

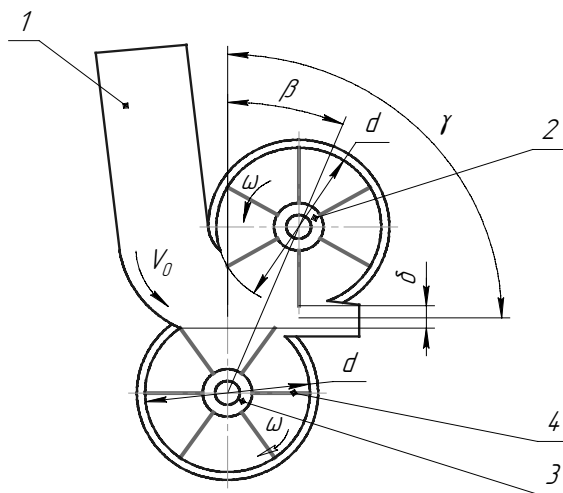
## Дослідження взаємного розміщення роторів в постачальному пристрої гравітаційно- роторного типу

У статті розглянуті питання побудови математичної моделі технологічного процесу завантаження дрібнозернистих сипких матеріалів у клапанні мішки постачальним пристроєм гравітаційно-роторного типу, наведено результати впливу основних параметрів постачального пристрою на величину кута взаємного розміщення роторів при виконанні технологічного процесу завантаження.

**технологічний процес, постачальний пристрій, гравітаційно-роторний, сипкий матеріал, клапанний мішок, кут взаємного розміщення роторів**

Роботи по завантаженню сипких матеріалів сільськогосподарського виробництва є трудомісткими і енергоємними. Завантаження сипких матеріалів у відкриті мішки потребує додаткових витрат по їх пакуванню. Використання закритих (клапанних) мішків дозволяє суттєво скоротити непродуктивні витрати на завантаження, проте стримується малою наявністю відповідного обладнання.

Постачальні пристрої гравітаційного типу надійно працюють тільки при завантаженні зернистих та гранульованих матеріалів, але при завантаженні дрібнозернистих виникають порушення технологічного процесу, що призводить до забивання шляхів їх переміщення. Особливість завантаження сипких матеріалів в клапанні мішки полягає в тому, що подача їх в клапанні мішки повинна бути практично майже горизонтальною. Для вирішення цієї проблеми запропонована конструкція двороторного постачального пристрою. Особливість конструкції такого постачального пристрою (рис.1) полягає в тому, що верхній ротор забезпечує необхідний напрямок руху потоку сипкого матеріалу при подачі в клапанний мішок.



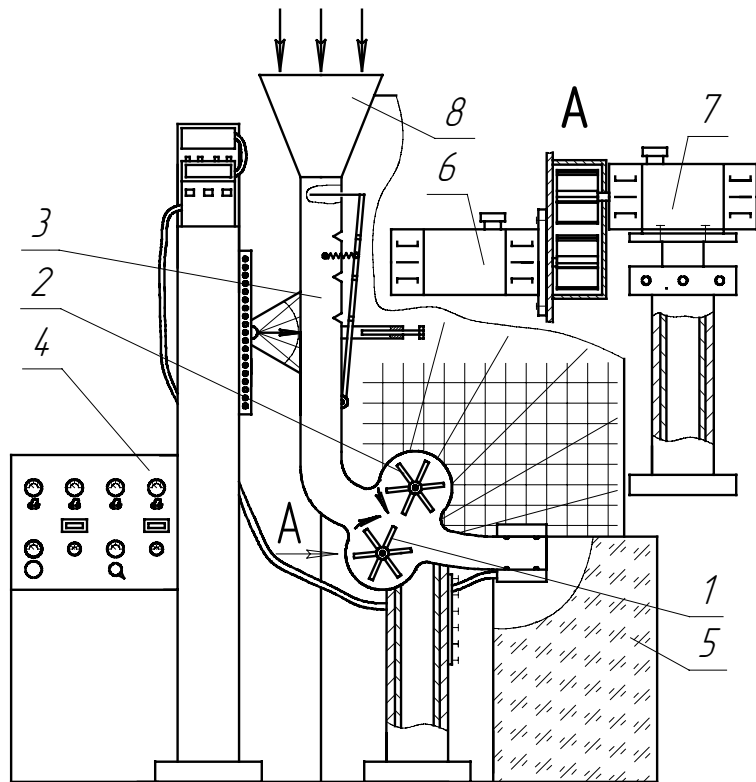
1 – матеріалопровід; 2 – верхній ротор; 3 – нижній ротор; 4 – лопаті роторів

Рисунок 1 – Схема гравітаційно-двороторного постачального пристрою

Мета дослідження полягає у побудові математичної моделі технологічного процесу постачального пристрою за результатами багатofакторного експерименту і аналізу впливу його основних параметрів на кут взаємного розміщення роторів.

Теоретичними дослідженнями встановлено геометричні та кінематичні чинники, які впливають на параметри оптимізації.

Для дослідження впливу окремих факторів на цільову функцію та знаходження раціональних значень факторів виготовлено експериментальну установку (рис. 2).



1 – блок нижнього ротора; 2 – блок верхнього ротора; 3 – блок матеріалопроводу; 4 – пульт керування; 5 – спеціальна ємність; 6, 7 – електродвигуни приводу роторів; 8 – бункер

Рисунок 2 – Схема експериментальної установки

Блок нижнього ротора включає в себе раму, панель, з нанесеною на ній вимірною сіткою, ротор, який змонтований на валу електродвигуна постійного струму 6.

Блок верхнього ротора складається з двох частин, які з'єднанні між собою телескопічно. Нижня частина блоку нерухома, а на площадці верхньої частини встановлено електродвигун постійного струму 7, на валу якого змонтовано верхній ротор. Для зміни положення ротора по вертикалі передбачена гвинтова передача, а зміна положення ротора по горизонталі здійснюється переміщенням всього блоку.

Зміною положення верхнього ротора відносно нижнього ротора по вертикалі регулюється зазор між роторами, а напрямок руху сипкого матеріалу регулюється переміщенням верхнього блоку по горизонталі.

Дослідження кута взаємного розміщення роторів в постачальному пристрої гравітаційно-двороторного типу проводиться з використанням математичного моделювання за розробленою методикою. На першому етапі проведення повного факторного експерименту кодуються всі фактори, що впливають на кут взаємного розміщення роторів в постачальному пристрої:

- діаметр роторів ( $X_1$ );
- кутова швидкість обертання роторів ( $X_2$ );
- зазор між роторами ( $X_3$ );
- кут напрямку руху потоку сипкого матеріалу при подачі в мішок ( $X_4$ ).

Кодування факторів, основні рівні та інтервали їх варіювання наведені в табл.1 ( матеріал – премікс, подача – 4 кг/с ).

Таблиця 1 – Рівні варіювання факторів експериментальних досліджень

Фактори	Натуральне значення	Кодоване значення	інтервал варіювання	рівні варіювання					
				натуральні			кодовані		
				верх.	нижн.	нуль-вий	верх.	нижн.	нуль-вий
Діаметр роторів, м.	D Diam*	$X_1$	0,030	0,220	0,160	0,190	+1	-1	0
Кутова швидкість обертання роторів, $c^{-1}$ .	$\omega$ W*	$X_2$	50	150	50	100	+1	-1	0
Зазор між роторами, мм.	$\delta$ Z*	$X_3$	10	40	20	30	+1	-1	0
Кут напрямку руху потоку сипкого матеріалу при подачі в мішок, град.	$\gamma$ Gamma	$X_4$	5	105	95	100	+1	-1	0

\* – позначення в автоматизованих програмних розрахунках.

Для визначення взаємозв'язку між конструктивними та геометричними параметрами пристрою проведено математичне планування експерименту.

Формування матриці та обробка результатів експерименту (його статистичний аналіз) здійснено з використанням обчислювальної техніки та відповідного програмного продукту STATGRAPHICS, STADIA.

Можливість відтворення даних експериментів визначали за допомогою критерію Кохрена (G ), а отриману модель перевіряли на адекватність за допомогою критерію Фішера.

Після статистичної обробки результатів активного експерименту одержана багатофакторна математична модель кута взаємного розміщення роторів Y:

$$Y = 94,5 + 6,625 X_1 + 3,91667 X_2 + 3,25 X_3 + 7,08333 X_4 + 0,5 X_1^2 + 2,25 X_1 X_2 + 1,875 X_1 X_3 - 1,25 X_1 X_4 + 0,666667 X_2 X_3 - 1,16667 X_2 X_4 - 1,0 X_3 X_4$$

(у кодованій системі факторів).

Вплив параметрів на цільову функцію відображено на діаграмі (рис. 3)

97,17% (модель відображає 94,57% мінливості змінної Y); статистика Дурбіна-Ватсона – 1,4764 (P = 0,04). Отже, не спостерігається серйозної автокореляції у залишках.

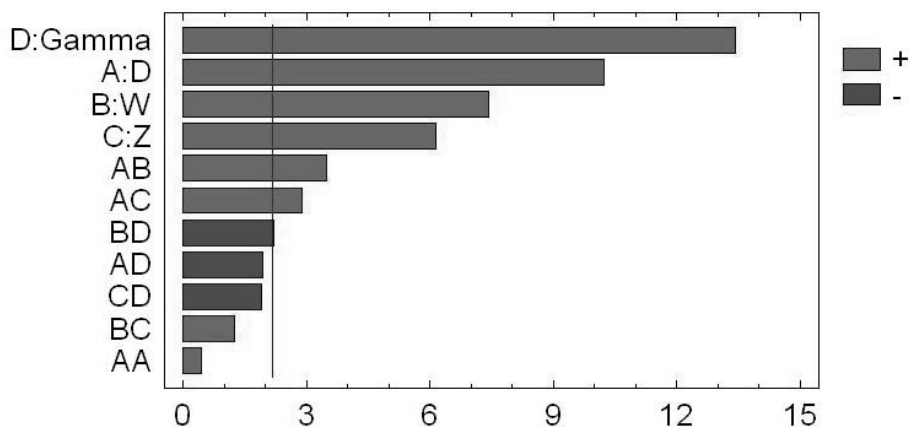


Рисунок 3 – Діаграма оцінки впливу параметрів постачального пристрою на кут взаємного розміщення роторів (Паретто-карта)

На діаграмі показано, що діаметр ротора (D), його кутова швидкість (W), кут напрямку руху сипкого матеріалу при подачі в мішок ( $\gamma$ ), а також зазор між роторами (Z) мають статистично вагомі ефекти. Вплив параметрів на кут взаємного розміщення роторів в постачальному пристрої відображено на рис. 4...6.

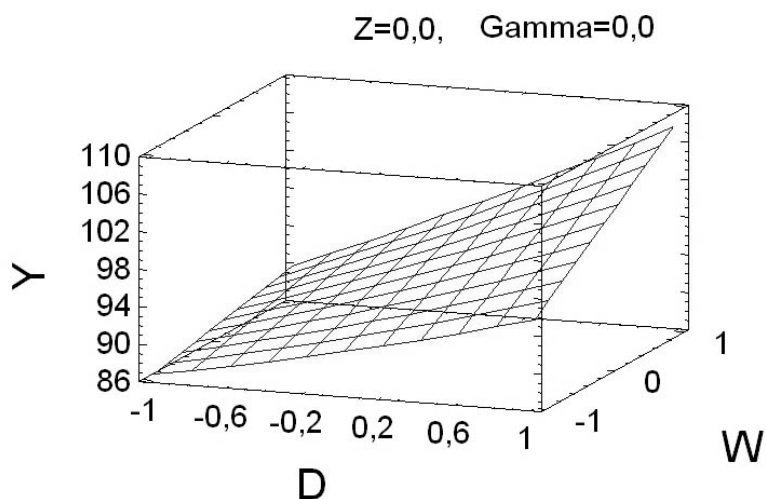


Рисунок 4 – Графік поверхні відгуку. Вплив найбільш вагомих параметрів: діаметру ротора (D) та частоти обертання ротора (W) у діапазоні вимірювання кута взаємного розміщення роторів (де Y – кут взаємного розміщення роторів в град.)

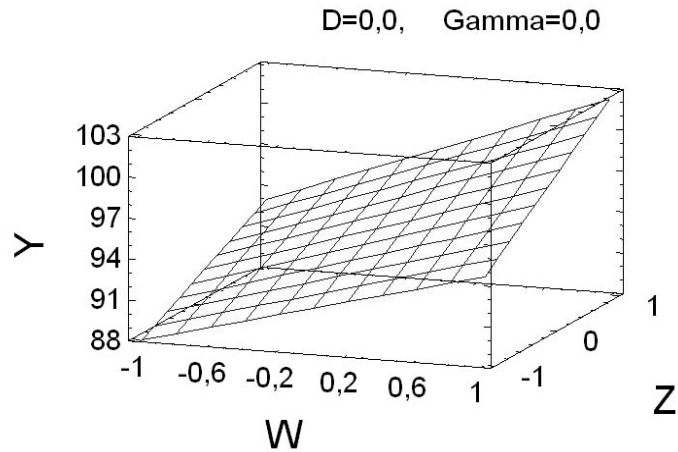


Рисунок 5 – Графік поверхні відгуку. Вплив найбільш вагомих параметрів: частоти обертання ротора (W) та зазору між роторами (Z) у діапазоні вимірювання кута взаємного розміщення роторів (де Y – кут взаємного розміщення роторів в град.)

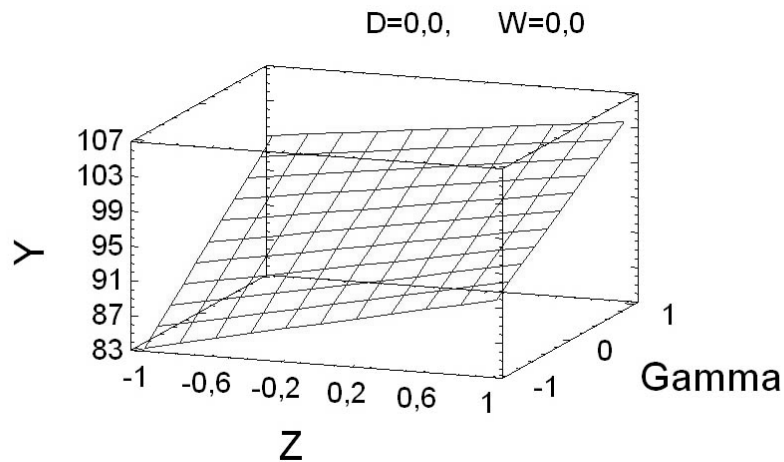


Рисунок 6 – Графік поверхні відгуку. Вплив найбільш вагомих параметрів: зазору між роторами (Z) та кута напрямку руху потоку сипкого матеріалу при подачі в мішок у діапазоні вимірювання кута взаємного розміщення роторів (де Y – кут взаємного розміщення роторів в град.)

Аналізуючи рівняння регресії та представлені графіки можна зробити висновок, що напрямок руху потоку сипкого матеріалу з постачального пристрою більшою мірою залежить від кута зміщення верхнього ротора, а також від діаметра роторів та кутових швидкостей їх обертання.

При оптимальних параметрах і режимі роботи постачального пристрою, що забезпечують його ефективну роботу [4] ( $D = 160\text{мм}$ ;  $\omega = 100\text{с}^{-1}$ ;  $\delta = 30\text{мм}$ .), експериментально встановлено величину раціонального значення кута взаємного розміщення роторів, яка знаходиться в межах  $\beta = 10^0 \dots 15^0$ .

Результати випробувань показали аналогічний вплив параметрів постачального пристрою на кут взаємного розташування в ньому роторів при завантаженні комбікормів, вітамінного борошна та інших дрібнозернистих сипких матеріалів сільськогосподарського призначення.

## Список літератури

1. Дюк В. Обработка данных на ПК в примерах. – СПб.: Питер, 1997. – 240 с.
2. Кулаичев А.П. Методы и средства анализа данных в среде Windows. STADIA. Изд. 3-е переработанное и дополненное. – М.: Информатика и компьютеры, 1999. – 341 с.
3. Артюхов А.М., Оришака О.В., Оришака В.О. Дослідження вихідної швидкості сипкого матеріалу з постачального пристрою гравітаційно-роторного типу // Конструювання, виробництво та експлуатація сільсько-господарських машин: Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб. – Випуск 38. – Кіровоград: КНТУ, 2008. – С.92–96.
4. Оришака О.В., Артюхов А.М. Дослідження енергетичних витрат технологічного процесу гравітаційно-двороторного постачального пристрою // Конструювання, виробництво та експлуатація сільсько-господарських машин : Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб. – Випуск 31. – Кіровоград: КДТУ, 2001. – С.22–27.
5. Оришака О.В., Артюхов А.М., Кравцова Г.В. Обґрунтування устаткування для дослідження постачальних пристроїв // Зб. наук. праць КДТУ (техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація). – Випуск 11. – Кіровоград: КДТУ, 2002. – С.172–175.

В статье рассмотрены вопросы построения математической модели технологического процесса загрузки мелкозернистых сыпучих материалов в клапанные мешки питателем гравитационно-роторного типа, представлены результаты влияния основных параметров на величину угла взаимного расположения роторов при выполнении технологического процесса загрузки.

The article studies the questions of building the mathematical model of technological process of fine granular materials loading into valve sacks by the of gravitational-rotary type, it gives the results of the effect of basic parameters on the angle value of positional relationship of rotors when doing technological process of loading.