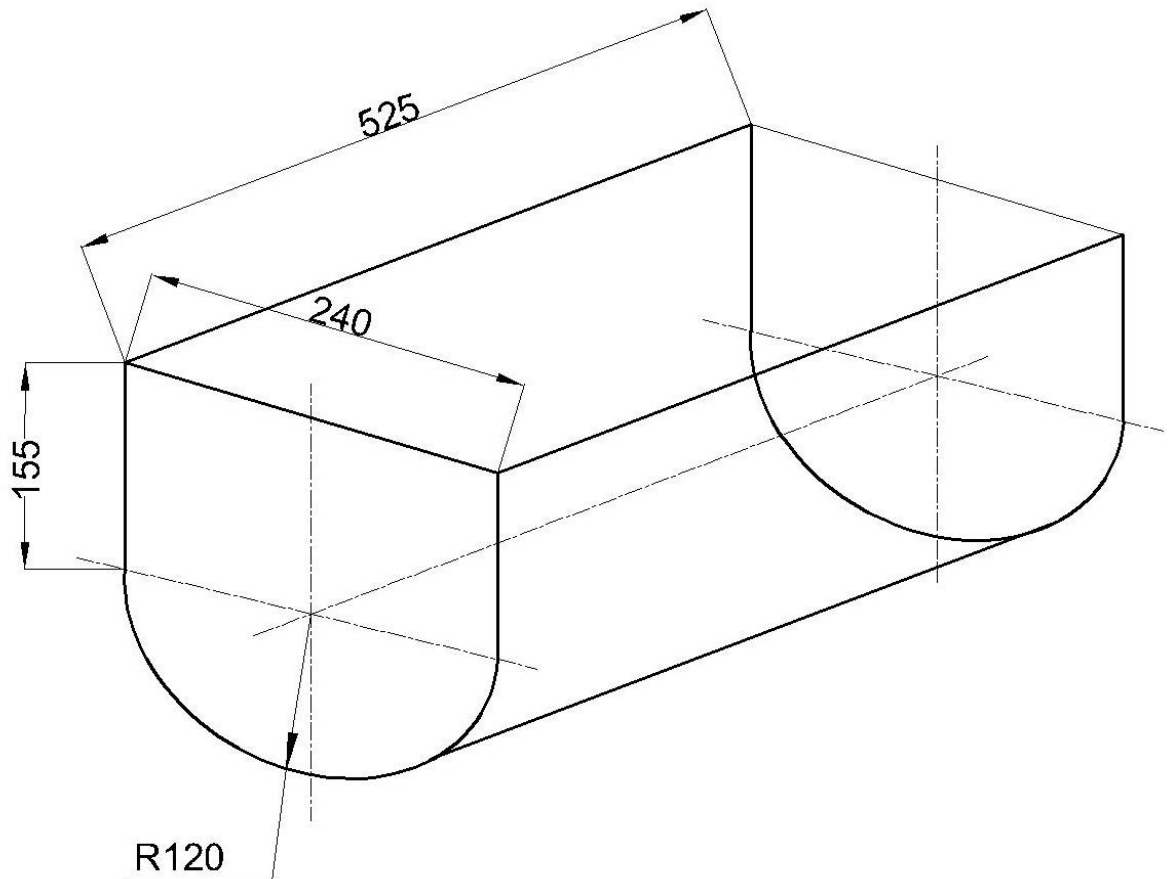


Рисунок 4.3- Розміри корпусу змішувача ЛН-24

Номінальний об'єм корпусу – 32 л;

Об'єм, що обертає ротор – 24 л;

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

4.1 Визначення моменту опору і потужності змішувача

У Сєверодонецькому відділу НДІХІММАШ потужність робочого змішувача визначалася за допомогою ватметра. Крім того, на змішувачі ПЖ-130 методом динамічного тензометрування визначався момент опору переміщення основного органу в сипкому середовищі [5].

Для вимірювання активної потужності використовувався ватметр 0,2 класу точності з межею вимірювання до 3 кВт. Якщо потужність перевищувала цей показник, то застосовувалося шунтування струмової обмотки приладу.

До переваг даного методу вимірювання потужності є універсальність його здійснення. Однак точність такого вимірювання є невисокою, так як в вимірювальну потужність, входять втрати на приводне тертя, на нагрів обмоток двигуна, вихрові струми.

Розрахункова формула передбачає, що всі ці витрати не залежать від навантаженості привода і приймаються стандартними для даної швидкості обертання робочих елементів змішувача. Крім того, неможливо виміряти пусковий момент і пускову потужність ротора, так як потрібно враховувати інертність приладів вимірювання.

Метод динамічного вимірювання моментів що крутять заснований на визначенні моменту опору руху одному з робочих елементів. Метод дозволяє зняти осцилограму крутного моменту. На отриманій осцилограмі визначали роботу однієї лопаті за оберт. Споживана потужність змішувача, визначалася, як добуток кінцевої роботи на швидкість обертання ротора і числа робочих елементів змішувача.

Переваги динамічного вимірювання обертового моменту в порівнянні з перерахуванням електричними методами наступні:

На точності отриманих даних не впливає витрати в приводі і ущільнення змішувача.

Можна визначити не тільки середню величину споживної потужності, але і характер навантаження на робочий привід і кожен орган, як під час запуску змішувача, так і після виходу його в робочий режим.

До недоліків даного вимірювання слід віднести порівняно великі трудові затрати і матеріальні витрати на його проведення.

Система динамічного вимірювання моменту опору (рисунок 4.4) складався з двох вузлів динамічного тензометрування 1, струмовимірювача 2, підсилювач 3, осцилографа променевого 4, блоки живлення для осцилографа 5, підсилювача 6, вузол тензометрування в роботі був укріплений на валу змішувача, струмовимірювач був встановлений на спеціальній стійці, а його ротор з'єднаний з валом апарату.

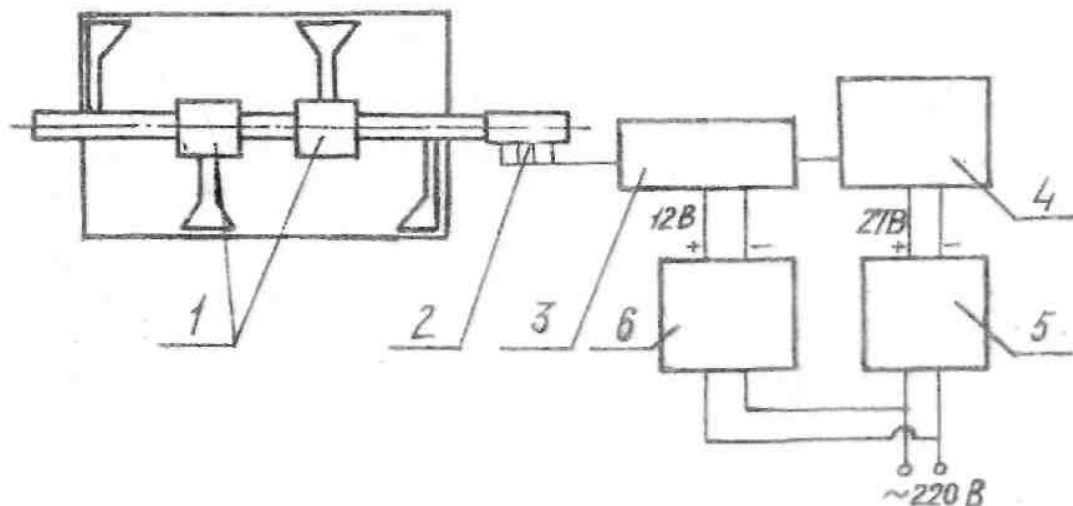


Рисунок 4.4 - Система динамічного вимірювання моменту опору

Спеціально розроблений для проведення цієї роботи вузол динамічного тензометрування можна розглянути на рисунку 4.5.

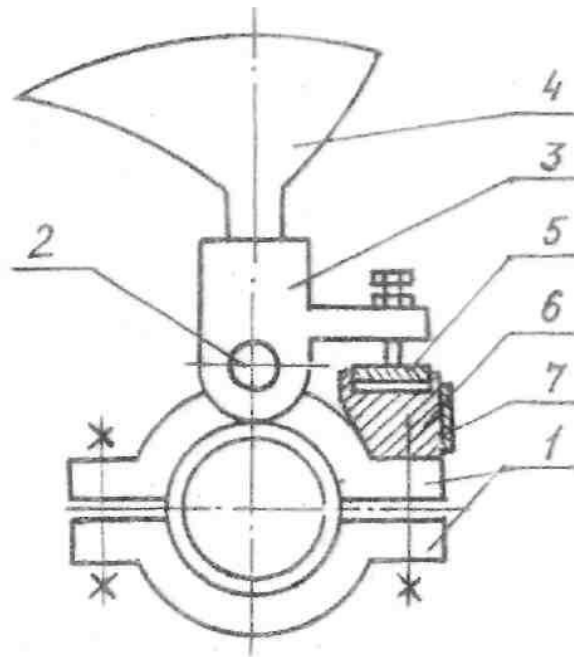


Рисунок 4.5 - Вузол динамічного тензометрування

Основна частина складається з хомутів, стягваних на валу змішувача двома болтами. Хомути утримуються від провертання за рахунок тертя, без будь-яких стопорних кілець, тому їх можна встановити в будь-якому місці по довжині вала. На хомуті шарнірно встановлений на осі, важіль. На важелі укріплений робочий елемент 4. Важіль тисне в центрі на пластину 5, що спирається з двох сторін на краях, зробленої в опорному брусі. При зануренні в сипкий матеріал, робочий орган відчуває опірну силу. Зі збільшенням моменту, що діє на важіль з боку органу, збільшується прогин пластинки 5, її товщина встановлена таким чином, що деформація знаходиться в межах пружності. На нижній поверхні пластинки паралельно наклеєні 3 тензорезистора. Провід від цих тензорезисторів через порожній вал з'єднується з струмовимірювачем. Простір між пластиною 5 і брусом 6 ущільнений за допомогою проміжного матеріалу. Шарнірна конструкція вузла тензометрування дозволяє виробляти точне вимірювання крутного моменту в порівнянні з наклейками датчиків на стійці. Дані від осьових і радіальних сил в першому випадку не діє на робочий елемент. Наявність 3 тензодатчиків, що реєструють одну і ту ж величину, підвищує правильність

експерименту. На брусок 6 кріпиться пластина 7 з наклеєним на неї компенсаційний тензорезисторами, на яку діють механічні навантаження.

Струмовимірвач є ротор з бронзовими кільцями, що обертається разом з валом. Знімання струму здійснюється за допомогою сталевих контактів, що стикаються з робочими кільцями.

При деформації робочого органу відбувається розбаланс моста і в іншому його плечі з'являється сигнал. Цей сигнал передається по проводам на підсилювач і, потім, на осцилограф, де фіксується на спеціальному папері.

Робота, вироблена одним робочим органом за оборот, визначалася графічно по осцилограмі. Вона приблизно дорівнює площі діаграми, обмеженої кривою, яка описує момент за одне циклічне навантаження.

Метод динамічного тензометрування є найбільш ефективним, так як він усуває найбільше помилок, які можуть з'явитися при вимірюванні.

Апаратура для проведення таких дослідів показана рис. 4.6. У процесі дослідження вимірювались ступінь заповнення змішувача - η і кутова швидкість обертання робочого ротора ω . Дослідження проводилися на наступних матеріалах: сухий пісок, фенопласт.

Під час випробування було встановлено, що характер зміни опору для сипких компонентів з розмірами частинок більше 50 мКм, відповідає стандартній моделі.

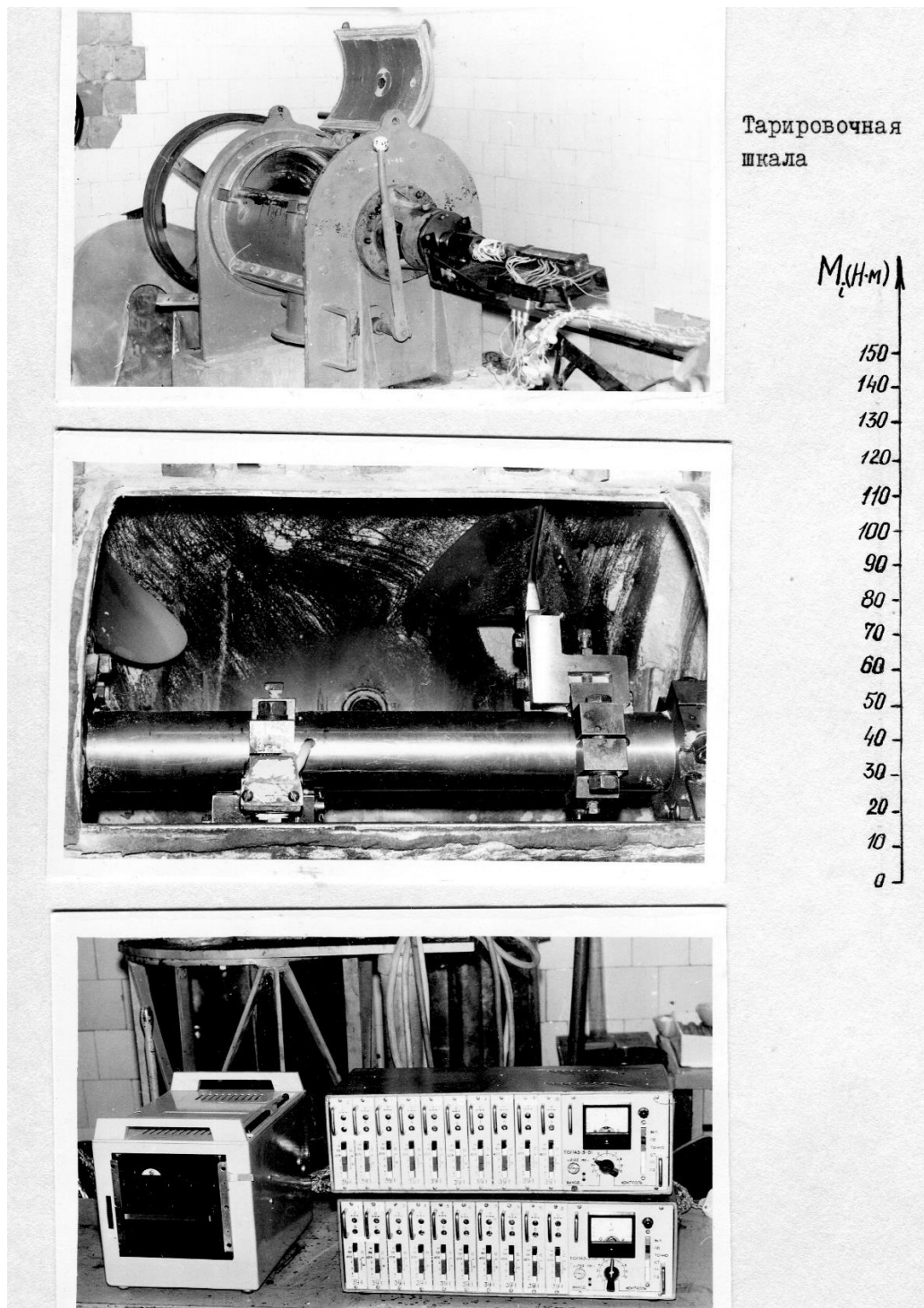


Рисунок 4.6 - Апаратура для динамічного тензометрування

Графічна осцилограма моменту опору руху кожного з плугів за один оберт показана на рис. 4.1-4. Плуги розташовані по осьовій лінії ротора на визначеній відстані один від одного, через 180° у напрямку оберт.

Для дрібних матеріалів з розмірами частинок менше $50 \mu\text{м}$ результати розрахунків виходять на порядок більшими, якщо порівнювати з експериментальними даними.

Проаналізуємо експериментальні дані, які були виявлені для цих двох груп матеріалів (рисунок 4.7).

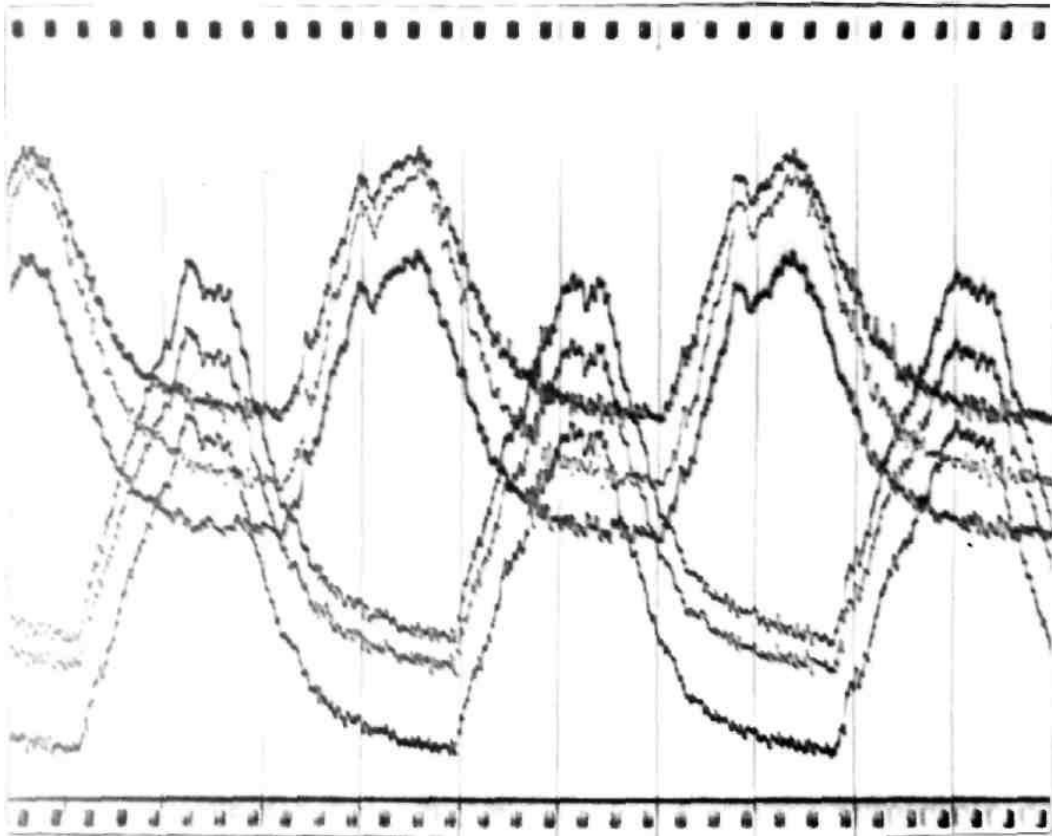


Рисунок 4.7 - Графічне зображення осцилограми для великодисперсних сипких матеріалів

На рис. 4.5 наведені лабораторні значення максимальних моментів опору M_{max} , отримані під час досліджування змішувача ПЖ-130 на великодисперсному фенопластовому матеріалі при різному поєднанні коефіцієнта завантаження - η і кутової швидкості обертання ротора - ω). Як видно з рисунку, при невеликому заповненні корпусу ($\eta=0,1 - 0,3$) зі збільшенням швидкості обертання пікові значення M_{max} зростає, а пусковий момент менше моменту опору при сталих режимах. Якщо збільшувати коефіцієнт завантаження понад 0,3 різниця між пусковим і робочим моментом зменшується (рисунок 4.8). При завантаженні в 0,6 в експериментальному діапазоні зміни швидкості обертання ротора момент опору падає майже в 2 рази в порівнянні з пусковим моментом.

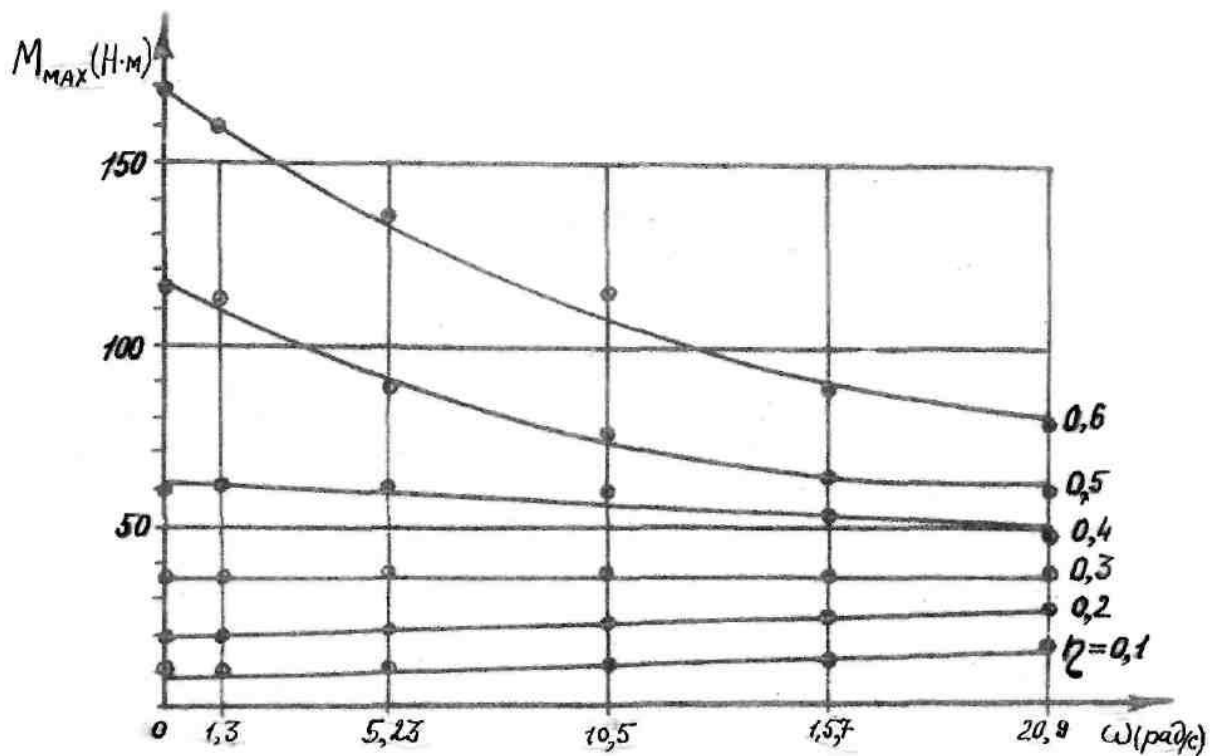


Рисунок 4.8 - Зміна пікових значень моменту опору при заповненні фенопластом

Не вдалося провести експеримент з крупним фенопластом при високих коефіцієнтах завантаження корпусу. Пусковий момент двигуна не набув значної потужності. Ротор змішувача заклинило. Можна зробити висновок, що момент опору повністю залежить від обертової швидкості ротора. При малих и великих завантаженнях корпусу ця різниця дуже велика. Чим це можна пояснити?

У наукових публікаціях можна зустріти таку інформацію. Зростання моменту опору переміщенню плугів в міру зросту швидкості пояснюється дією на компоненти відцентрованих сил. Зниження моменту опору зі збільшенням швидкості обертання робочих органів при великих завантаженнях - наслідок пружності матеріалу.

Отримані в цій роботі графічні осцилограми моменту опору і візуальні спостереження виявляють неефективність цих припущень і дають основу

стверджувати, що в плужному змішувачі при стандартних вживаних кутових швидкостях до 20 рад/с відцентровані сили не мають великого значення. Так, наприклад, в змішувачі ПЖ-130 при швидкості 10 рад/с матеріал не викидався із корпусу. Візуально ми спостерігали його інтенсивне переміщення переважно в осьовій площині. Розраховані дані за швидкістю плуга, в цьому випадку дорівнювало 2,6; але напрямок швидкості переміщення матеріалу \vec{V}_n не співпадало з напрямком руху плуга \vec{V} .

Швидкість переміщення компонентів, що розсовується робочим органом, дорівнює:

$$V_n = V \cdot \sin \alpha, \text{ м/с.} \quad (4.2)$$

Тангенціальна складова обертання, що створює відцентровані сили, визначається за формулою:

$$V_\tau = V \cdot \sin \alpha \cdot \sin \alpha_1 \cdot \sin \alpha_2 = V \cdot \sin^2 \alpha, \text{ м/с.} \quad (4.3)$$

Ці дані характеризують відношення відцентрованого прискорення до прискорення гравітації, з урахуванням напрямку руху компонентів:

$$Fr^I = \frac{V_\tau^2}{r \cdot g} = \frac{V^2 \cdot \sin^4 \alpha}{r \cdot g} = \frac{\omega^2 \cdot r}{g} \cdot \sin^4 \alpha. \quad (4.4)$$

Тобто реальне значення Fr набагато менше, чим розраховане по швидкості плуга (в даному випадку $\alpha = 17^\circ$, $\sin^4 \alpha = 7,3 \cdot 10^{-3}$, $Fr^I = 0,0186$).

Отже, вплив відцентрованих сил на компонент не є великою різницею і їх дією не можна пояснити збільшення опору переміщення плуга.

Пояснення зниження моменту опору проявом ділатансії зі збільшенням обертової швидкості також непереконливо, якщо розглянути осцилограму для фенопласту з крупними частинками або піску. При завантаженні в половину корпусу і більше зі збільшенням швидкості осцилограма стає

зубчастою, що швидше характерно для більш жорстких, а не м'яких матеріалів.

З графіку моментів опору (рисунок 4.9), отриманих для стандартних умов, можна помітити, що зі збільшенням кутової обертової швидкості ротора відбувається зниження максимальних значень моменту опору і одночасне збільшення кута під час роботи. Отже, поверхня сипких компонентів стає увігнутою, максимальна глибина сипких матеріалів над плугом зменшується, а його шлях під навантаженням навпаки росте. Однак зі збільшенням роботи за оберт не може бути викликано викривленням поверхні компонентів, так як опір робочого плужка залежить від глибини його дії в сипкому матеріалі в ступені більше одиниці.

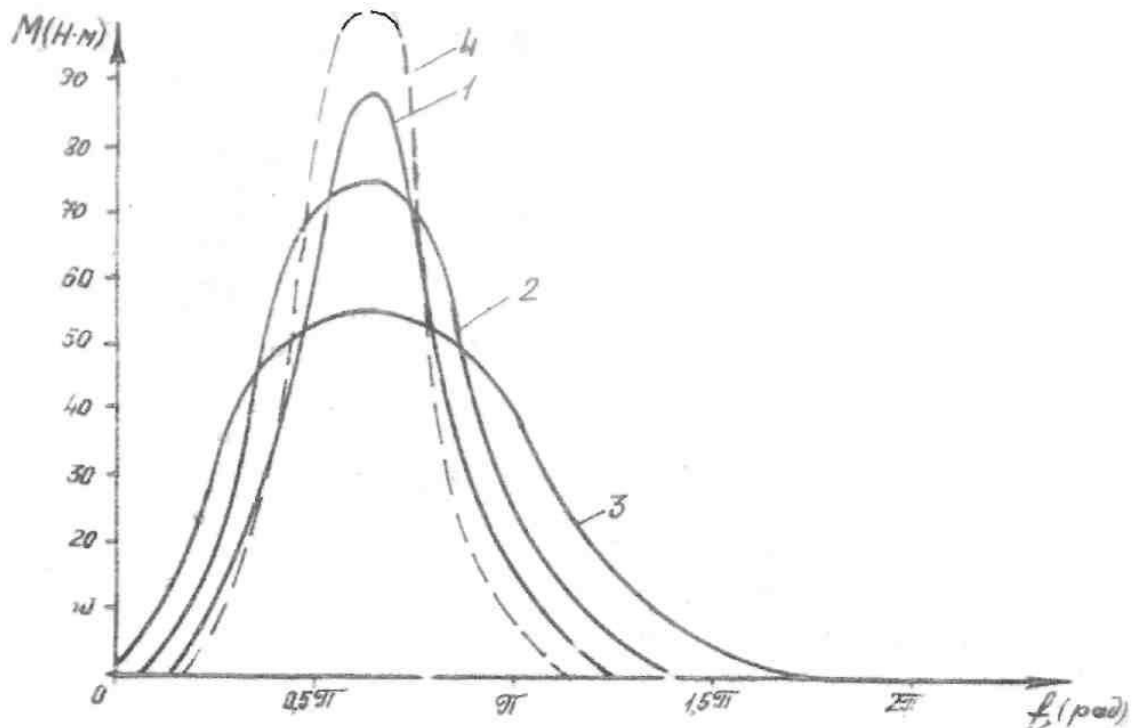


Рисунок 4.9 - Характер зміни моменту опору

$\omega=5,23$ рад/с; 2. $\omega=10,5$ рад/с; 3. $\omega=20,9$ рад/с; 4. фактичні данні

Зростання роботи за оберт при збільшенні швидкості роботи можна пояснити лише впливом динамічних сил, які діють на ротор змішувача. Подібне явище спостерігається і в випадку дослідів змішувача з

горизонтальним корпусом при малих завантаженнях. Плуг, рухаючись на невеликому заглибленні зі швидкістю до 5 м/с, здатний витіснити матеріал в боки, повідомляючи йому деяку рухому енергію. Імпульс з боку компонентів загрузки збільшує опір руху. Частинки, які отримали рухому енергію, здійснюють політ у вільному просторі змішувача. При цьому відбувається їх розподіл по поверхні сипкого компоненту.

Траєкторії падання частинок показані на рис. 4.10. Схема входження плужка в сипкі компоненти при різних коефіцієнтах завантаження показана на рис. 4.11.

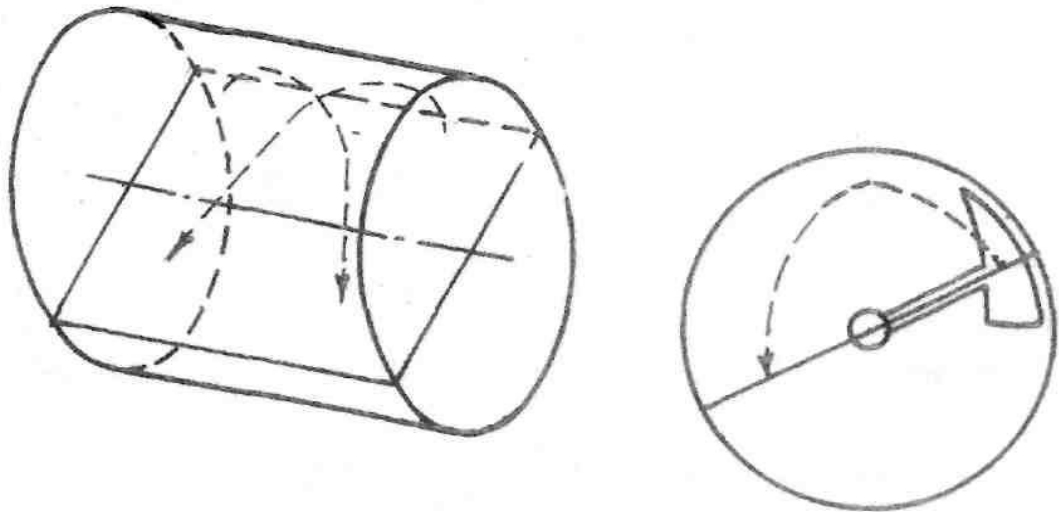


Рисунок 4.10 - Траєкторія польоту частинок матеріалу

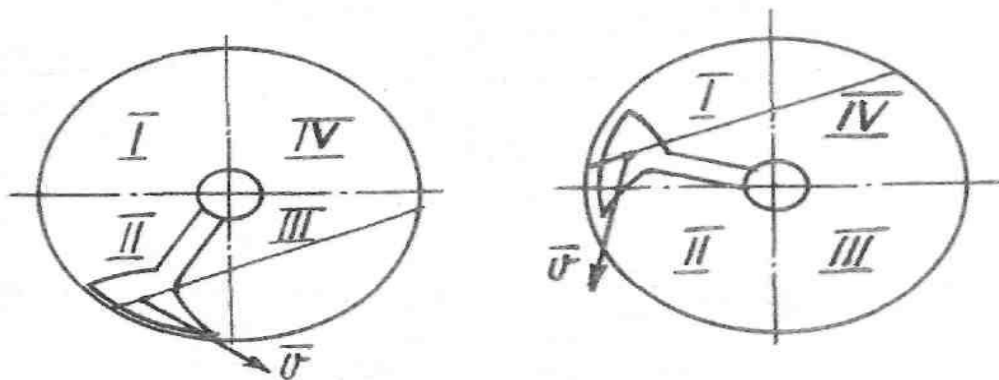


Рисунок 4.11 - Входження плуга в сипкий пісок при різному заповненні корпусу змішувача

Якщо говорити про ефективність змішування, то стає очевидним, що таке явище дуже корисно в роботі. Тому, закономірне прискорення роботи змішення сипучого піску при невеликому завантаженні (рисунок 4.12). Зі збільшенням завантаження апарату динамічна сила не проявляється, що пояснюється рухом робочого елемента на великій глибині в складних робочих умовах, у такому разі компонент не може інтенсивно підкидатися у повітрі, а отримувана ним рухома енергія витрачається на подолання тертя під час роботи.

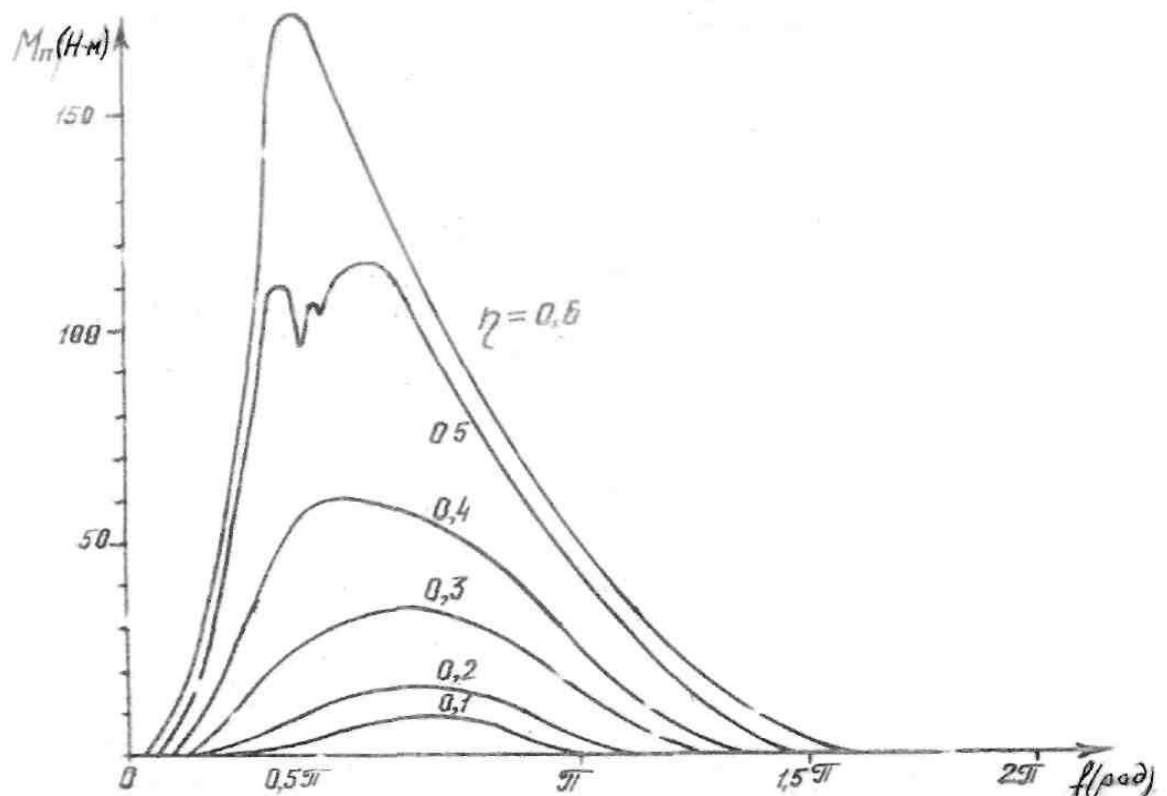


Рисунок 4.12 - Експериментальні дані моменту при повільному обертанні ротора

При перевищенні даних коефіцієнтів завантаження змішувача, пуск запустити апарат стає неможливим. Так, наприклад, завантаження матеріалом фенопластом змішувача ПЖ-130 можливе лише на 0,6 об'єму корпусу. Але і за цих умов пусковий момент у декілька разів перевищує

номінальний робочий показник. Очевидно, для великих сипких матеріалів коефіцієнт завантаження змішувача більше 0,5 є недоцільним.

З точки зору фізичних властивостей, отримані експериментальні дані показують опір, який викликаний або силами тертя в сипучому матеріалі, або динамічними силами зі сторони компонентів. Тому споживна потужність на змішення, можна розраховувати по формулі:

$$N = \max\{N_c, N_d\}, \text{ Вт}, \quad (4.5)$$

4.2 Опір руху механічних органів при змішенні дрібно часткових матеріалів

Для вивчення опору руху робочих органів в дрібнім матеріалі використовувався фенопласт і каолін з розмірами часток 5 мкм. Ці дослідження дали вражаючі результати, що свідчать про перехід дрібнодисперсного фенопласту при переміщенні в новий для нас стан.

Під час досліду було встановлено, що опір переміщення робочих органів в дрібнодисперсному компоненті у багато разів менший, ніж в іншому випадку. Осцилограма моментів опору переміщенню робочого органу в сипкому матеріалі практично така ж, як і осцилограма холостого ходу.

При обертанні ротором не завантаженого змішувача осцилограф показує сигнал у вигляді синусоїдної лінії, який викликаний дією маси плуга. Якщо змішувач рабе з дрібнодисперсним фенопластом, то запис практично не відрізнявся від запису при холостому ході. Причому, завантаження змішувача до 0,9 частини корпусу на споживану потужність практично не впливала.

Якщо порівняти визначені на стандартних приладах фізико-механічні властивості великодисперсного і дрібнодисперсного фенопласту, то з точки зору жорстко-пластичної моделі вони близькі між собою. Тому можна було чекати, що закономірності зміни моменту опору для обох матеріалів мають бути подібними. Під час роботи встановлені відмінності не лише числових значень моменту опору, але і самого характеру зміни цього показника.

Отримані дані і показники дають можливість припускати існування границі застосовності жорстко-пластинчастої моделі сипких компонентів. У наших дослідженнях ця межа визначалася дисперсністю сипкого середовища 50 мкм.

У змішувачі при швидкому перемішуванні дрібних матеріалів відбувається все стороння деформація. В першу чергу, відбувається руйнування менших контактів по всьому об'ємі робочої площини. При цьому такого зрушення не утворюється, отже, і не потрібне руйнування більш сильних контактів.

Для того, щоб призвести деформацію по площині, потрібна 2 умови:

- 1) матеріал має бути дрібним
- 2) матеріал має бути таким, що піддається стисканню.

Остання умова виконується, коли дрібний матеріал знаходиться в розпушеному стані. Якщо він не сипкий, а його порознь зменшилася, зрушення в нім стануться по площинах ковзання, при цьому опірність матеріалу в руйнуванні збільшиться.

Одним з чинників, сприяючих зменшенню опору дрібнодисперсних матеріалів, є малий переріз проходів між частками. При швидкому збільшенню навантажень матеріал спресовується, тиск повітря, що знаходиться в масі, збільшується, але швидко вийти через проміжні щілини між частками він не може, оскільки їх опір великий. Виходить, що завдяки стислому повітрю відбувається вирівнювання напруги. Коефіцієнт бічного тиску наближається в цьому випадку до 1, і сипкий матеріал стає схожим за своїми властивостями на рідину. Сказане можна підтвердити і тим, що при роботі плугового змішувача з дрібними сипкими матеріалами їх поверхня практично горизонтальна.

4.3 Висновки по розподілу компонентів

Сили опору переміщення робочих механізмів змішувача мають залежність від гранульного складу досліджених сипких компонентів. В великодисперсних матеріалів, з розмірами часток більше 50 мКм, їх величина більш дуже перевищує сили опору, які проходять при роботі апарату на дрібнодисперсному матеріалі.

Правильність прийнятого варіанту реальним процесам при перемішуванні матеріалів з великими частками підтверджена під час експерименту.

Сили опору переміщенню робочого механізму в дрібному матеріалі на порядок нижче, що можна сказати з його переходом в новий стан, для якого методи визначення фізико-механічних законів нині не розраховані.

Математична модель і експериментальні досліди виявили, що зі збільшенням заповнення корпусу матеріалом різко зростає момент опору робочого ротора. При заповненні матеріалом корпусу більш ніж на половини його об'єму, під час запуску можливе заклинювання ротора.

Цю обставину потрібно враховувати при розробці і експлуатації модельного ряду. При дослідженні роботи стрічкових апаратів цьому питанню було виділено окреме значення. Перевищення межі границі завантаження веде до примусової зупинки ротора змішувача у момент запуску. Для досліджених матеріалів з великим розміром часток, граничний коефіцієнт завантаження складає 0,5 - 0,7 об'єму корпусу.

Експериментальні дослідження підтвердили правильність розробленої фізичної моделі для сипких компонентів.

Для матеріалів з дрібним розміром часток приблизно 50 мкм, опір руху в матеріалі у багато разів менше, ніж для великодисперсних компонентів. Матеріали з дрібним розміром часток поведуться в процесі перемішування подібно до рідин: мають горизонтальну поверхню, передають тиск рівномірно на всі сторони, опір не залежить від глибини лопаті в сипкому

матеріалі. Значний опір дрібних матеріалів може виникнути у момент запуску апарату, коли робочі механізми деформують залеглий матеріал.

5 Проектування типорозмірного ряду апаратів з горизонтальним корпусом

Змішувачі з горизонтальним корпусом, стрічкові і плужні є самими популярними видами міксерів. Це легко виявити за результатом виробництва заводів хімічного машинобудування. Стандартні обсяги змішувачів прийнято вибирати дивлячись на рекомендований ряд обсягів хімічного устаткування. Об'єм завантажуваних компонентів призначається для кожного технологічної дії, виходячи з фізико-механічних характеристик компонентів. Мають значення вага матеріалів, коефіцієнт тертя в корпусі, розмір часток компонентів та інші дані.

Для стрічкових і плужних змішувачів конструкції Сєверодонецького НДІХІММАШу рекомендований об'єм заповнення корпусу $\eta = 0,6$. Для проектувального ряду приймаємо об'єм заповнення в половину робочого корпусу. Це значно збільшить надійність роботи змішувача. Допускається застосування більшого об'єму заповнення, але для цього треба мати експериментальне підтвердження.

Слід враховувати, що існує ідея зміни типорозмірного ряду змішувачів. Пропонується замість стрічкових та плужних апаратів перейти на випуск змішувачів с горизонтальним корпусом (таблиця 5.1). Ці змішувачі показали дуже високу ефективність перемішування сипких компонентів. На підставі проведеного аналізу закупівлі стрічкових змішувачів для сипких компонентів на заводах хімічного устаткування пропонується конструювання наступного ряду змішувачів з горизонтальним корпусом:

Таблиця 5.1 – Номінальні обсяги і параметри змішувачів ЗГ

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

Пропонується номінальний ряд конструкцій змішувачів з вертикальним шнековим елементом, призначеним для більш цільного процесу змішування, руйнування компонентів (таблиця 5.2). Також представлені різні виконання змішувачів ЗГ (таблиця 5.3).

Таблиця 5.2- Параметри типорозмірного ряду змішувачів горизонтальних (ЗГ)

Номи- нальн об'єм корп., $V_{\text{н}}$, м ³	Реко- мендо- ваний об'єм суміші, $V_{\text{с}}$, м ³	Внутр. діам. корп., мм	Наруж. діам. Рото- ра, мм	Діам. шнека, мм	Довж. кор- пуса, мм	Частота обертання, об/мин		Потужність приводу, кВт		Маса змішу- вача без прив., кг	Тов- щина Стін- ки корп., мм
						рот.	шнек	рот.	шнек		
						0,5	0,25	800	790		
0,8	0,4	800	790	130	2000	8	400	0,6	1,5	350	4
1,0	0,5	800	790	130	2400	8	400	0,6	1,5	500	4
1,6	0,8	1200	1180	200	2100	6	300	3	4	1200	6
2,5	1,25	1200	1180	200	2800	6	300	3	4	1500	6
3,2	1,6	1200	1180	200	3500	6	300	3	4	2000	6
5	2,5	1800	1770	250	3000	4,5	250	9	12	2500	8
8	4	1800	1770	250	3800	4,5	250	9	12	3500	8
10	5	1800	1770	250	5600	4,5	250	9	12	4500	8
16	8	2600	2560	300	4600	3	200	24	30	6000	10
25	12,5	2600	2560	300	6200	3	200	24	30	7500	10
32	16	2600	2560	300	7600	3	200	24	30	9000	10

Таблиця 5.3- Пропоновані виконання

1	Корозійностійке (12X18H10T)
2	Некорозійностійке (Ст 3)
3	Вибухозахищене
4	Невибухозахищене
5	Періодичної дії
6	Безперервної дії ($V_{ж}$: 1,0; 3,2; 10; 32)
7	Привод з регульованою частотою обертання ротора
8	Привод з нерегульованою частотою обертання ротора
9	Привод з регульованою частотою обертання шнека
10	Привод з нерегульованою частотою обертання шнека
11	З сорочкою
12	Без сорочки
13	Розвантаження через клапанний затвор
14	Розвантаження через дисковий затвор
15	Розвантаження через шиберний затвор
16	Розвантаження шнеком
17	Розвантаження гнучким шнеком

Приклад позначення змішувача горизонтального з номінальним об'ємом корпусу 3,2 м³, з корпусом і ротором зі сталі 10X18H10T, не вибухозахищене виконання, періодичної дії, з нерегульованою частотою обертання ротора і шнека, без сорочки, з розвантаженням через клапанний затвор:

СГ-3,2-1/4/5/8/10/13

6 Економічний параметр ефективності випуску змішувачів з горизонтальним корпусом

Собівартість - один з ключових якісних показників ефективності виробництва, що дозволяє контролювати над витратами і оцінювати результати діяльності виробництва. Економічна ефективність формується безпосередньо на заводі і відображає індивідуальні вимоги і умови виробництва, конкретні результати діяльності даного виробничого підприємства.

Завдяки пониженню собівартості апарату, можливо виробляти цілий модельний ряд змішувачів. Це є вигідним варіантом для поліпшення виробництва. Для контролю економічної вигідності потрібно користуватися такими науками, як бухгалтерській облік і калькулювання собівартості змішувачів процесі управління заводу.

Загальні правила формування в бухгалтерському обліку даних про витрати виробництва та її розвитку у фінансовій звітності встановлено у окремому документі.

Методичні рекомендації з формування економічної ефективності продукції в різних галузях виробництва визначають безпосередньо через калькулювання собівартості апарату.

На підставі галузевого документа з формування ціни на змішувача [11] робиться економічне обґрунтування апарату.

Планова ціна є прогнорові значення граничної величини витрат на виробництво окремих видів продукції, розрахованої на основі прогресивних норм і економічних показників за попередній рік.

Нормативна собівартість визначає величина витрат на виробі в розрізі встановлених на заводі статей, за чинною нормою, нормативи і кошторису Звітна собівартість визначається на основі даних бухгалтерського обліку після закінчення року роботи і являє правдиву інформацію про фактичні витрати на виробництво продукції, робіт, послуг. Вона служить основою для

економічного аналізу, прогнозування, планування і прийняття рішень на короткострокову та довгострокову перспективу по виготовленню, вдосконалення або заміни даного виду продукції.

Під терміном собівартості продукції розуміється сукупність прийомів і способів, що забезпечують собівартість виробленої продукції, виконаних робіт або наданих послуг (таблиця 6.1).

Таблиця 6.1 - Вихідні дані для калькуляції собівартості

№ п/п	Статья затрат	ЕИ	Стоимость, грн
1	Материалы основные, в том числе покупные изделия	прямые затраты	
	Лист 12X18H10T		132000
	Лист Ст3		6600
	Электроды для 12X18H10T		29962
	Электроды для Ст3		1498
	Мотор-редуктор ЗМП-100-7,1-3		60000
	Мотор-редуктор МПО1М-10-В-5,74-3/250-АИР100S-У3		19125
	Электродвигатель АИР100S-У3	3112	
	Электродвигатель АИР100S4	3112	
	Система управления (шкаф пускатели итд)		6224
Итого		255409	
2	Транспортно-заготовительные расходы	масса аппарата кг \times на 1 грн	2535
3	Топливо, энергия (технологические)	масса аппарата кг \times на 1 грн	2535
4	Основная заработная плата	стоимость нормо-часа	30830
5	Дополнительная заработная плата	20 % от п. 4	6166
6	Отчисления в фонды	34,2 % от (п. 4 + п. 5)	12653
7	Расходы на содержание оборудования и износ инструмента	40 % от (п. 4 + п. 5)	14799
8	Цеховые расходы	30 % от (п. 4 + п. 5)	11099
9	Общезаводские расходы	10 % от (п. 4 + п. 5)	3700
10	Производственная себестоимость	<u>п. 1 + п. 2 + п. 3 + п. 4 + п. 5 + п. 6 + п. 7 + п. 8 + п. 9</u>	339725
11	Внепроизводственные расходы	15 % от п. 10	50958,77
12	Итого производственная себестоимость	п. 10 + п. 11	390684
13	Плановые накопления	10 % от п. 12	39068
14	Оптовая цена	п. 12 + п. 13 + НДС 18 %	507108

Витрата матеріалів згідно розробленого змішувача.

Ціни на матеріали взяті з Українського ринку і Інтернету.

Висновок.

Проаналізувавши ринок (середня оптова ціна змішувача номінальним об'ємом 3,2 м³ становить 508 000 грн.) і склавши ціну собівартості змішувача можемо вважати, що дохід від продажу складе орієнтовно 117 000 грн.

7 Техніка безпеки під час роботи в лабораторії

До роботи з електроприладами допускаються люди, що пройшли інструктаж і навчання, а також перевірку знань по питаннях охорони праці і що мають групу по електробезпеці не нижче 2.

Студенти, що беруть участь в наукових експериментах, допускаються до виконання роботи в присутності і під безпосереднім керівництвом викладача, ведучого НДРС.

Забороняється працювати в лабораторії в нетверезому стані вживати алкогольні напої, наркотики 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 переконайтеся 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 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 етиловий спирт.

Дозволяється зберігати запас легкозаймистих рідин, що не перевищує 0,5 л. 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 використувані подовжувачі мережі 220 V.

Привести в порядок робоче місце, прибравши пил, що з'явилися, і сміття.

При відході з приміщення лабораторії необхідно вимкнути всі споживачі електроенергії.

При виявлених під час роботи і неполадках електроприладів повідомити наукового керівника лабораторії або його заступника

7.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

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

- загоряння горючих матеріалів;
- ураження електричним струмом.

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

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

При пожежі:

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

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

Негайно повідомити про нещасний випадок керівництво лабораторії, декана факультету.

7.5 Вимоги безпеки при роботі на змішувачах

При роботі на змішувальному обладнанні слід виконувати наступні мери безпеки:

- Роботи виконувати тільки в присутствії керівника наукових робіт;
- Не брати пробі матеріалу під час роботи змішувача;
- Якщо виникла потреба очистки стінок, або інше, що потребує дій в корпуси змішувача в момент роботи приводу, це слід робити за допомогою тонкої дерев'яної пластини, наприклад, дерев'яної лінійки;
- Очистку корпусу змішувача слід робити тільки при висмикнутої напругі на привод змішувача.

8 Висновки та рекомендації

Приведений літературний аналіз конструкцій змішувачів сипких і пастоподібних компонентів.

Досліджені процеси змішування сипких матеріалів в стрічковому змішувачі з горизонтальним корпусом.

Досліджені енергетичні витрати в стрічковому змішувачі.

Запропонована ефективна конструкція апарату для змішування з горизонтальним корпусом.

Розроблений типорозмірний ряд змішувачів з горизонтальним циліндричним корпусом.

Зроблена оцінка економічної вигоди від випуску стрічкового змішувача номінальним об'ємом 3,2 м³ економічний ефект складає 117 тис.грн.

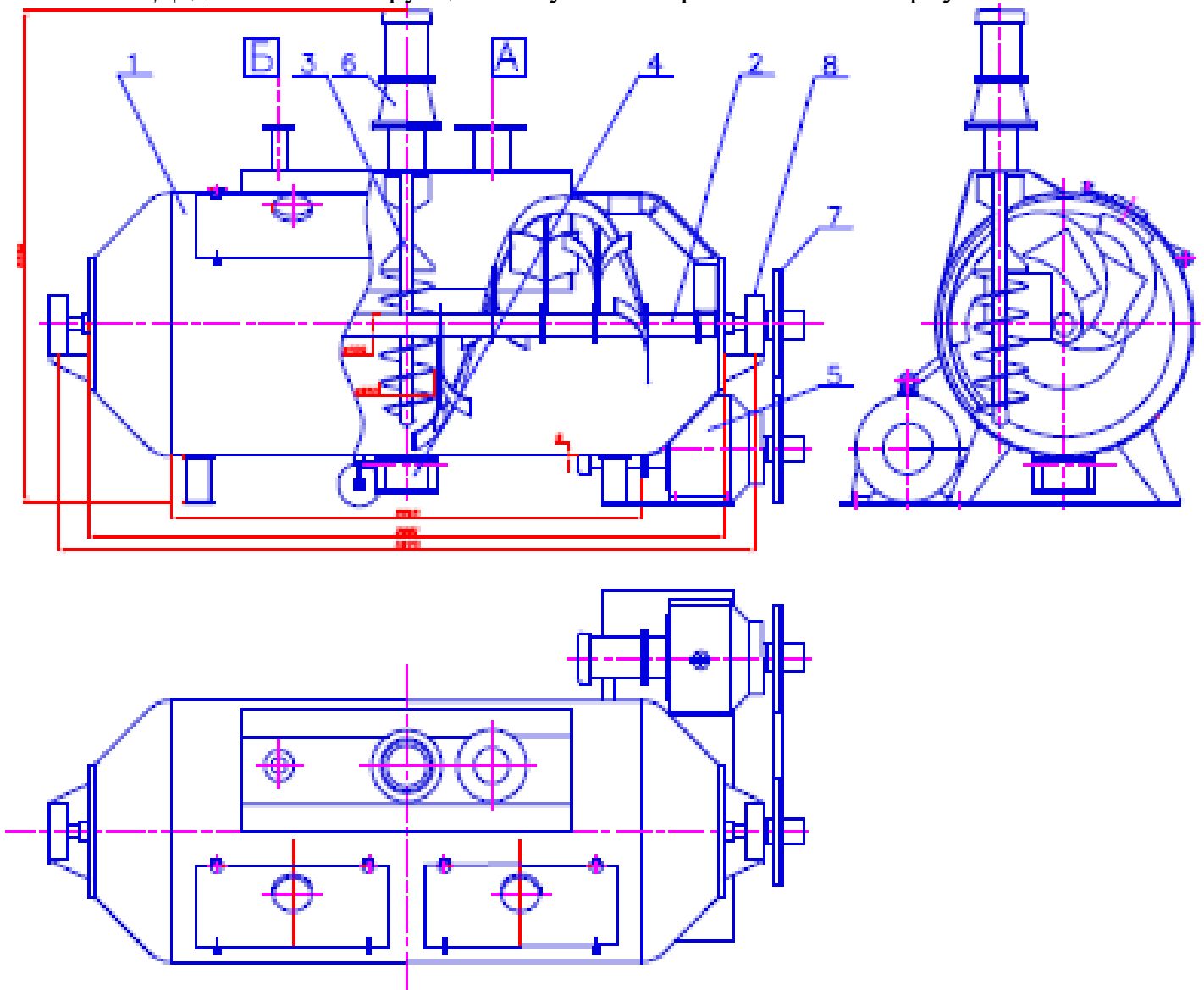
Запропоновані дані що до підвищення економічного ефекту від випуску змішувачів: пониження металоємності, збільшення конструкційної надійності. Для використання в серійному виробництві змішувачів рекомендована конструкція стрічкового змішувача з вертикальним шнекам.

Перелік джерел посилання

1. Модестов В.Б. Смесители сыпучих и пастообразных материалов /Монография. — Луганськ, СПД Резніков В.С., 2012. — 351 с.
2. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов. — М.: Высш.шк., 1973, 216 с.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. Пособие для вузов. — 8-е изд., стер. —М.: Высш. шк., 2002, 479 с.: ил.
4. Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) в промисловості», затверджені наказом Мінпромполітики України від 09.07.2007 р № 373
5. ВСН 452-84 «Виробничі норми витрат матеріалів в будівництві. Сварка трубопроводів з легованих сталей автоматичне зварювання під флюсом листових конструкцій, зварювання арматури і заставних деталей, газове різання »
6. Теория смешивания / URL: <https://www.ngpedia.ru/id130554p1.html> дата звернення: 15.11.2019).
7. Смесители сыпучих материалов / URL: <http://www.findpatent.ru/patent/224/2246343.html> (дата звернення: 05 11.2019).
8. Шнековый смеситель/ URL: https://www.google.com.ua/search?q=шнековый+смеситель+непрерывного+действия&client=opera&hs=F9z&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj78_at3L3gAhUFjqQKHQF_AwIQ_AUIDigB&biw=1286&bih=658#imgsrc=ldLXBWUlg32ljM (дата звернення: 05.11.2019).
9. Двухроторный смеситель/ URL: <http://смеситель-двухроторный.рф> дата звернення: 07.11.2019).
10. Двухроторный смеситель/ URL: <http://techno-centr.ru/> (дата звернення: 07.11.2019).

Додатки

Додаток 1. Конструкція змішувача з горизонтальним корпусом



Таблиця Д.1- Результати змішення компонентів в змішувачі СТ-24

n=100об/хв.; t= 36 с.

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

X_{ср}=4,744V_c=55,2

Таблиця Д.2- Результати змішення компонентів в змішувачі СТ-24

n=100об/хв.; t= 180 с.

№ пробы	Маса ключев. комп,г	Маса основн. комп, г	Зміст ключевого комп, %	Наявність сегрегації		
				верх/ низ	лево/ прав	По осі
1	0,452	9,257	4,655			
2	0,445	9,505	4,472			
3	0,472	9,111	4,925			
4	0,547	9,526	5,430			
5	0,551	9,187	5,658			
6	0,563	9,256	5,734			
7	0,471	8,471	5,267			
8	0,477	9,110	4,975			
9	0,409	9,461	4,144			
10	0,390	9,457	3,961	-	-	+
11	0,437	10,027	4,176			
12	0,434	9,432	4,399			
13	0,491	9,453	4,938			
14	0,513	9,66	5,043			
15	0,614	9,279	6,206			
16	0,615	9,002	6,395			
17	0,527	9,579	5,215			
18	0,409	7,342	5,277			
19	0,428	9,658	4,244			
20	0,373	8,904	4,021			

X_{ср}=4,957V_с=14,3

Таблиця Д.3- Результати змішення компонентів в змішувачі СТ-24

n=100об/хв.; t= 600 с.

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

Xcp=4,853

Vc=5,2

Таблиця Д.4- Результати випробувань змішувачів стрічкових, плужних і горизонтальних з вертикальним шнеком.

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

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

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

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