

**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ АЕРОДИНАМІЧНИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК І ЕНЕРГОВИТРАТ ДРОБАРКИ МОЛОТКОВОЇ  
ПНЕВМАТИЧНОЇ ДМП-22 ВИРОБНИЦТВА ПАТ «ХОРОЛЬСЬКИЙ  
МЕХАНІЧНИЙ ЗАВОД»**

**Г. Тетівник,  
С. Твердохліб,  
Ю. Козлов,**

*Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого*

*У статті наведена інформація про результати досліджень енергетичних і аеродинамічних характеристик дробарки молоткової пневматичної ДМП-22, проведених у Харківській філії УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. За результатами досліджень встановлено таке: дробарка якісно виконує процес подрібнення компонентів кормових сумішей, але енерговитрати на створення повітряного потоку для переміщення подрібненого продукту складають до 70 % потужності електродвигуна привода; на процес дроблення залишається до 30 % потужності електродвигуна, останній перевантажується, перегрівається і потребує частих зупинок для охолодження, технічна продуктивність знижується.*

**Ключові слова:** дробарка ДМП-22, ПАТ «Хорольський механічний завод», аеродинамічні характеристики, енерговитрати, результати досліджень.

**Вступ.** Харківською філією УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого проведені випробування дробарки молоткової пневматичної моделі ДМП-22 виробництва ПАТ «Хорольський механічний завод».

**Метою випробувань** було проаналізувати взаємозв'язок між енергетичними витратами та аеродинамічними характеристиками дробарки.

**Об'єкт дослідження.** Дробарки молоткові марок ДМП, ДМВ призначені для подрібнення зерна злакових, плівчастих, бобових культур, кукурудзи, зерноsumішей, макухи та інших видів сировини (крім мінеральної) на підприємствах комбікормової промисловості.

Випробування проводились у комбікормовому цеху ТОВ «Агро-Еліта», с. Придніпровське, Никопольський р-н, Дніпропетровська обл. і на випробувальному стенді ПАТ «ХМЗ» м. Хорол, Полтавська обл.

Дробарка (рис. 1, рис. 2) складається з корпусу, кришки з приймальними патрубками і каменевідбірником, магнітного захисту, ситового корпусу, молоткового ротора, викидальної крильчатки (вентилятора), привода, випускного патрубка, підшипникових вузлів і пасів.

Привод дробарки – серійний лаповий двигун,  $N = 22$  кВт,  $n = 3000$  хв<sup>-1</sup> з клинопасовою передачею. У дробарок ДМВ фланцевий електродвигун привода з'єднується з ротором безпосередньо.



Рисунок 1 – Загальний вигляд дробарки ДМП-22

Корпус ситовий являє собою зварну конструкцію, призначену для встановлення та закріплення сит і дек.

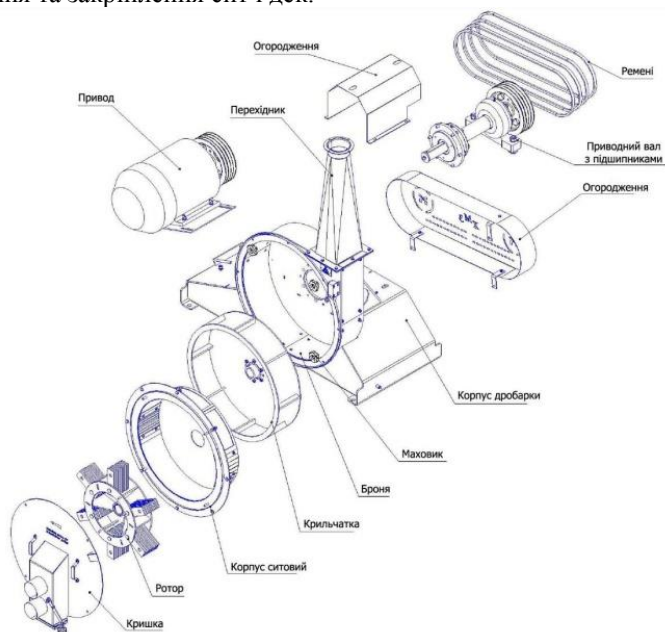


Рисунок 2 – Конструкційна схема дробарки ДМП-22

Молотковий ротор – основний робочий орган дробарки. Він виконаний

як крильчатка вентилятора, оснащений осями для молотків і насадженими на них молотками.

Подрібнюваний матеріал (сировина) подається через вирву або з пневмоприймача.

Вирва під'єднується до верхнього патрубку дробарки коротким рукавом. Подача з вирви передбачає подачу попередньо дозованої сировини або фасованої у м'якій тарі. Подача з пневмоприймача через довгий рукав забезпечує подачу зернових компонентів з місць напільного збереження.

Система пневмотранспорту для подавання зерна в дробарку виконана з поліуретанових гнучких трубопроводів.

Технологічний процес роботи дробарки такий: зерно з пневмоприймача, або з приймальної вирви під дією повітряного потоку, який створюється крильчаткою ротора, подається по всмоктувальному трубопроводу в камеру каменевідбірника, встановлену у кришці (дверцятах) дробарки. У камері важкі домішки під дією гравітації випадають, а магнітний пристрій відділяє феромагнітні домішки. Продукт усмоктується в дробарну камеру, змелюється молотками ротора, просіюється крізь кільцеве сито і викидається повітряним потоком по трубопроводу в циклон, де продукт охолоджується і виводиться через шлюзовий затвор на транспортувальний пристрій. Аспіраційні відходи з циклона за допомогою тканинних фільтрів, в яких вони накопичуються, видаляються через певний час, передбачений режимом технологічного процесу.

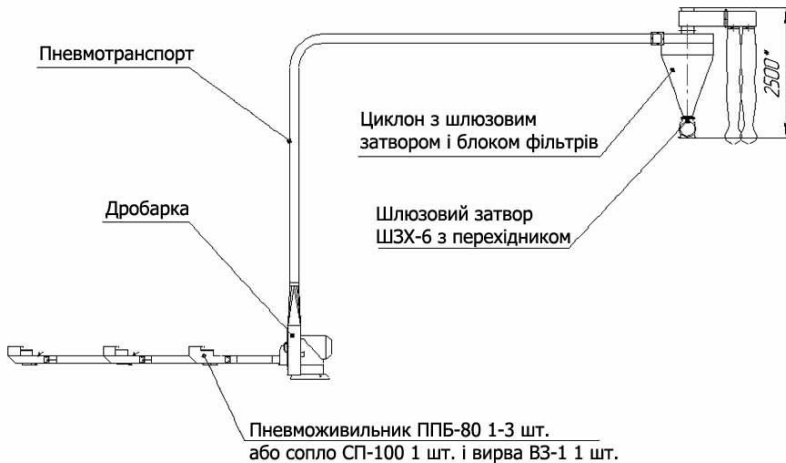


Рисунок 3 – Технологічна схема пневмотранспортної системи дробарок ДМП, ДМВ

**Основна частина.** Показники призначення дробарки наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Показники призначення дробарки ДМП-22

Показник	Значення показника за даними:	
	КД	випробувань
1	2	3
Продуктивність, т/год., технічна на подрібненні зернавологістю не більше 15,5 % з об'ємною масою не менше 0,68 т/м <sup>3</sup> , на решетах з діаметром отворів, мм:		пшениця
4	1,6	2,25, пшениця;
3	1,0	1,85, суміші
		1,10, суміші
Встановлена потужність, кВт	22,0	22,0
Частота обертів ротора, хв <sup>-1</sup>	3000	2946
Максимальна споживана потужність, кВт	немає даних	34,5
Максимальна довжина транспортування продукту в циклон, м	8	8
Максимальна довжина всмоктування продукту, м	6	6

Опосередковані дані культур, які перероблялись, наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Характеристики культур, які перероблялись

№ п/п	Назва культури	Об'ємна маса, кг/м <sup>3</sup>	Вологість, %	Смітєві домішки, %
1	Пшениця	763	13,0	1,00
2	Ячмінь	725	12,5	1,05
3	Кукурудза	750	13,8	1,01
4	Макуха соєва (екструдована)	540	9,4	0,02

Показники якості виконання технологічного процесу наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Показники якості виконання технологічного процесу

№ п/п	Розмір отворів встановленого сита, мм	Культура, для подрібнення	Продуктивність дробарки, т/год. за даними:		Група крупності
			КД	випробувань	
1	Ø 3	суміш	1,0	1,1	3
2	Ø 4	пшениця	1,6	2,25	3
		суміш	1,6	1,85	3

Дробарка випробовувалася на сумішах таких продуктів: пшениця, ячмінь, кукурудза, соєва макуха.

Виготовлений продукт призначався для поросят і відповідав встановленим нормативам на групу крупності, а саме група 3: залишок на ситі з отв. Ø3 не більше 5% (фактично 3,2%); залишок на ситі з отв. Ø5 не допускається (фактично відсутній); вміст цілих зерен не більше 0,3% (фактично 0,09%).

Продуктивність дробарки залежала від кількості компонентів суміші і складала від 1100 до 1850 кг/год. Контрольні випробування на пшениці з об'ємною масою 759 кг/м<sup>3</sup>, вологістю 12,6 % показали продуктивність 2250 кг/год. Дробарка виконує технологічний процес із задовільною якістю. Отриманий продукт відповідав встановленим нормативам. Однак під час роботи двигун дробарки перегрівається і потребує частих зупинок для охолодження, що знижує технічну продуктивність дробарки. Тому виникла необхідність проаналізувати взаємозв'язок енергетичних витрат і аеродинамічних характеристик дробарки. Для цього були проведені виміри електричних характеристик двигуна привода на холостому ході та під навантаженням, а також аеродинамічні випробування дробарки, як вентиляційної пневмотранспортної установки.

Виміри проводились під навантаженням і на холостому ході.

Для одержання аеродинамічної характеристики вентилятора дробарки до всмоктувальної труби під'єднувалася труба конічної форми, яка була виконана з трьох секцій довжиною 500 мм з діаметрами: від 50 мм до 70 мм, 70-90 мм, 90-100 мм. Додатково до фланця на вході в патрубок діаметром 50 мм приєднувалось кільце з отвором 30 мм.

Виміри проводились послідовно зі входними отворами діаметрами 30 мм, 50 мм, 70 мм, 90 мм, 100 мм.

При цьому визначались рівні тисків на вході і виході дробарки, перепад тисків, швидкості і витрати повітря, залежність витрати повітря від зміни перетину матеріалопроводу (аеродинамічна характеристика), що є суттєвим для визначення продуктивності дробарки.

Аеродинамічні показники для тарувального графіка наведені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Аеродинамічні показники для тарувального графіка

Діаметр вхідного отвору, Ø, мм	Динамічний тиск Н <sub>д</sub> , Па	Швидкість повітря на вході в дробарку, V, м/сек	Витрати повітря, Q м <sup>3</sup> /год.	Перепад статичного тиску на вході дробарки, ΔН, Па
1	2	3	4	5
30	150	15,6	440,9	5400
50	360	24,2	684,0	5100
70	440	26,8	757,0	4800
90	470	27,6	779,6	4600
100	500	28,6	808,0	4500

Тарувальний графік призначений для визначення продуктивності дробарки щодо повітря під навантаженням.

Тарувальний графік наведений на рис. 4

Дані роботи вентилятора (дробарки) під навантаженням наведені в таблиці 5.

Таблиця 5 – Аеродинамічні показники при роботі під навантаженням

Діаметр вхідного отвору, $\varnothing$ , мм	Динамічний тиск $H_d$ , Па	Швидкість повітря на вході в дробарку, $V$ , м/сек	Витрати повітря, $Q$ м <sup>3</sup> /год.	Перепад статичного тиску на вході дробарки, $\Delta H$ , Па
1	2	3	4	5
100	567	30,43	860	4000

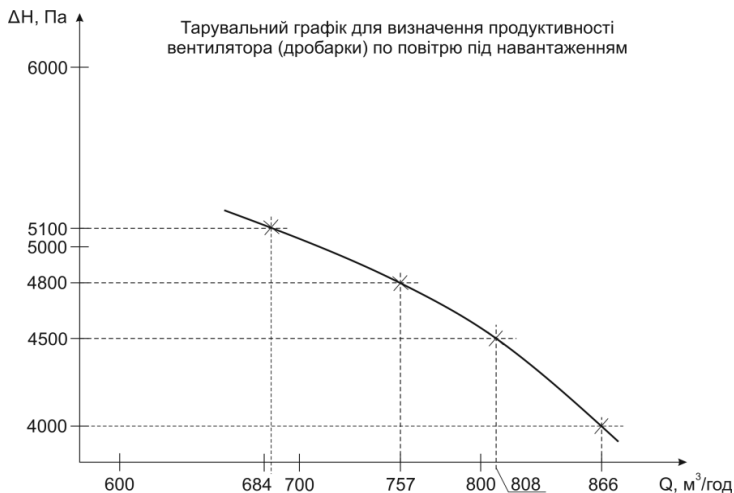


Рисунок 5 – Тарувальний графік

Порівнюючи дані тарування і роботи під навантаженням, бачимо, що характеристики під час роботи зі всмоктувальним матеріалопроводом  $\varnothing 100$  мм – близькі.

Аналіз аеродинамічних вимірів показує, що зменшення перетину всмоктувального матеріалопроводу за рахунок заповнення його зерном значно зменшує аеродинамічні характеристики лінії: швидкість повітряного потоку, зменшення об'єму повітря, а це зі свого боку може приводити до затримок продукту в дробарці і так званого «замелювання».

Для аналізування енерговитрат були проведені виміри споживаної електроенергії електродвигуном привода на холостому ході і під час навантаження як у господарстві, так і на випробувальному стенді виробника дробарки.

Середні показники фазових напруг  $U_{ф\text{сер}}$ , струмів  $I_{ф\text{сер}}$ , потужностей  $P_{ф\text{сер}}$  на холостому ході під час роботи дробарки у господарстві і на стенді наведені в таблиці 6. Діаметр всмоктувального рукава або сопла 100 мм.

Таблиця 6 – Енергетичні показники роботи дробарки на холостому ході зі всмоктувальним рукавом або соплом 100 мм

Агро-Еліта			ПАТ «ХМЗ»		
Фазна напруга $U_{\text{ср.}}$ , В	Фазний струм $I_{\text{ср.}}$ , А	Фазна потужність $P_{\text{ср.}}$ , кВт	Фазна напруга $U_{\text{ср.}}$ , В	Фазний струм $I_{\text{ср.}}$ , А	Фазна потужність $P_{\text{ср.}}$ , кВт
235,33	23,67	4,80	226,67	25,43	5,01

Середні показники  $U_{\text{ср.}}$ ,  $I_{\text{ср.}}$ ,  $P_{\text{ср.}}$  під час роботи під навантаженням наведені в таблиці 7. Діаметр всмоктувального рукава – 100 мм.

Таблиця 7 – Енергетичні показники роботи дробарки під навантаженням з всмоктувачим рукавом 100 мм

Фазна напруга $U_{\text{ср.}}$ , В	Фазний струм $I_{\text{ср.}}$ , А	Фазна потужність $P_{\text{ср.}}$ , кВт
231,0	64,13	11,52

Енергетичні показники під час роботи дробарки з аеродинамічним пристроєм наведені в таблиці 8.

Таблиця 8 – Енергетичні показники роботи дробарки з аеродинамічним пристроєм

№ п/п	Ø сопла, мм	Середні показники		
		Фазна напруга $U_{\text{ср.}}$ , В	Фазний струм $I_{\text{ср.}}$ , А	Фазна потужність $P_{\text{ср.}}$ , кВт
1	30	223,40	23,17	4,43
2	50	220,10	21,87	4,25
3	70	219,27	23,20	4,67
4	90	223,53	24,7	4,95
5	100	226,67	25,43	5,01

Графічне відображення енергетичних показників роботи дробарки з аеродинамічним пристроєм наведено на рисунку 6.

Узагальненням даних енергетичних вимірів на холостому ході і під навантаженням з матеріалопроводом діаметром 100 мм встановлено таке:

*Холостий хід*

Агро-Еліта –  $U_{\text{ср.}} = 235,33$  В,  $I_{\text{ср.}} = 23,67$  А,  $P_{\text{ср.}} = 4,80$  кВт,  $P_{\text{ср.}}$  (коефіцієнт потужності) = 0,863,  $\cos \varphi_{\text{ср.}} = 0,863$ .

Загальна середня розрахункова потужність – 14,40 кВт. Потужність з урахуванням коефіцієнтів  $P_{\text{ср.}}$  і  $\cos \varphi_{\text{ср.}}$  – 10,72 кВт.

Потужність з урахуванням  $P_{\text{ср.}}$  і  $\cos \varphi_{\text{ср.}}$  паспортних (0,88 і 0,89) – 11,27 кВт.

ХМЗ –  $U_{\text{ср.}} = 226,67$  В,  $I_{\text{ср.}} = 25,43$  А,  $P_{\text{ср.}} = 5,01$  кВт,  $P_{\text{ср.}} = 0,863$ ,  $\cos \varphi_{\text{ср.}} = 0,863$ .

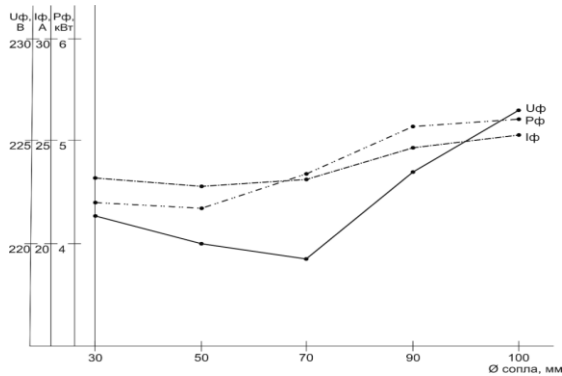


Рисунок 6 – Середні значення енергетичних показників роботи дробарки з аеродинамічним пристроєм

Загальна розрахункова потужність – 15,03 кВт. Потужність з урахуванням коефіцієнтів  $P_{f\text{ср}}$  і  $\cos \varphi_{\text{ср}}$  – 11,19 кВт.

Потужність з урахуванням  $P_{f\text{ср}}$  і  $\cos \varphi_{\text{ср}}$  паспортних (0,88 і 0,89) – 11,77 кВт.

*Робота під навантаженням*

Агро-Еліта –  $U_{f\text{ср}} = 231,80$  В,  $I_{f\text{ср}} = 64,13$  А,  $P_{f\text{ср}} = 11,50$  кВт,  $P_{f\text{ср}} = 0,863$ ,  $\cos \varphi_{\text{ср}} = 0,833$ .

Загальна середня розрахункова потужність – 34,50 кВт. Потужність з урахуванням коефіцієнтів  $P_{f\text{ср}}$  і  $\cos \varphi_{\text{ср}}$  – 24,80 кВт.

Потужність з урахуванням  $P_{f\text{ср}}$  і  $\cos \varphi_{\text{ср}}$  паспортних (0,88 і 0,89) – 27,02 кВт.

Аналіз енерговитрат показує, що на холостому ході споживана електродвигуном активна потужність склала 14,70 кВт і 15,03 кВт залежно від параметрів електропостачання і схеми установки дробарки; під час роботи дробарки на холостому ході, тобто як вентилятора, електродвигун завантажується на 56–68 % від своєї паспортної номінальної потужності; під час роботи дробарки під навантаженням (переробка продукту) електродвигун перевантажується, коефіцієнт завантаження  $K_3$  складає 1,57, що перевищує норматив  $0,7 < K_3 \leq 1$ . Коефіцієнт завантаження визначається за формулою  $K_3 =$

$\frac{P_{\text{ср}}}{P_{\text{ном}}}$ , де  $P_{\text{ср}}$  – середнє значення активної потужності, що споживається електродвигуном з мережі, кВт;  $P_{\text{ном}}$  – номінальна (паспортна) потужність електродвигуна, кВт.

Енергетичною оцінкою встановлено, що витрати електричної потужності під час роботи дробарки як вентилятора, перевищують більше 50 %, майже 70 % встановленої потужності електродвигуна, тобто на процес дроблення залишається від 30 до 40 % потужності, тому електродвигун



перевантажується, перегрівається і потребує регулярних зупинок для охолодження.

**Висновки.** За результатами випробувань дробарки молоткової пневматичної ДМП-22 виробництва ПАТ «Хорольський механічний завод» встановлено, що дробарка якісно виконує свої технологічні функції подрібнення сировини, але за даними аеродинамічних та енергетичних вимірів має недолік щодо заниженої потужності електродвигуна привода. На цю модель дробарки рекомендується встановлювати електродвигун потужністю не менше 30 кВт.

### **Анотація**

*В статье приведена информация о результатах исследований энергетических и аэродинамических характеристик дробилки молотковой пневматической ДМП-22, проведенных в Харьковском филиале УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого. По результатам исследований установлено следующее: дробилка качественно выполняет процесс измельчения компонентов кормовых смесей, но энергозатраты на создание воздушного потока для перемещения измельченного продукта составляют до 70 % мощности электродвигателя привода; на процесс измельчения остается до 30 % мощности электродвигателя, последний перегружается, перегревается и требует частых остановок для охлаждения, техническая производительность снижается.*

### **Summary**

*The article presents information on the results of research on the energy and aerodynamic characteristics of a hammer pneumatic DMP-22 crusher, carried out at the Kharkiv branch of UkrSRIFTT them. L. Pogoreliy. According to the results of the research the following is established: the crusher performs the process of milling components of feed mixtures qualitatively, but the energy costs for the creation of air flow to move the crushed product make up to 70 % of the power of the motor of the drive; on the grinding process, up to 30 % of the power of the motor remains, the latter is overloaded, overheated and requires frequent shutdowns for cooling, the technical performance is reduced.*