

## ВПЛИВ ВІБРАЦІЙНОЇ ДІЇ НА ЯКІСТЬ КОРМОСУМІШІ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА-ЗМІШУВАЧА

Ловейкін В.С., д.т.н., проф., Гудова А.В. асп.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*У статті наведено результати експериментальних досліджень процесу змішування. З'ясовано вплив вібраційної дії на якість кормосуміші та продуктивність конвеєра-змішувача*

**Постановка проблеми.** Наукою і практикою доведено, що продуктивність тваринництва напряму пов'язана з раціоном харчування.

Так, при відгодівлі свиней кормосумішню, збагаченою вітамінами, біостимуляторами і іншими поживними речовинами, приріст живої маси досягається до 40%. Щоб тварина з'їдала всі корми повністю, необхідно досягти відповідної однорідності кормосуміші [1].

Згідно з вимогами до кормових сумішей неоднорідність повинна бути не більше 10% для кормів, які призначені для годівлі свиней, і не більше 20% для великої рогатої худоби та овець [2].

Однак, гвинтові конвеєри-змішувачі не забезпечують повною мірою необхідну якість суміші. Для покращення цього показника, пропонується перемішувачий ефект шнека доповнити впливом вібрації на матеріал [7].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналітичні дослідження, що наведені в працях Василенка П.М. [3], Кукти Г.М [4], Ревенка І.І. [5], Губко І.М [6] та інших, в основному, стосуються теоретичних основ процесу змішування кормів.

Закономірності вібраційного змішування сипких компонентів при приготуванні кормової суміші розглянуті у працях [7, 8]. Вплив вібрації на продуктивність і енергозатрати машини досліджено в роботі [9].

Однак, необхідність виявлення впливу вібраційної дії на однорідність суміші конвеєра-змішувача та необхідність розширення експериментальних досліджень, які спрямовані на обґрунтування параметрів вібрації, зумовило проведення даних досліджень.

**Метою статті** є встановлення впливу вібраційної дії на однорідність та продуктивність конвеєра-змішувача.

**Результати досліджень.** Для визначення впливу вібраційної дії на змішування кормів проведено експериментальні дослідження, для здійснення яких розроблено лабораторну установку.

Дослідна установка складається з гвинтового змішувача та приводного механізму. Останній складається з моторредуктора 1 та запобіжної муфти 3 (рис. 1). Привод моделі здійснюється від трифазного електродвигуна змінного струму, потужністю 2,2 кВт і частотою обертання ротора 1420 об/хв. через планетарний редуктор з передаточним відношенням 22,5.

Гвинтовий конвеєр-змішувач складається з завантажувального 7 і вивантажувального 6 пристроїв, жолоба 4 і гвинтового вала 2. Гвинтовий вал, в свою чергу, спирається на підшипники, які вмонтовано в жолобі на пружних гумових амортизаторах 5.

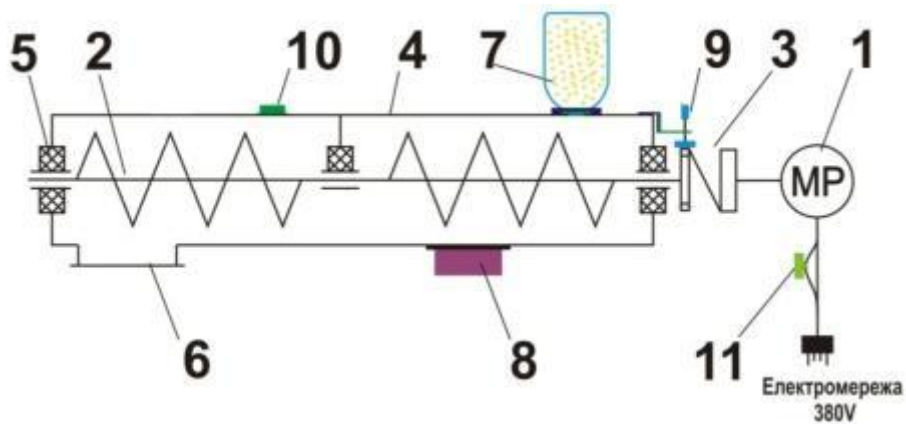


Рис. 1 – Схема дослідної установки

Для одночасної подачі матеріалу у зону змішування зверху на жолобі змонтовано систему подачі матеріалу (завантажувальний пристрій) (рис.2).



Рис. 2 – Система завантаження



Рис. 3 – Кріплення вібратора

Для проведення експериментальних досліджень використовувався вібратор ИВ-99Б 8 (рис. 3) із частотою коливань 50 Гц.

Згідно інструкції по експлуатації 2-1.003РЭ, вібраційний пристрій приєднано до металевій плити, яка за допомогою чотирьох шпильок кріпиться до кутиків (рис. 3). Останні змонтовані зверху на корпусі жолоба змішувача. Вібрація подається на жолоб, коливання направлені перпендикулярно до осі шнека, щоб виключити вплив вібрації на ККД транспортування і тим самим на продуктивність.

Для зниження відчутних низькочастотних коливань, які шкідливі як для людини, так і для обладнання здійснено віброізоляцію обладнання. Для нормалізації роботи установки використано віброопори, а саме пластину технічну пористу пресовану ТУ 38.105 867-90. Віброопори вибиралися з огляду на: 1) вагу об'єкта, який необхідно віброізулювати; 2) кількість віброопор; 3) частоту обертання вала двигуна в хвилину.

Вібратор являє собою електродвигун з установленими на кінцях вала ротора дебалансами. Дебаланси, обертаючись з валом ротора, створюють

відцентрову (змушуючу) силу. Регулювання величини змушуючої сили вібратора здійснюється шляхом зміни взаємного розміщення дебалансів на обох кінцях вала.



Рис. 4 – Схема встановлення дебалансів: а) позиція I; б) позиція II

Вихідні параметри вібратора в залежності від положення дебалансів наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Залежність статичного моменту дебалансів від їх положення

Положення	Статичний момент дебаланса, кг*см	Вимушуюча сила при синхронній частоті коливань, кН	Вимушуюча сила при частоті коливань холостого ходу, кН
I	2,55	2,5	1,9
II	3,45	3,4	2,6

Вимірювання вібрації здійснювалось акселерометром MMA7260QT10 (рис. 1), який прикріплювався до кутиків жолоба. Акселерометр – пристрій, здатний вимірювати прискорення предмета, при зсуві його відносно свого нульового положення. Цей пристрій виробляє вихідний електричний сигнал, рівень якого пропорційний прискоренню віброуючого механізму [0]. Для зчитування сигналів з цих датчиків застосовувався підсилювач-перетворювач та персональний комп'ютер.

Результати вимірювання вібрації, а саме подвійної амплітуди (розмаху) віброприскорення, наведено на рис. 5.

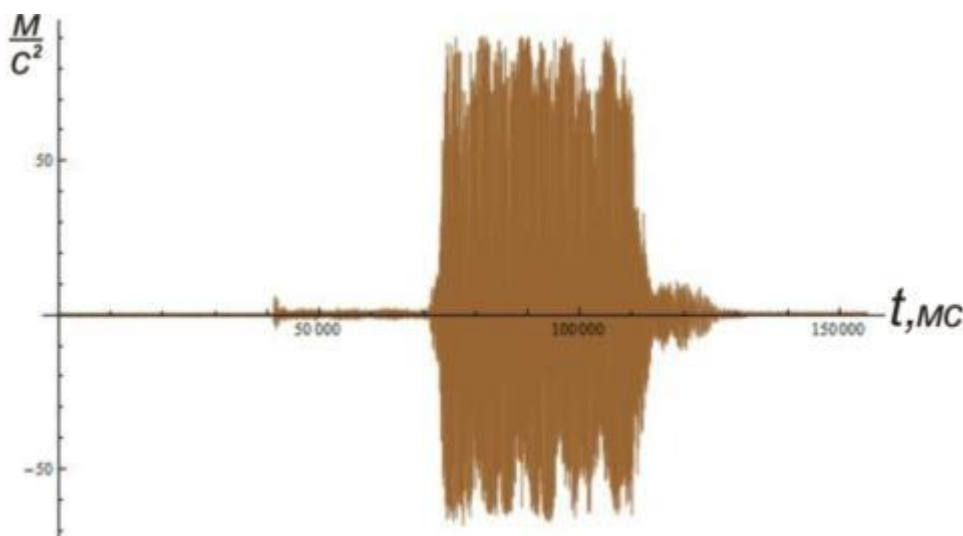


Рис. 5 – Експериментальні результати вимірювання вібрації

Щоб отримати значення вібропереміщення, необхідно зробити перерахунок отриманих даних, користуючись «калькулятором перерахунку вібрації» (рис. 6) [11].

Для цього необхідно ввести у відповідне поле частоту, при якій визначається параметри вібрації, та значення амплітуди віброприскорення. Інші значення, зокрема середньоквадратичне значення вібропереміщення, віброприскорення, віброшвидкості та амплітуду вібропереміщення програма розрахує сама.

Калькулятор для определения виброперемещения, виброскорости, виброускорения и взаимному пересчёту.		
1. Частота при которой определяются параметры вибраций	50	Очистить всё
	Гц	
2. СКЗ вибросмещения	645.5	Опред. другие
	мкм	
3. Амплитуда вибросмещения	912.8	Опред. другие
	мкм	
4. Виброперемещение (размах)	1826	Опред. другие
	мкм	
5. СКЗ виброскорости	202.7	Опред. другие
	мм/с	
6. СКЗ виброускорения	63.64	Опред. другие
	м/с <sup>2</sup>	
7. Амплитуда виброускорения	90	Опред. другие
	м/с <sup>2</sup>	

Рис. 6 – Зовнішній вигляд програми

Результати розрахунку: віброзміщення (розмах) 1,8 мм; середньоквадратичне значення віброшвидкості 0,2 м/с; середньоквадратичне значення віброприскорення 63,6 м/с<sup>2</sup>.

Кутова швидкість на ведучому валу вимірювалась за допомогою датчика кутової швидкості 9 (рис. 1). Потужність на приводному валу вимірювалась через значення струму і напруги, які ми отримали за допомогою датчика струму 11 (рис. 1) та мультиметра відповідно.

Принцип дії конвеєра-змішувача гвинтового типу такий: попередньо підготовлені (подрібнені) кормові компоненти безперервним потоком подаються через систему подачі матеріалу в жолоб. Потрапляючи на гвинт жолоба, матеріал під дією останнього поступально рухається по жолобу.

Вібратор вмикався через 5-10 секунд після подачі матеріалу. Внаслідок чого в граничному прошарку між матеріалом, що транспортується, і жолобом утворюється стан віброкипіння. Цей стан характеризується розпушенням сипучого тіла й посиленою циркуляцією його частинок, зменшенням тертя матеріалу о жолоб, що в свою чергу зменшує зношення поверхні жолоба [13].

Після припинення подачі матеріалу у завантажувальний пристрій для

повної очистки внутрішньої поверхні жолоба конвеєр деякий час працює вхолосту, після чого привод змішувача і вібратор виключають.

**Результати експериментальних досліджень.** Значення однорідності і продуктивності вимірювалось без вібрації та з вібрацією протягом усього часу змішування.

Вихідні данні експерименту: 1. Тривалість активації – 60 с.

2. Крок шнека – 275 мм.

3. Частота обертання вала змішувача – 6,6 рад/с<sup>2</sup>.

4. Зовнішній діаметр шнека – 250 мм.

5. Частота коливань вібратора – 50Гц.

6. Статичний момент маси дебалансів віброзбуджувача 2,55 кг\*см та 3,45 кг\*см. Отже, змушуюча сила при синхронній частоті коливань відповідно дорівнює  $F_{зм} = 2,5$  і  $F_{зм} = 3,4$  кН.

Отриману однорідність оцінювали за коефіцієнтом неоднорідності, який характеризує середньоквадратичне відхилення в пробах суміші концентрації компонента, за яким проводиться аналіз.

Для проведення експерименту обрано суміш, яка складалась з чотирьох компонентів (рис. 7), а саме: кукурудзи, жита, ячменю та компоненту, який використовувався у якості премікса, у співвідношенні 31:31:37:1 відповідно. Маса завантаження складала 52,4 кг.

Ключовим компонентом було обрано кукурудзу, яка додавалась безпосередньо в конвеєр перед кожним циклом змішування. Вибір кукурудзи ключовим компонентом зумовлений тим, що вона добре розпізнається на розбірній дошці.



Рис. 7 – Складові суміші:

а) кукурудза (насіпна маса  $\rho = 804$  кг/м<sup>3</sup>); б) ячмінь ( $\rho = 647$  кг/м<sup>3</sup>); в) жито ( $\rho = 747$  кг/м<sup>3</sup>); г) псевдопремікс

Використовуючи гравіметричний метод, вибірки суміші сипкого матеріалу відбирались по всій довжині жолоба, зокрема на початку, всередині і в кінці (точковий відбір). Проби були відібрані в трьох місцях конвеєру. Повторність дослідів трикратна.

Кожна відібрана вибірка засипалась в сито з прохідним перерізом 7 мм, після просіювання зерно кукурудзи залишалось на ситі, а насіння жита, ячменю і псевдопреміксу просипалось вниз (метод кількісного аналізу проб) і т.д. Використовувалась система сит з отворами 7 мм, 3 мм, 1,8 мм.

Після розділення на ситах визначали масу зерен ключового компоненту та його концентрацію в пробі. Проби зважували на електронних вагах Beurer KS22, точність вимірювання яких складає 1 г.

Отримавши ряд значень концентрації ключового компоненту в пробах, було знайдено коефіцієнт неоднорідності (варіації) суміші за формулою (1):

$$V_c = \frac{100}{X} \sqrt{\frac{\sum_1^n (X_i - m)^2}{n-1}}, \quad (1)$$

де  $X_i$  – значення вмісту ключового компонента у пробі, г;

$n$  – число проб;

$m$  – середньоарифметичне значення вмісту ключового компонента в суміші, г.

Однорідність визначалась за формулою (2):

$$\lambda = 100 - V_c, \quad (2)$$

де  $\lambda$  – однорідність [12].

За формулами (1) і (2) проведені розрахунки однорідності суміші за допомогою програми Excel.

Результати лабораторних досліджень та результати розрахунків коефіцієнту варіації приведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати досліджень однорідності

	при Fзм=0 кН			при Fзм=2,5кН			при Fзм=3,4кН		
<i>початок</i>	151	145	141	139	142	142	134	128	138
<i>середина</i>	113	110	117	140	146	138	127	131	120
<i>кінець</i>	125	128	111	145	154	147	148	145	124
<i>m</i>	129.7	127.7	123.0	141.3	147.3	142.3	136.3	134.7	127.3
<i>n</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3
$X_1 - m$	21.3	17.3	18.0	-2.3	-5.3	-0.3	-2.3	-6.7	10.7
$X_2 - m$	-16.7	-17.7	-6.0	-1.3	-1.3	-4.3	-9.3	-3.7	-7.3
$X_3 - m$	-4.7	0.3	-12.0	3.7	6.7	4.7	11.7	10.3	-3.3
$(X_1 - m)^2$	455.1	300.4	324.0	5.4	28.4	0.1	5.44	44.4	113.8
$(X_2 - m)^2$	277.7	312.1	36.00	1.78	1.78	18.8	87.11	13.4	53.78
$(X_3 - m)^2$	21.78	0.11	144.0	13.4	44.4	21.8	136.1	106.8	11.11
$\Sigma(X_i - m)^2$	754.7	612.7	504.0	20.7	74.7	40.7	228.7	164.7	178.7
$\delta$	19.43	17.50	15.87	3.21	6.11	4.51	10.69	9.07	9.45
$V_c$	14.98	13.71	12.91	2.27	4.15	3.17	7.84	6.74	7.42
$\lambda$	85.02	86.29	87.09	97.73	95.85	96.83	92.16	93.26	92.58
Якість	задов.	задов.	задов.	відм.	відм.	відм.	добре	добре	добре

де  $\delta$  – середньоквадратичне відхилення

За отриманими результатами побудовано графіки залежності якості суміші від змушуючої сили вібратора (величини амплітуди коливань змішувача) (рис. 8).

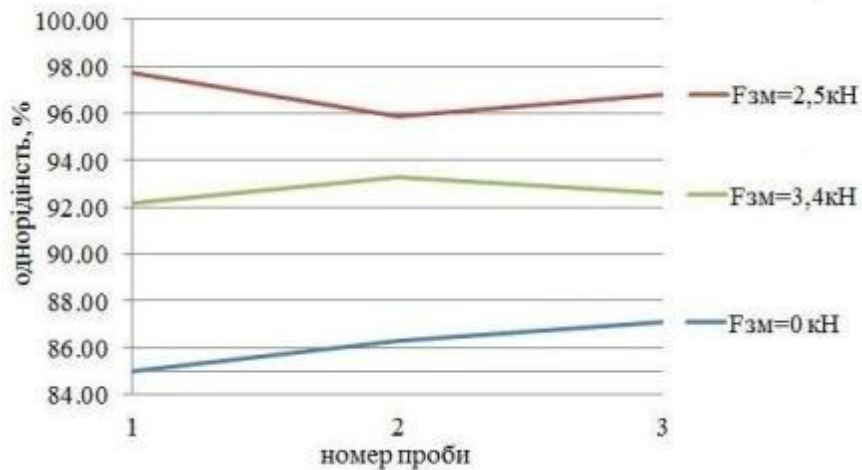


Рис. 8 – Залежність якості суміші від величини змушуючої сили вібратора

Результати експериментальних досліджень та графічні залежності свідчать, що необхідна рівномірність змішування компонентів забезпечується при  $F_{зм}=2,5$  кН і знаходиться на достатньо високому рівні:  $\gamma = 95-97\%$ . Цей рівень цілком задовольняє діючим зоотехнічним вимогам до кормових сумішей [2].

Збільшення значення змушуючої сили ( $F_{зм} = 3,4$  кН) приводить до зменшення якості суміші до показників  $\gamma = 92-93\%$ . І разом з тим, було відмічено негативне явище сегрегації.

Якість суміші в неперервному змішувачі без застосування вібрації не відповідала зоотехнічним вимогам, оскільки складала 85-87%.

В підсумку можна сказати, що при використанні не надто інтенсивної вібрації (щоб не переважала хаотична компонента процесу) відбувається змішування з достатньо високими показниками якості. Занадто активна вібрація, в свою чергу, призводить до розшарування суміші на компоненти.

**Результати досліджень по визначенню продуктивності конвеєра-змішувача.** Однією з основних характеристик, яка відіграє важливу роль при виборі конвеєра-змішувача безперервної дії, є його продуктивність.

Найбільший вплив на продуктивність шнекових змішувачів має коефіцієнт заповнення міжвиткового простору робочого органу. Адже при малих його значеннях утворюється пасивна область, яка не заповнена сипким матеріалом, при цьому шнек обертається в холосту. А при збільшенні коефіцієнту заповнення сипкий матеріал не змішується, бо змішувачі позбавлені можливості пересипання [8]. Зазначимо, що коефіцієнт заповнення міжвиткового простору складав  $\psi=0,3$ .

Результати дослідження впливу вібрації на величину продуктивності змішувача приведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Результати дослідження продуктивності в залежності від сили вібрації

	Без вібрації	Вібрація ( $F_{зм} = 2,5$ кН)	Вібрація ( $F_{зм} = 3,4$ кН)
Продуктивність Q, кг/год	2160 кг/год	2628 кг/год	3060 кг/год

Аналізуючи отримані дані, можна стверджувати, що чим інтенсивніше вібрація (частота коливання), тим більша продуктивність конвеєра-змішувача.

Але беручи до уваги дані результатів дослідження з однорідності суміші, необхідно вибирати оптимальні значення вібраційної дії з метою отримання достатньої однорідності і продуктивності. В нашому випадку, це відповідає значенню змушуючої сили 2,5 кН.

**Висновки.** Встановлено вплив вібраційної дії на процес руху кормосуміші. За результатами проведених випробувань виявлено, що завдяки вібрації зникає проблема утворення «мертвих зон», покращується однорідність суміші, збільшується продуктивність конвеєра-змішувача.

### Список використаних джерел

1. Как с наименьшими затратами откормить свинью [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL:<http://www.domovest.ru/jivnost/svinya2.html> - Назва з екрану.
2. Ведомственные нормы технологического проектирования кормоцехов для животноводческих предприятий [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL:<http://files.stroyinf.ru/Data1/9/9286/> - Назва з екрану.
3. Василенко П.М. К методика составления дифференциальных уравнений движения частицы материала по фрикционным рабочим поверхностям сельськохозяйственных машинах. / П.М.Василенко // Конструирование и технология производства с/х машин. – 1973. – №3. С. 3-18.
4. Кукта Г.М. Технология переработки и приготовления кормов / Г.М. Кукта. – М.: Колос, 1978. - 240 с.
5. Ревенко І.І. Машини та обладнання для тваринництва: Підручник. / Ревенко І.І., Брагінець М.В., Ребенко В.І – К.: Кондор, 2011. - 731с.
6. Губко І.М. Механізація приготування кормів на тваринницьких фермах / Губко І.М., Кукта Г.М., Воронянський М.П. – К.: Урожай, 1966. - 124 с.
7. Межуева Л.В. Обоснование влияния виброэффектов на однородность кормовой смеси: Дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Межуева Лариса Владимировна. – Оренбург, 2003. - 241 с.
8. Гурик О.Я. Обґрунтування параметрів транспортерів-змішувачів сипких матеріалів: Дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / Гурик Олег Ярославович. – Тернопіль, 2003. - 188 с.
9. Плачкова В.А. Совершенствование рабочего процесса винтового дозатора трудносыпучих кормов путем применения угловой вибрации: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Плачкова Валентина Алексеевна. – Челябинск, 1984. - 225 с.
10. Вимірювання вібрації [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL:<http://arhiv-staey.pp.ua/index.php?newsid=26354> - Назва з екрану.
11. Вибрация, начальные сведения [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL:<http://fluct.narod.ru/firstreduction.htm>- Назва з екрану.
12. Методы определения однородности кормовых смесей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kalhoz.ru/str/17smeh2.htm> Назва з екрану.



13. Русанов С. Математичне моделювання процесу віброкипіння сипких середовищ. / С. Русанов, К. Луняка, В. Карманов // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2006. – № 1 (17). – С. 32-40.

**Аннотация**

**ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИОННОГО ДЕЙСТВИЯ НА КАЧЕСТВО  
КОРМОСМЕСИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ВИНТОВЫМ  
КОНВЕЙЕРОМ-СМЕСИТЕЛЬ**

Ловейкин В.С., Гудова А.В.

*В статье приведены результаты экспериментальных исследований процесса смешивания. Определено влияние вибрационного воздействия на качество кормосмеси и производительность конвейера-смесителя*

**Abstract**

**EFFECT OF VIBRATION ON THE QUALITY AND PERFORMANCE  
FORAGE SCREW CONVEYOR MIXER**

V. Loveykin, A. Hudova

*In paper the results of experimental studies of the mixing process are presented. The influence of vibration affecting the quality of the mixes and productivity of conveyor-mixer is found out*