КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИЗАЦІЇ І ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА МАШИН І ОБЛАДНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

ЛОГІСТИЧНА СИСТЕМА ЗМІШУВАННЯ СИПКИХ СУМІШЕЙ У СПІРАЛЬНО-ЛОПАТЕВОМУ ЗМІШУВАЧІ

Атестаційна випускова робота магістра
за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»

Виконав: студент групи ІЛС-2маг ***УРГАПОВ Едуард Миколайович***

Науковий керівник: к.т.н., доцент ***КЛИМЕНКО Микола Олександрович***

Київ – 2023 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет автоматизації і інформаційних технологій
(факультет)

Кафедра машин і обладнання технологічних процесів
(назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ д.т.н., проф. Назаренко І.І.
“_____” _____ 2023 року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ

НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

на тему:

"Логістична система змішування сипких сумішей у спірально-лопатевому змішувачі"
(назва)

Виконав: студент групи ІЛС-2маг
Спеціальності 131 «Прикладна механіка»
(спеціальність)
Ургапов Едуард Миколайович
(прізвище, ім’я та по батькові повністю)
Керівник: Клименко М. О.
(прізвище та ініціали)
к.т.н., доцент
(вчене звання, науковий ступінь)

Київ 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: автоматизації і інформаційних технологій
Кафедра: машин і обладнання технологічних процесів
Освітній рівень: «магістр»
Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Завідувач кафедрою МОТП

_____д.т.н., проф. І.І. Назаренко

"____" _____2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

Ургапов Едуард Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові магістранта)

1. Тема роботи: Логістична система змішування сипких сумішей у спірально-лопатевому змішувачі.
Затверджена наказом ректора КНУБА № 1519/2 від 07.07.2023 р.

2. Керівник роботи: Клименко Микола Олександрович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту: 15 грудня 2023р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:
Р.1. Огляд конструкцій шнекових робочих органів.
Р.2. Теоретичне дослідження роботи пневмошнекового робочого органу.
Р.3. Створення 3D моделі шнекового робочого органу та дослідження її взаємодії з оброблюваним середовищем.
Р.4. Визначення конструктивних параметрів шнекового робочого органу.
Р.5. Техногенна безпека.

5. Графічний матеріал за розділами:
Р.1. Огляд та аналіз конструкцій пневмошнекових робочих органів для транспортування шлаків.
Р.2. Результати теоретичних досліджень роботи пневмошнекових робочих органів
Р.3. Створення 3D моделі шнекового робочого органу та дослідження її взаємодії з оброблюваним середовищем.
Р.4. Рекомендації з вдосконалення конструкції і визначення робочих параметрів пневмошнекових робочих органів.

6. Календарний план виконання роботи:

№	Види робіт та їх зміст	Дата виконання
1	Розділ 1. Огляд конструкцій шнекових робочих органів	Вересень 2023 р.
2	Розділ 2. Теоретичне дослідження роботи пневмошнекового робочого органу.	Вересень 2023 р.
3	Розділ 3. Створення 3D моделі шнекового робочого органу та дослідження її взаємодії з оброблюваним середовищем.	Жовтень 2023 р.
4	Розділ 4. Визначення конструктивних параметрів шнекового робочого органу.	Листопад 2023 р.
5	Розділ 5. Техногенна безпека.	Листопад 2023 р.
6	Оформлення графічної частини.	Листопад 2023 р.
7	Остаточне оформлення магістерської роботи.	Листопад 2023 р.
8	Направлення роботи на рецензування, перевірка на плагіат.	Грудень 2023 р.
9	Попередній захист роботи на кафедрі.	Грудень 2023 р.

7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи:

№	Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
			Дата	Підпис
1	Розділ 1.	доц. Ручинський М.М.	18.09.2023	
2	Розділ 2.		9.10.2023	
3	Розділ 3.		6.11.2023	
4	Розділ 4.		27.11.2023	
5	Розділ 5.	доц. Клименко М.О.	11.12.2023	

8. Дата видачі завдання: 1.09.2023 р.

Керівник _____ доц. Клименко М.О.
(підпис)

Студент _____ Ургапов Е.М.
(підпис)

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ: спірально-лопатевий змішувач для перемішування сухих будівельних сумішей

ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕНЬ: конструктивні параметри спірально-лопатевого змішувача для сухих будівельних сумішей

ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ:

– здійснити огляд та аналіз конструкцій і методів розрахунку спірально-лопатевих змішувачів для сухих будівельних сумішей;

– оцінити ефективність спірально-лопатевих змішувачів;

– виконати теоретичні дослідження технологічних параметрів спірально-лопатевого змішувача та режимів його роботи;

– розробити конструкцію лабораторного стенда для виконання досліджень на спірально-лопатевому змішувачі для сухих будівельних сумішей

Призначення сухих будівельних сумішей

Сухі будівельні суміші - це група матеріалів із спеціалізованими властивостями, які використовуються при виконанні будівельних робіт для внутрішнього і зовнішнього оздоблення будівель.

Найбільш поширені приклади застосування сухих будівельних сумішей:

- Штукатурні розчини на основі цементу чи вапна
- Шпаклювальні суміші
- Клейові суміші для лицювальної плитки

Відомі виробники сухих будівельних сумішей

Найвідоміші виробники сухих будівельних сумішей:

- *Knauf*
- *Ceresit*
- *Siltek*

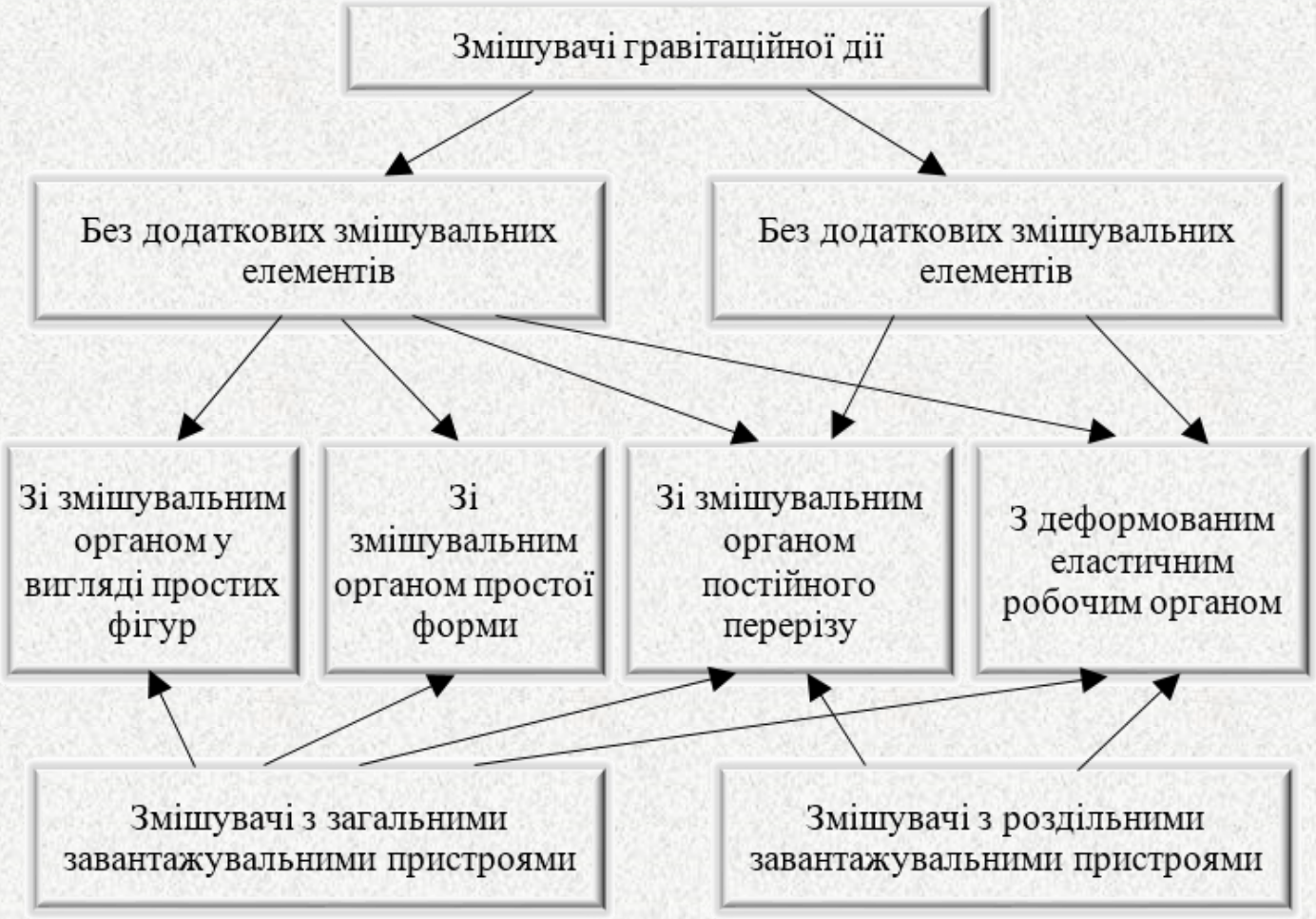
Особливості використання

Сухі будівельні суміші - порошкоподібні види будівельних сумішей, що складаються з мінерального або полімерного в'яжучого, різних наповнювачів, добавок, що перемішуються виключно у заводських умовах. Для застосування за призначенням до таких сумішей просто додається необхідна кількість води.

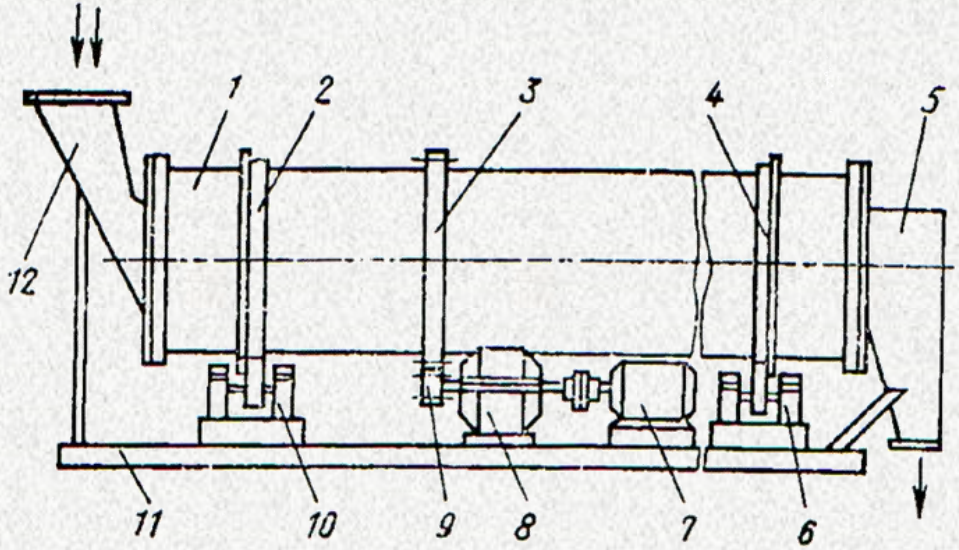
До складу сухих будівельних сумішей може входити від 7 до 10 різних компонентів. Витрати на приготування сухих сумішей за різними становлять до 40% від загальних витрат за виробництво одиниці виробленої продукції. Отже, зниження питомих витрат на процес змішування має велике значення.

Змішувачі примусової дії забезпечують, як правило, необхідну однорідність суміші, але мають підвищені питомі витрати енергії.

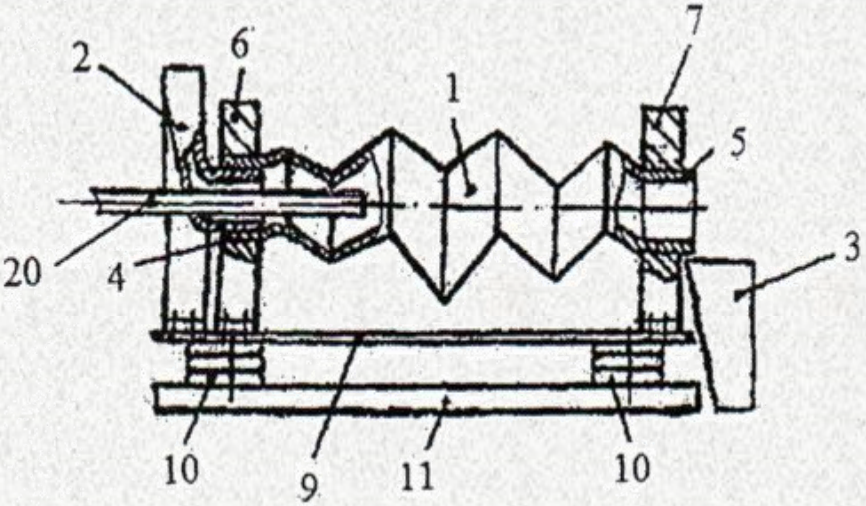
Класифікація змішувачів сухих будівельних сумішей



Змішувачі гравітаційної дії

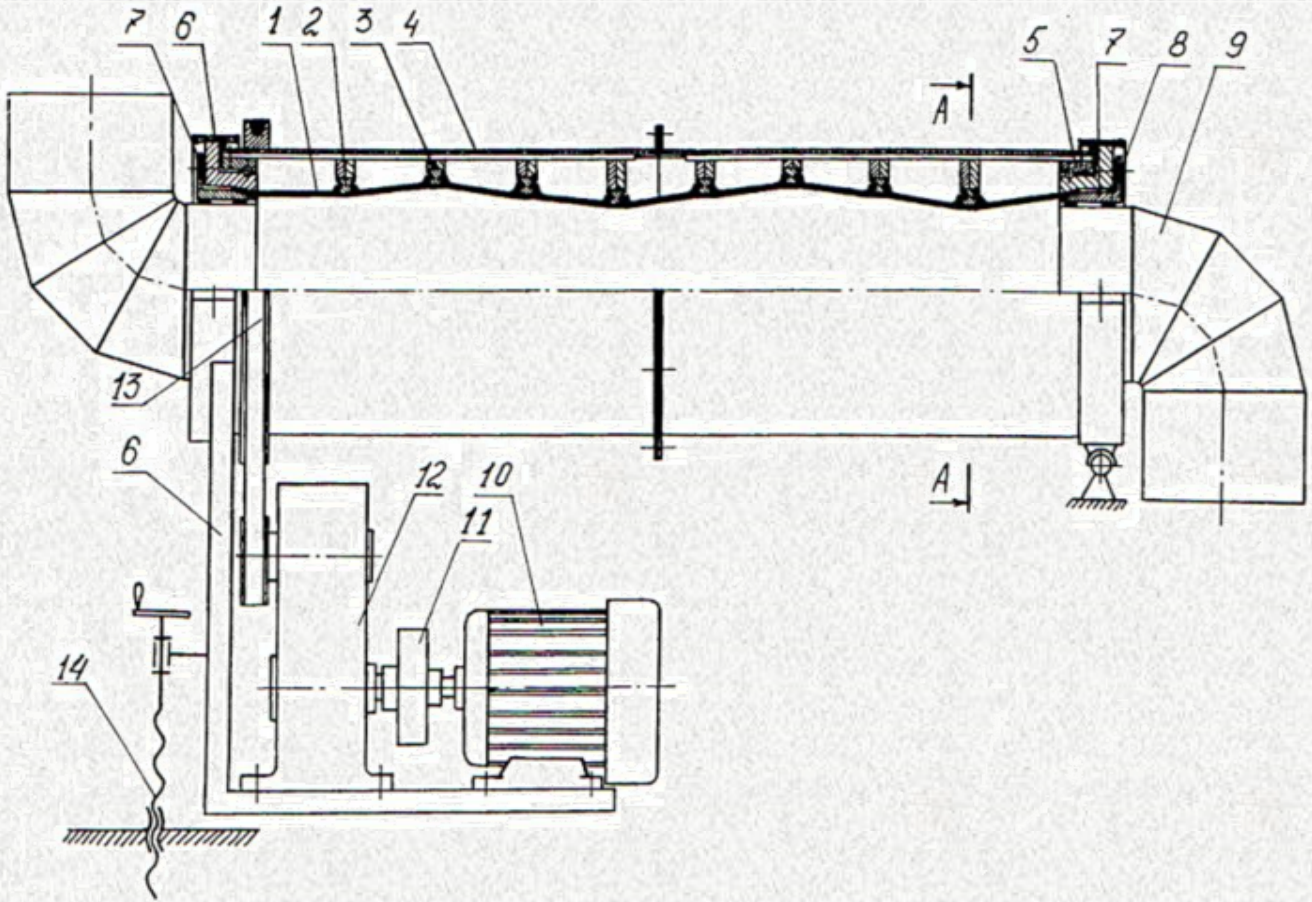


Змішувач із циліндричним корпусом



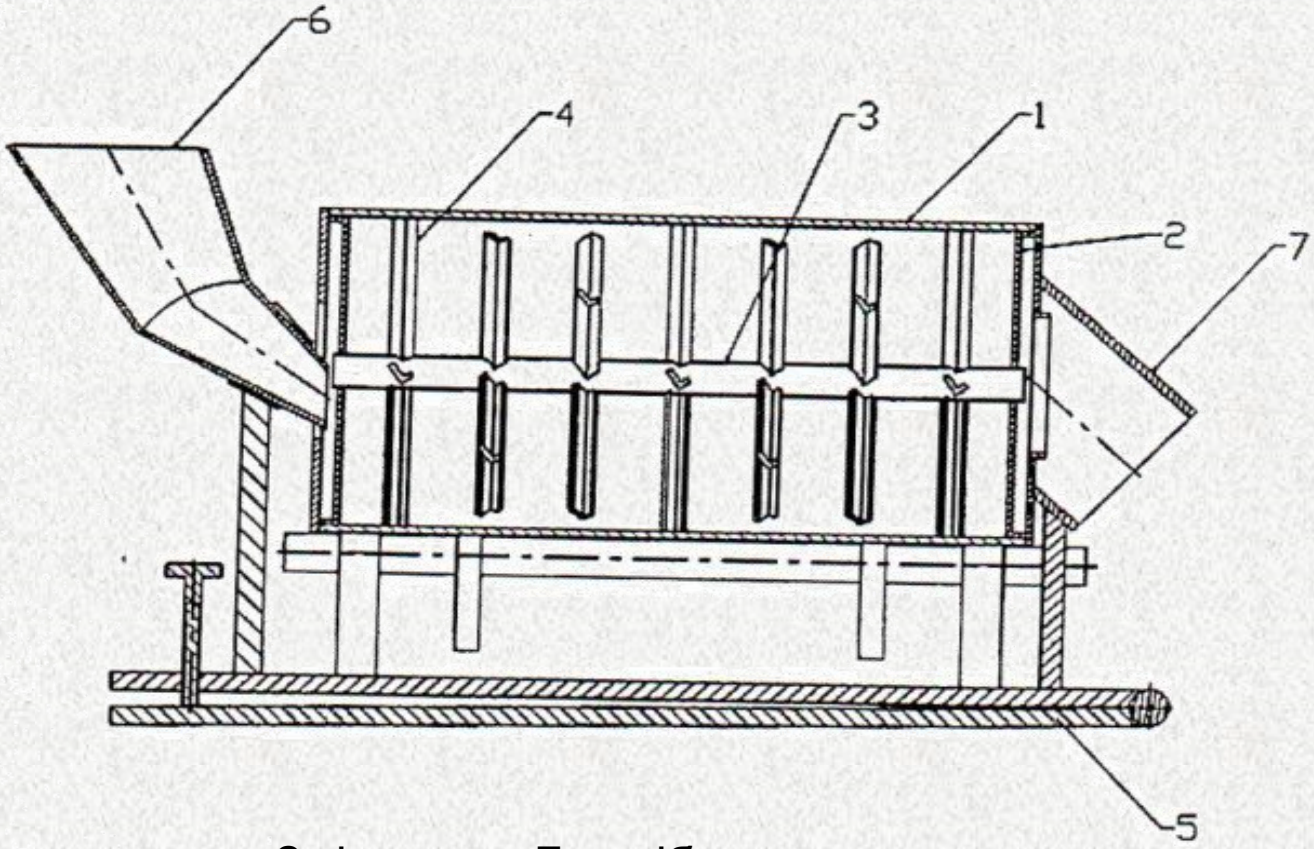
Змішувач зі складеним барабаном складної форми

Змішувачі гравітаційної дії



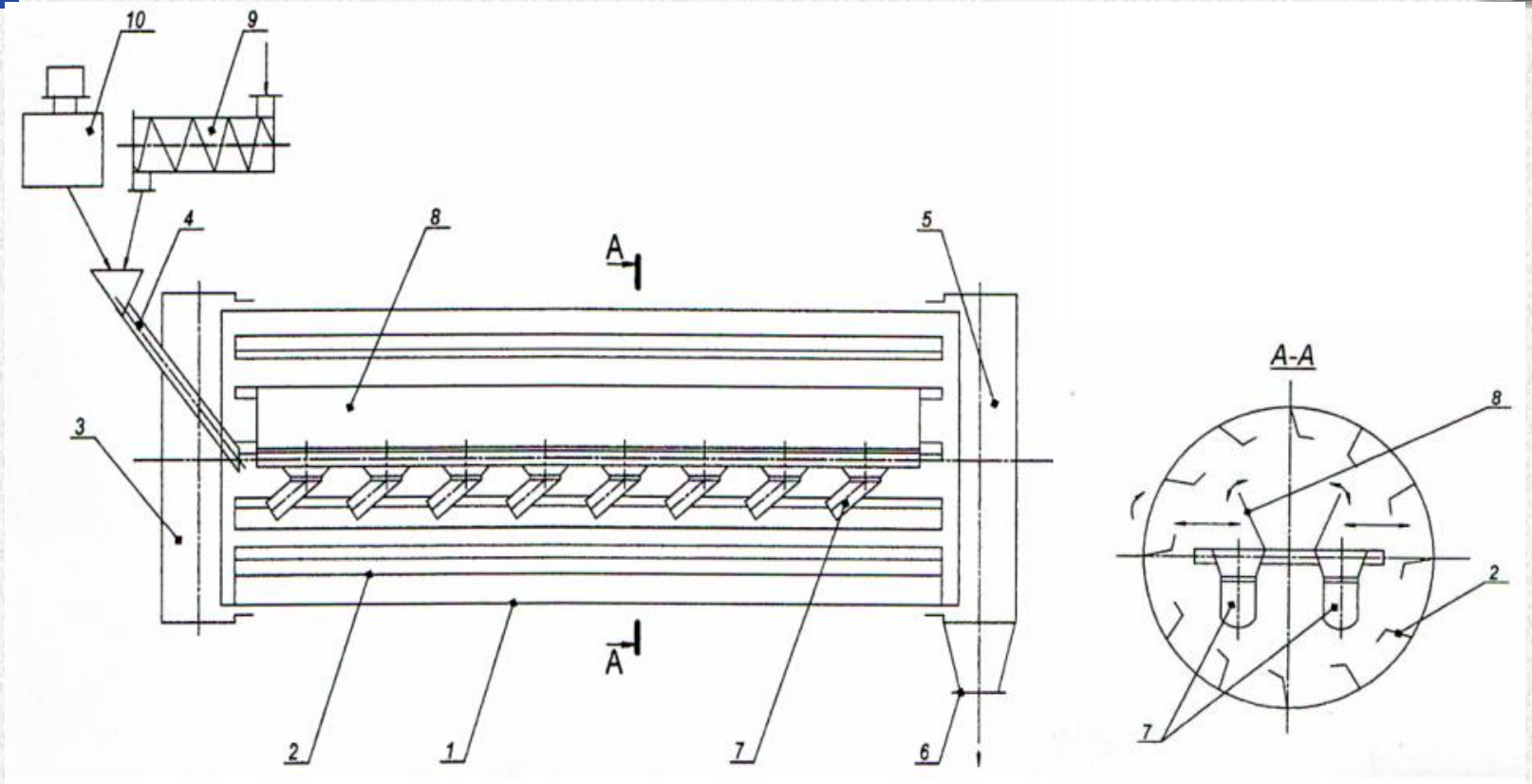
Змішувач із циліндричним корпусом

Змішувачі гравітаційно-примусової дії



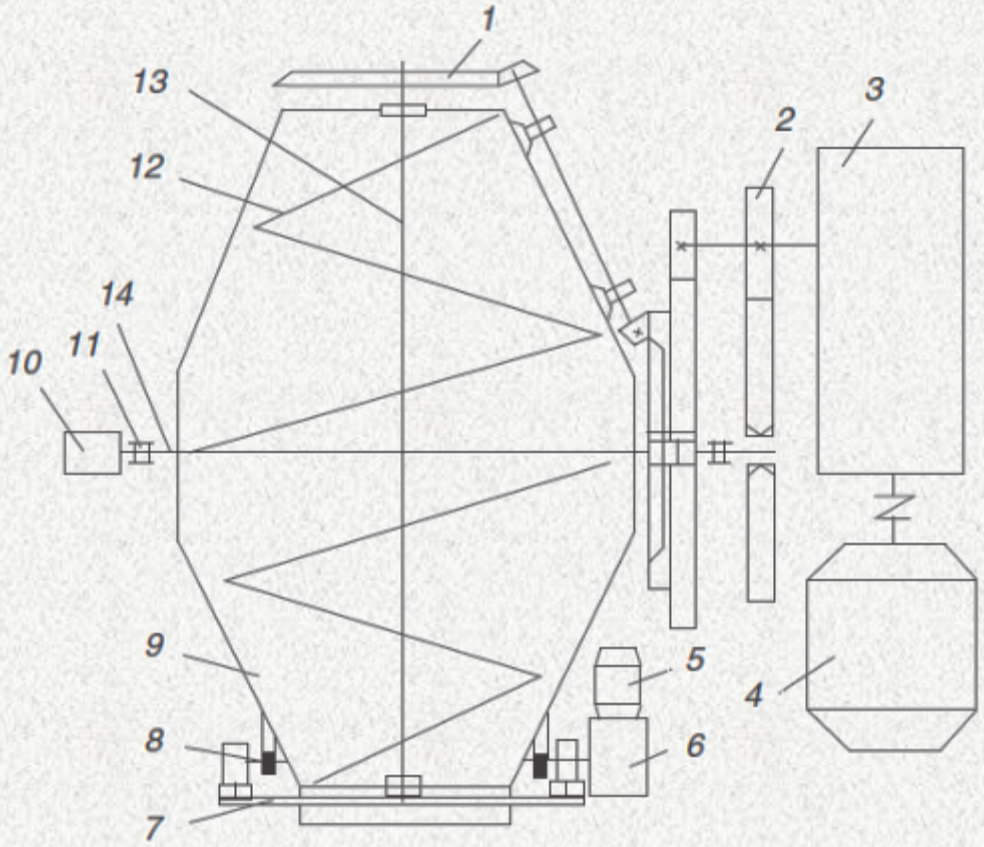
Змішувач з Г-подібними лопатями

Змішувачі гравітаційно-примусової дії



Змішувач з внутрішніми робочими органами та розподіленим завантаженням

Змішувачі гравітаційно-примусової дії



Конструктивна схема комбінованого змішувача конструкції КІБІ

Змішувачі гравітаційно-примусової дії

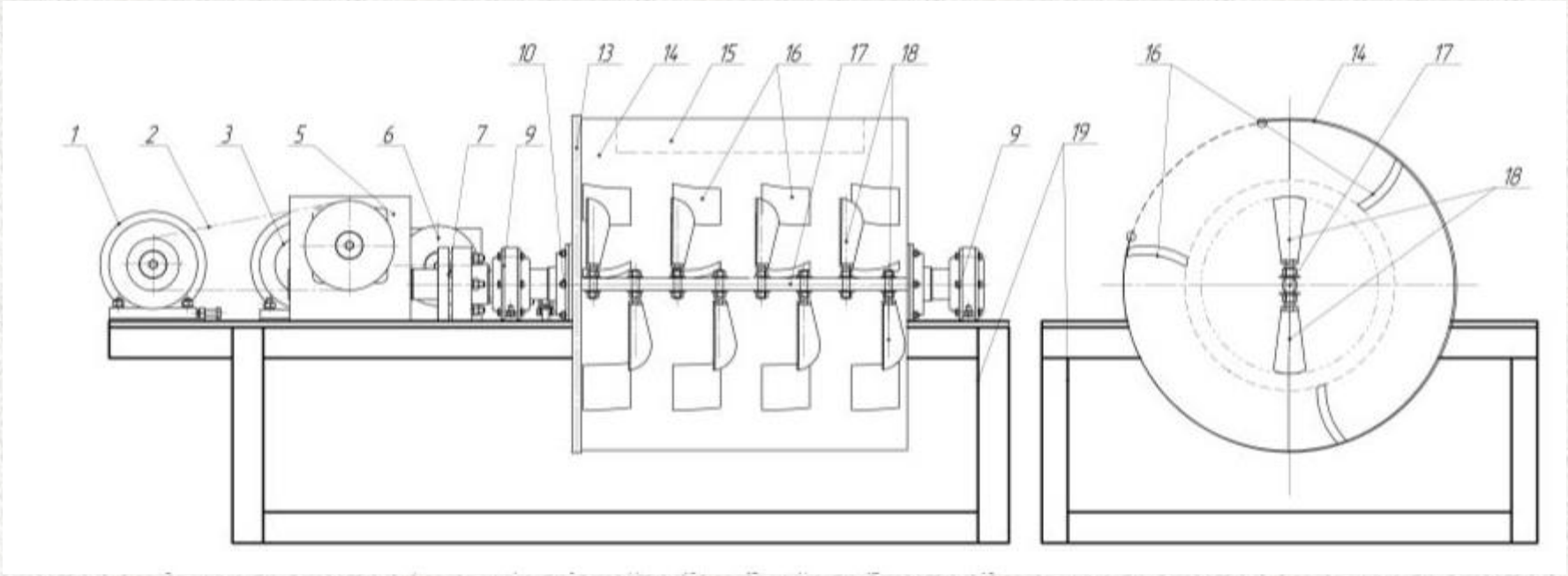


Схема змішувача гравітаційно-примусової дії конструкції ХНУБА

Переваги та недоліки змішувачів примусового змішування

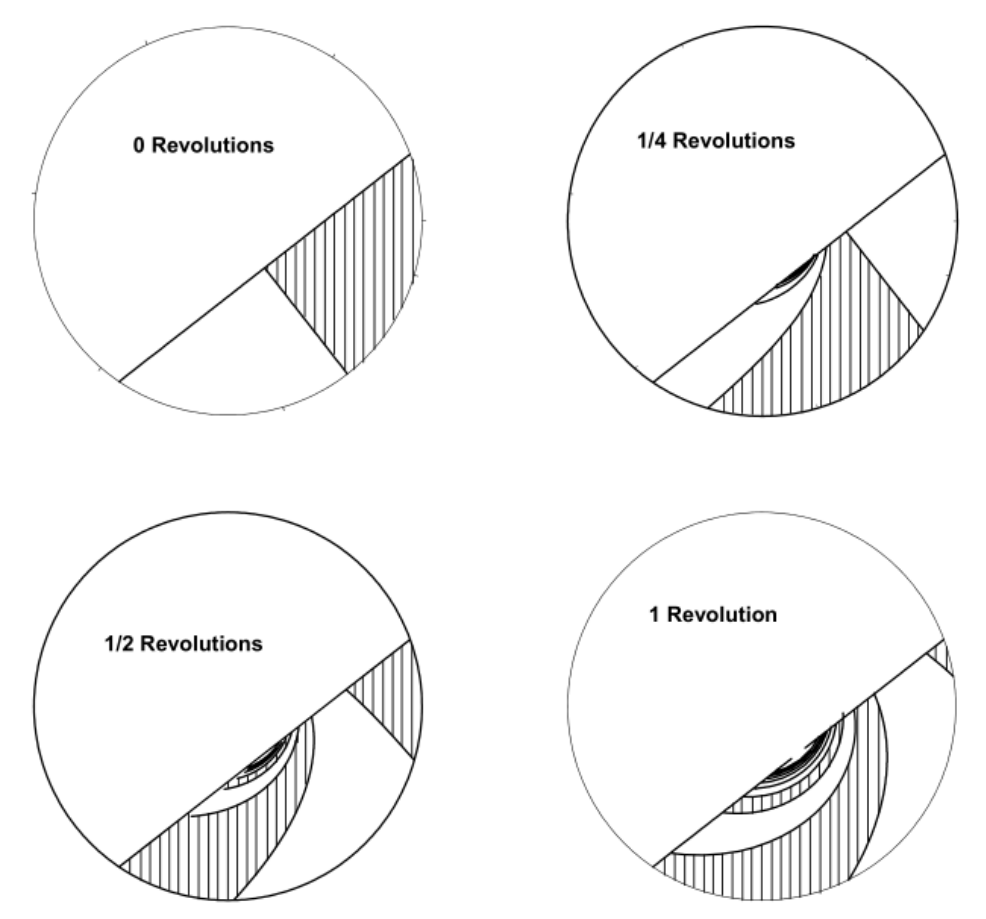
Переваги змішувачів примусової дії :

- висока якість перемішування

Недоліки змішувачів примусової дії :

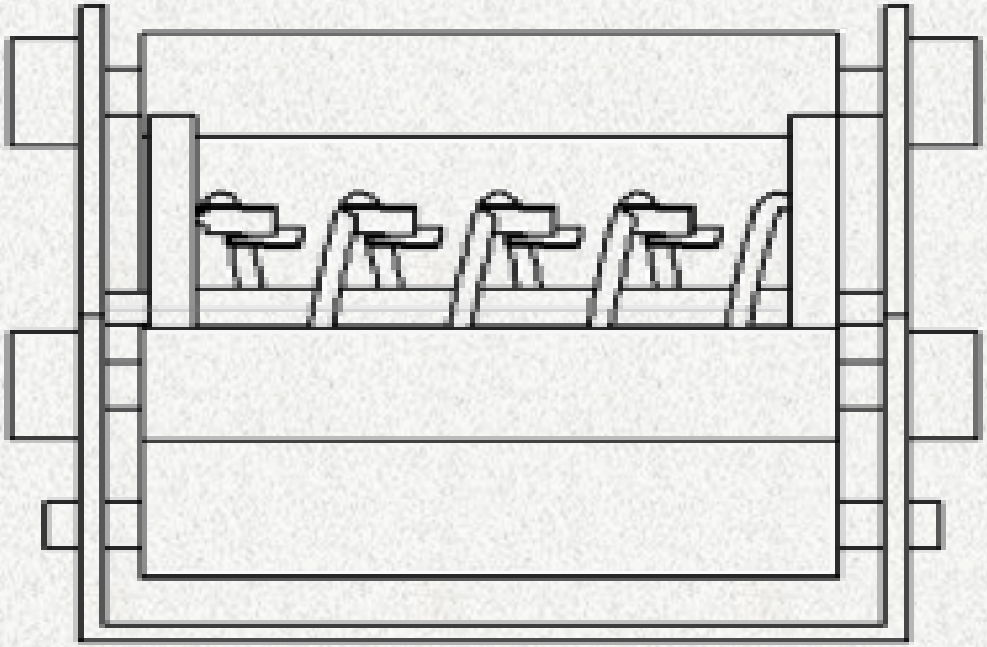
- не висока продуктивність
- високе енергоспоживання
- складність конструкції
- зношування робочих органів

Барабанні змішувачі

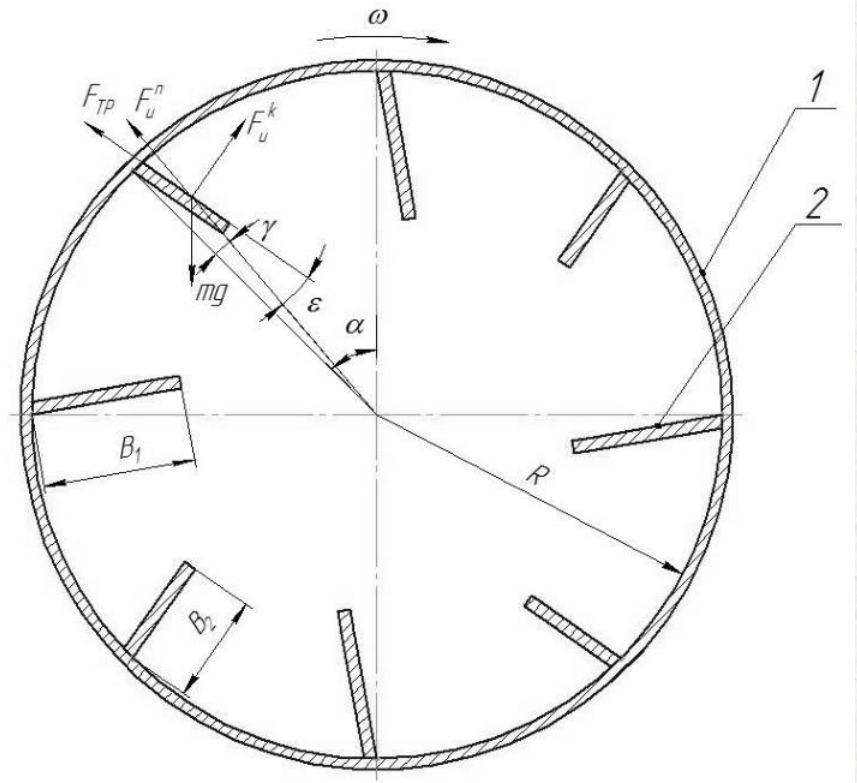


Схематичне зображення поперечного перемішування в горизонтальному обертовому барабаны при 30% заповненні

Схема спірально-лопатевого змішувача сухих сумішей



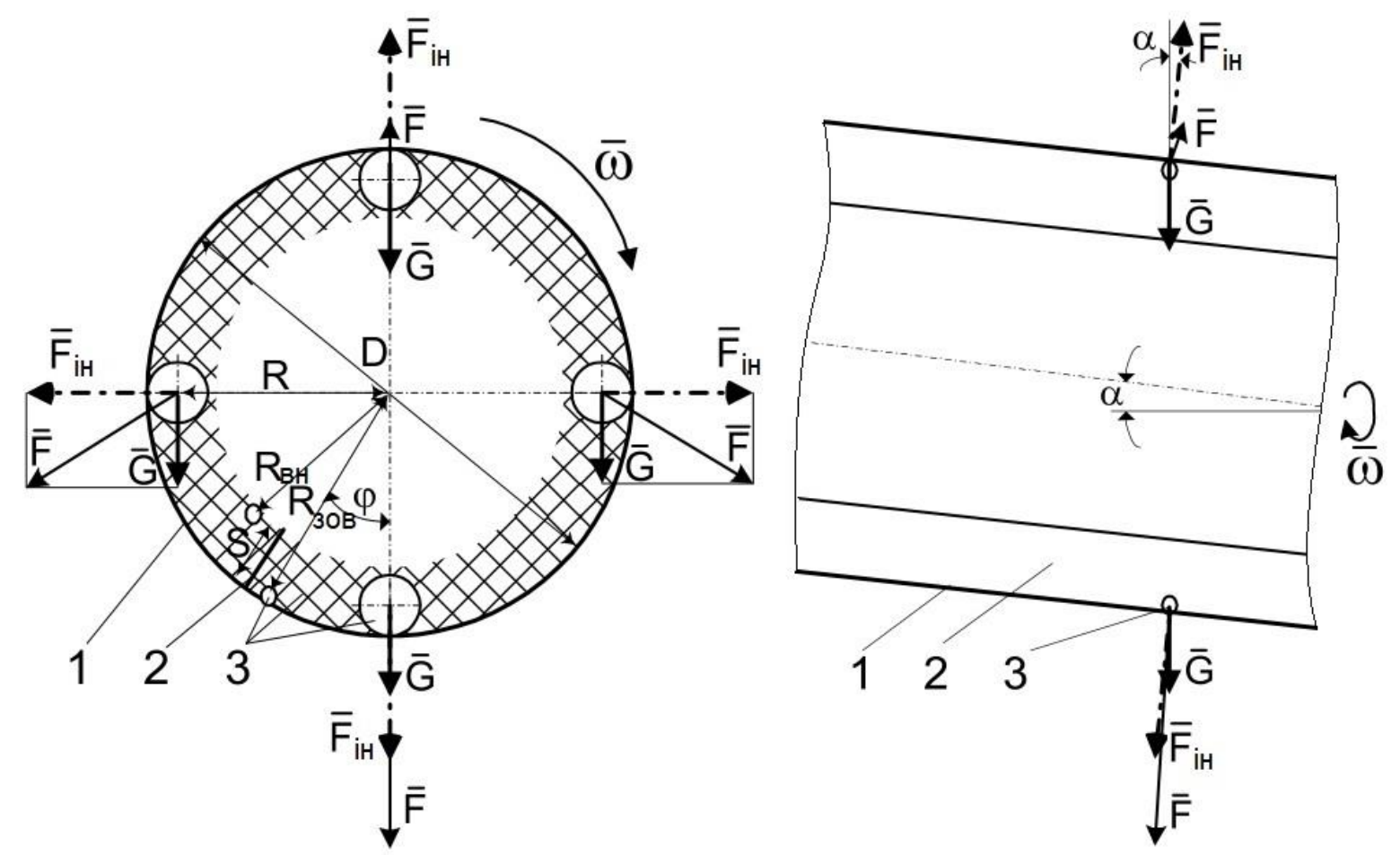
Дія сил у спірально-лопатевому змішувачі



Кут сходу частки зі змішувальної лопаті

$$\varepsilon = arctg \frac{g(\sin\alpha - f\cos\alpha) - f\omega^2 R}{\omega^2 R - g(\cos\alpha - f\sin\alpha)}$$

Схема сил, що діють на частинки кільця матеріалу



Частота обертання барабана

Критичний кут підйому частки

$$\varphi_{KP} = \arccos \frac{g}{R \cdot \omega \cdot \cos \alpha}$$

Критична частота обертання барабана

$$n_{KP} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{2g}{D \cdot \cos \varphi \cdot \cos \alpha}}$$

Схема сил, що діють на частинки, розташовані на лопаті барабана

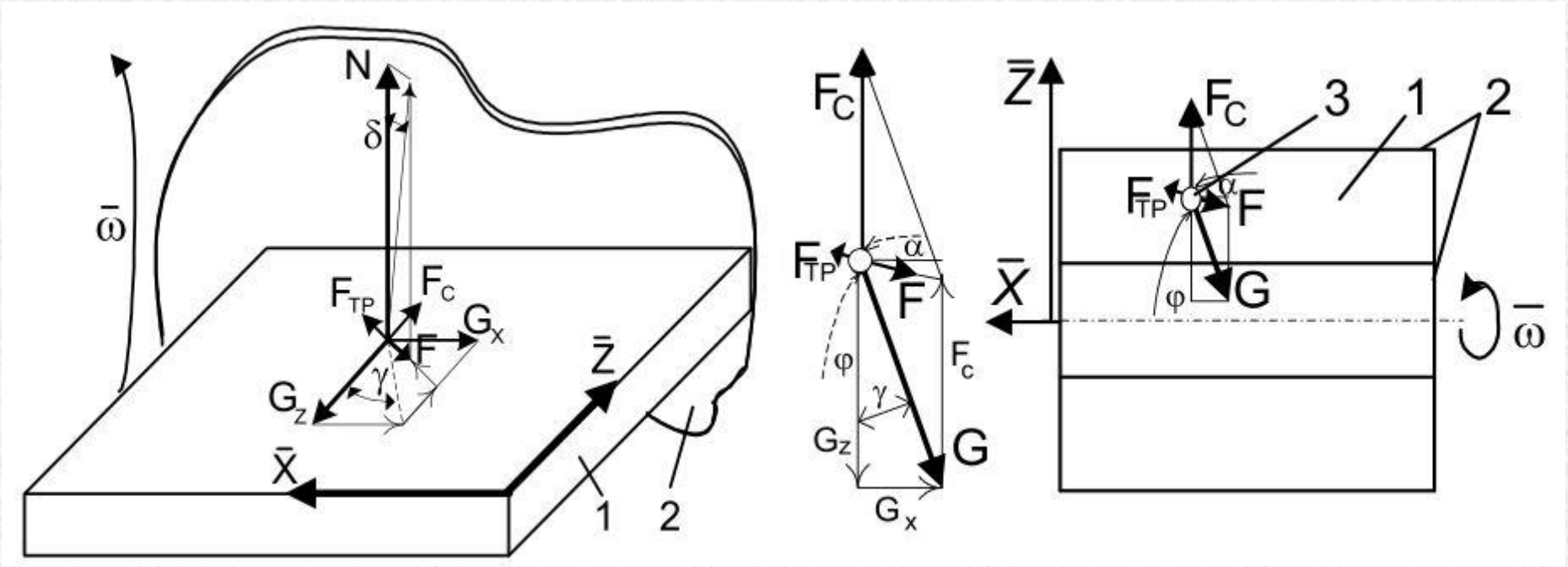


Схема сил, що діють на частинки, розташовані на лопаті барабана

Проекції сил на осі *X* і *Z*

$$Fx = mg\sin\alpha - mgf\sin\varphi\cos(\alpha+\beta)\sin\gamma$$

$$Fz = mR\omega^2 - mg\cos\varphi - mgf\sin\varphi\cos(\alpha+\beta)\cos\gamma$$

Проекції прискорень по осях

$$Wx = g\sin\alpha - gf\sin\varphi\cos(\alpha+\beta)\sin\gamma$$

$$Wz = R\omega^2 - g\cos\varphi - gf\sin\varphi\cos(\alpha+\beta)\cos\gamma =$$

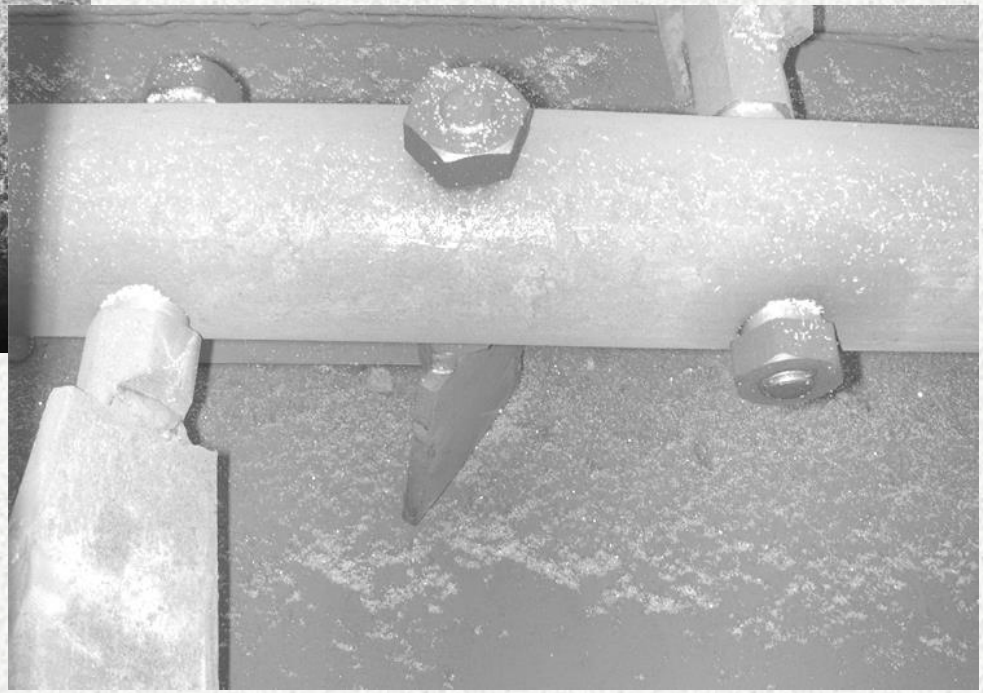
$$= R\omega^2 - g(\cos\varphi + f\sin\varphi\cos(\alpha+\beta)\cos\gamma)$$

Кут нахилу лопаті, при якому рухається частка вздовж осі барабана

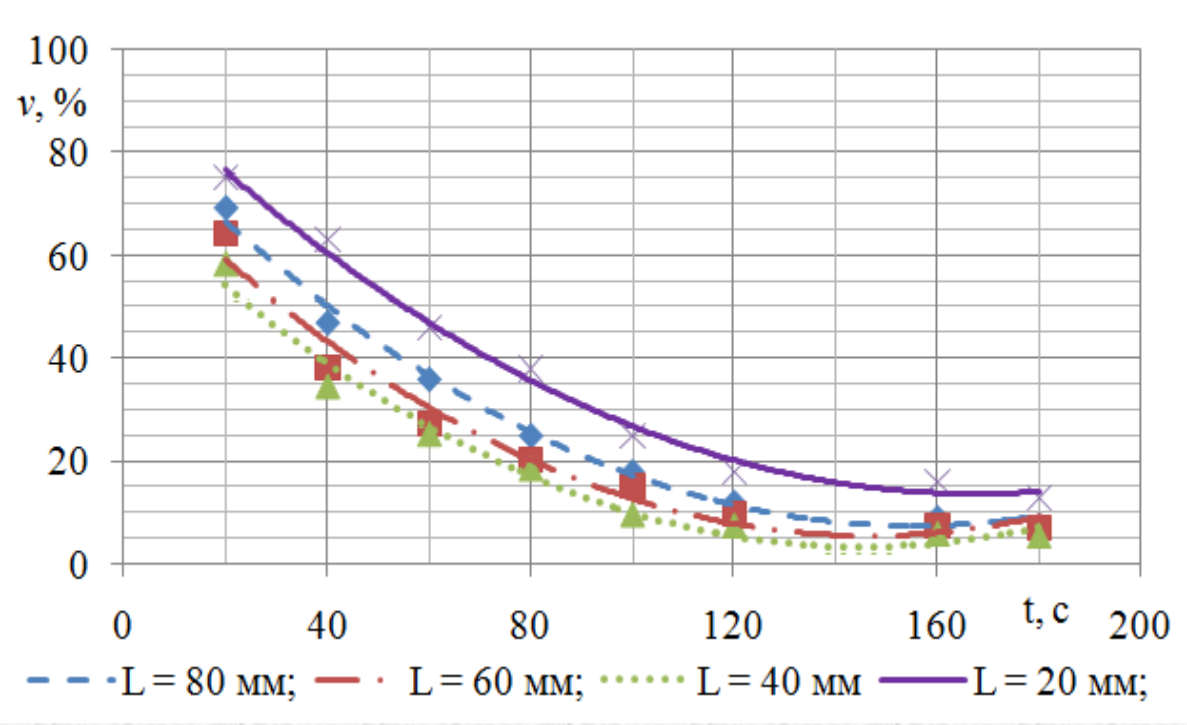
Кут нахилу лопаті, при якому відбувається рух матеріалу вздовж осі обертання барабана:

$$\beta \geq \arccos\left(\frac{g \sin \alpha}{gf \sin \varphi \sin \gamma}\right) - \alpha$$

Фотографія лабораторного спірально-лопатевого змішувача

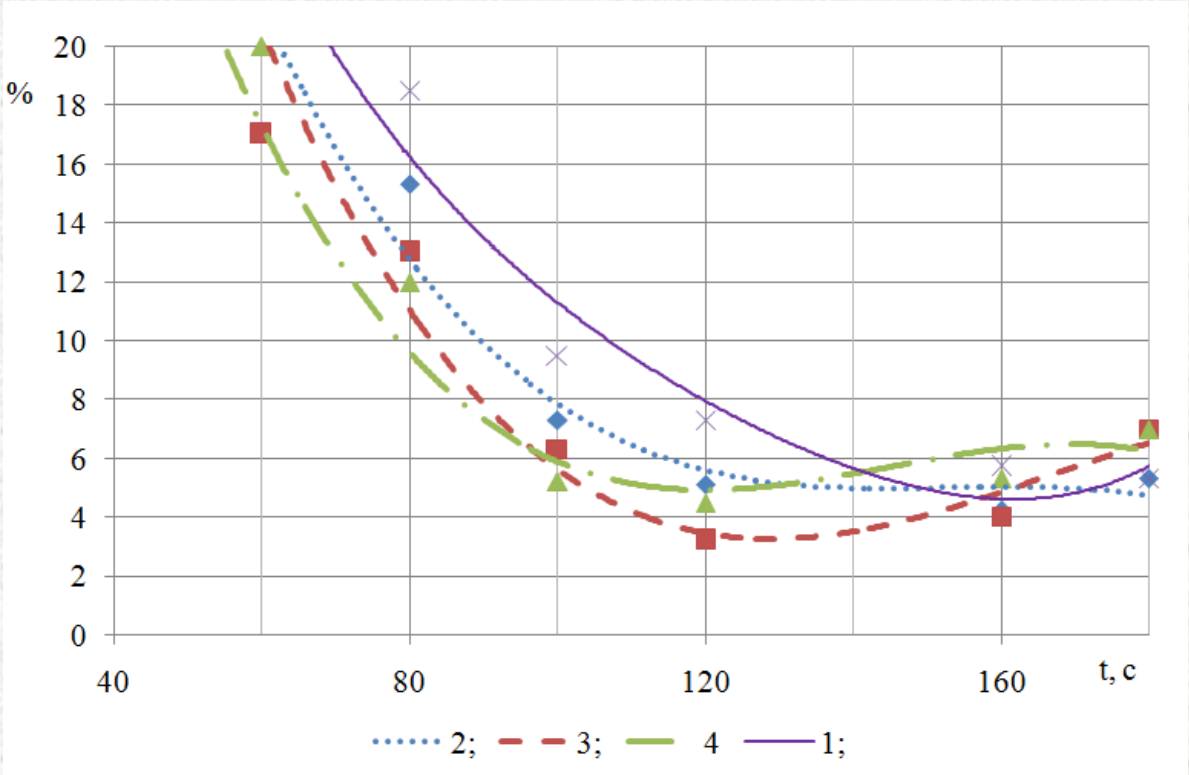


Результати експериментальних досліджень



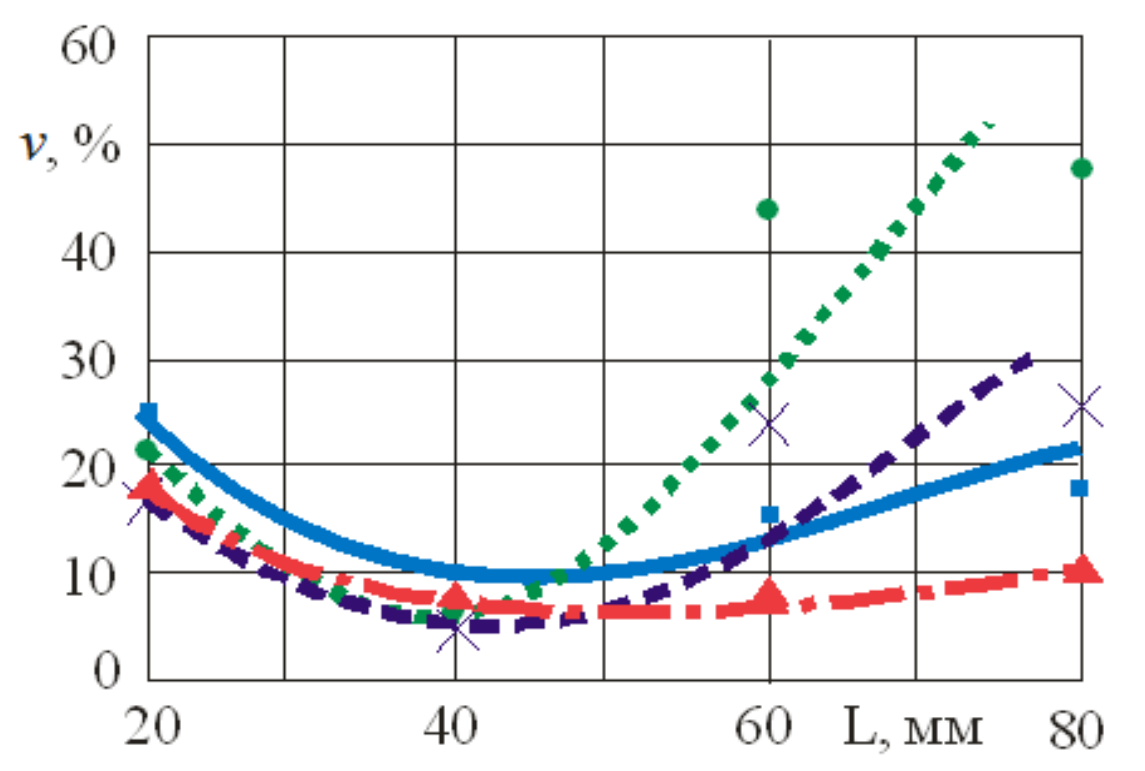
Вплив часу змішування та довжини лопатей на якість суміші при частоті обертання барабана n = 25 об/хв

Результати експериментальних досліджень



Вплив частоти обертання та часу змішування на якість суміші при довжині змішувальної лопаті L = 40 мм:
1 - n = 25 об/хв; 2 - n = 30 об/хв; 3 - n = 35 об/хв; 4 - n = 40 об/хв

Результати експериментальних досліджень



Вплив довжини лопатей та частоти обертання робочого органу на якість суміші:
1 - *n* = 25 об/хв; 2 - *n* = 30 об/хв; 3 - *n* = 35 об/хв; 4 - *n* = 40 об/хв

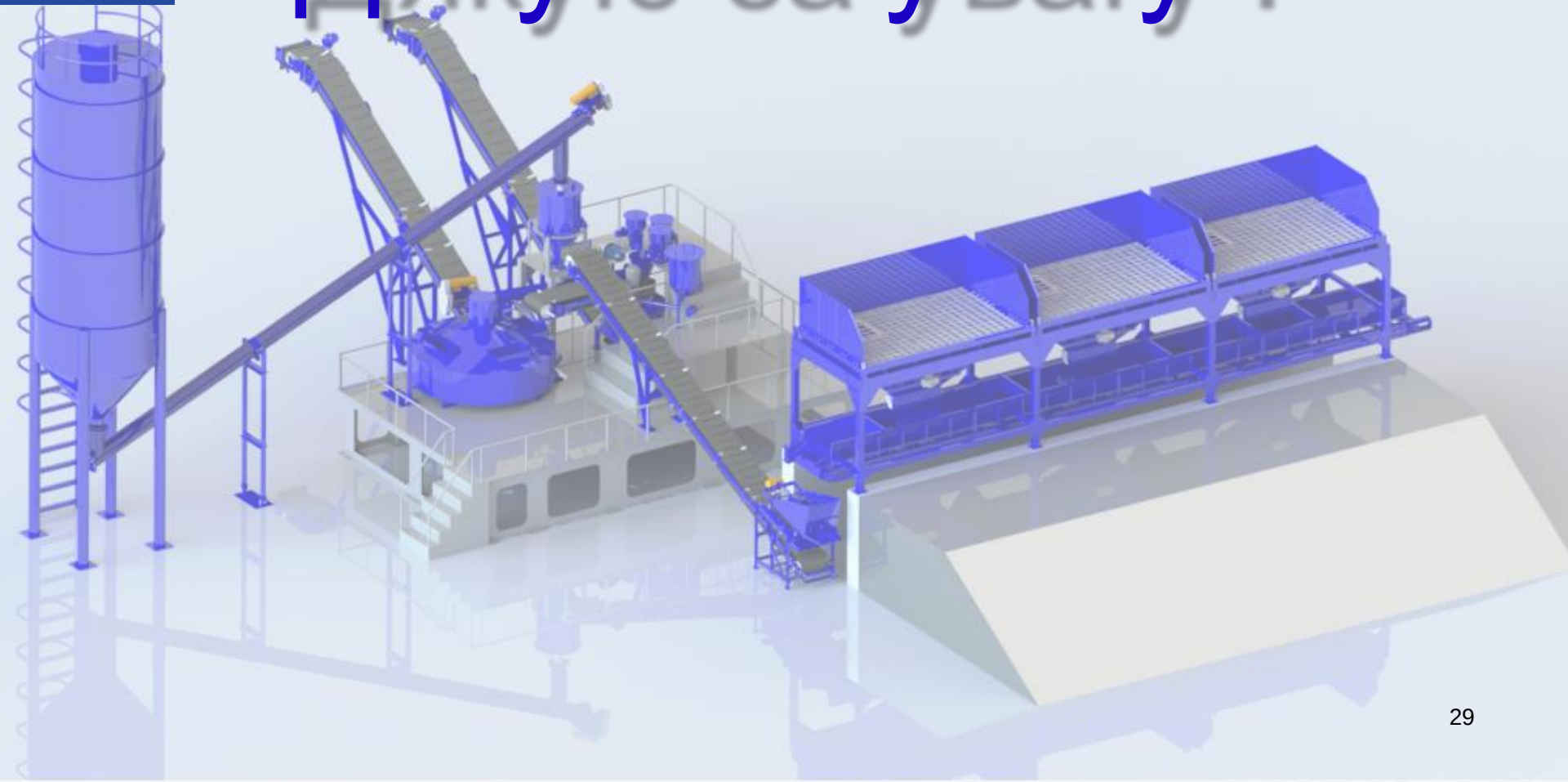
УЧАСТЬ У КОНФЕРЕНЦІЯХ

1. Ургапов Едуард. Особливості змішування сипких сумішей у спірально-лопатевому змішувачі // ВМС-2023 – International Scientific-Practical Conference of young scientists «BUILD-MASTER-CLASS-2023», Київ, КНУБА, 30.11-1.12.2023

15. Іван Сенченко *(КНУБА)* ID 210
Методи керування режимом руху установки для ущільнення будівельних сумішей

16. Едуард Ургапов *(КНУБА)* ID 240
Особливості змішування сипких сумішей у спірально-лопатевому змішувачі

17. Андрій Федишин *(КНУБА)* ID 242
Дослідження транспортування шлаків пневмошнековим робочим органом

18. Yuriy Zayets, Nataliya Zozulya, Volodymyr Rashkivskyi *(КНУБА)* ID 267
Parametric design of construction technological equipment for the arrangement of

Дякую за увагу !