



## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ СІПКОЇ СИРОВИНИ

*Янович Віталій Петрович, к.т.н., доцент  
Вінницького національного аграрного університету  
Yanovich V.  
Vinnitsia National Agrarian University*

**Анотація:** в статті проведено аналіз техніко-економічних та функціонально-вартісних показників комплексу розроблених вібраційних машин для реалізації процесів тонкого помелу та змішування сипкої сировини за вібраційного впливу. За результатами оцінки рівня розроблених вібромашин за показниками конкурентоспроможності було встановлено, що порівняно з базовими моделями запропоновані машини з врахуванням їх орієнтовної ціни мають високий рейтинг. Розроблені вібраційні машини переважають існуючі за узагальненими показниками двох видів, що стало можливим завдяки використанню і реалізації нових підходів та ідей до розробки та проектування вібраційних машин для комплексної обробки сільськогосподарської продукції.

**Ключові слова:** економічна ефективність, функціонально-вартісний аналіз, вібраційні машини.

### **Вступ**

Підвищення економічної ефективності є основним завданням будь-якого сучасного підприємства за умов його діяльності в рамках ринкової економіки [1]. Управління ефективністю роботи підприємства залежить від можливості зміни техніко-економічних показників щодо випуску його продукції. Визначним чинником ефективності підприємства є попит на його продукцію. В свою чергу попит на продукцію залежить від її якості та собівартості, що комплексно корелюють з рівнем технологічного та технічного забезпечення в організації процесу виробництва.

### **Мета досліджень**

Метою даної роботи є проведення техніко-економічної та функціонально-вартісної оцінки вібраційних машин для реалізації механічних процесів подрібнення та змішування сипких мас.

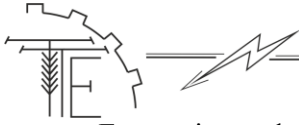
### **Викладення основного матеріалу**

Для реалізації високоактивного вібраційного помелу сипких інгредієнтів преміксу було спроектовано та виготовлено дослідну модель гіраційного млина ВМГ-4 [1], в якому за рахунок комбінованого коливного та гіраційного руху приводної платформи помольних камер спостерігається зменшення паразитних коливань та надання високоактивного циркуляційного руху технологічному наповнювачу і, як наслідок, підвищення продуктивності якісного помелу оброблюваної сировини за умови мінімізації споживаних енерговитрат на реалізацію означеного процесу. Тоді, як для реалізації процесу тонкого помелу крупнокускової сировини було розроблено торовидний млин з розгалуженими помольними секціями ВМТ-60 [2].

Практична реалізація ідеї вібраційної машини для процесу тонкого помелу сипкої сировини за умови мінімальних енерговитрат була реалізована у вібраційному млині кутових коливань [3]. Конструкційні особливості даної вібромашини дозволяють забезпечити ефект кутових коливань, забезпечуючи значний динамічний стан технологічного наповнювача і, як наслідок, високу ефективність помелу сипкої сировини.

Для реалізації процесу подрібнення високовологої сільськогосподарської сировини було розроблено віброторну дробарку ВРД-5 [4]. Розроблена конструкція реалізує ідею комбінованої взаємодії вібраційного та обертового руху виконавчих органів дробарки, що дозволяє значно збільшити силовий вплив бичів на оброблювальний матеріал, а як наслідок підвищити продуктивність та якість означеного процесу.

Для реалізації процесу приготування високооднорідних сипких субстанцій було спроектовано та виготовлено дослідну модель вібровідцентрового змішувача [5]. Запропонована конструкція реалізує ідею комбінованої взаємодії вібраційного та обертового руху виконавчого органа з можливістю змішування у псевдозрідженому стані оброблюваного середовища.



Економічну ефективність від використання розроблених вібраційних машин для подрібнення та змішування сипкого матеріалу виконано відповідно до загальновідомих методик методом послідовного порівняння відповідних показників базового й порівнюваного варіантів [6-8].

Критерієм ефективності було прийнято продуктивність машин для реалізації процесів механічної обробки сипкої сировини, загальні експлуатаційні витрати, ефект від збільшення продуктивності та зменшення експлуатаційних енерговитрат, річний економічний ефект, коефіцієнт економічної ефективності та термін окупності розробки.

За аналог було обрано вібраційні машини характеристика яких подано в таблицю 1: для високодисперсного помелу (розміром вихідної фракції 50 мкм) вібраційні млини ВМ-60 (Росія), ВКЕ1040 (Німеччина), РВМ-80 (Україна); для змішування ВЗМ (Україна); для подрібнення (розмір вихідної фракції 1,5 мм) ДДМ-50 (Росія).

Розроблене обладнання було застосоване: для подрібнення зернової та крохмаломісткої сировини при виробництві спирту; для тонкого подрібнення та змішування мікрокомпонентів у процесі виробництва високоактивних преміксів «Гровер-фінішер Преміум 3%» для свиней Міссі, Дольфос Д, Б для приготування вітамінно-мінерального преміксу свійським птахам та ВРХ відповідно.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика розроблених машин

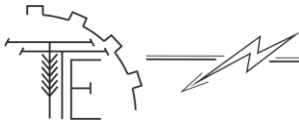
	Показник	Од. виміру	Базові машини		Проектовані машини	
			ВЗМ	36000	ВВЗ-30	25000
1	Вартість виготовлення,	грн.	ВМ-60	82798	ВМГ-4	32000
			ВКЕ 1040	42000	ВМКК-2	15000
			РВМ-80	58000	ВМТ-60	45000
			ДДМ-5	70 000	ВРД-5	75 000
			ВЗМ	3	ВВЗ-30	1
2	Споживані енерговитрати,	кВт год	ВМ-60	5,5	ВМГ-4	3
			ВКЕ 1040	1	ВМКК-2	0,5
			РВМ-80	5,5	ВМТ-60	3,5
			ДДМ-5	50	ВРД-5	22,5
			ВЗМ	80	ВВЗ-30	110
3	Продуктивність, П	кг/год	ВМ-60	250	ВМГ-4	350
			ВКЕ 1040	115	ВМКК-2	160
			РВМ-80	300	ВМТ-60	320
			ДДМ-5	4400	ВРД-5	4500
			ВЗМ	80	ВВЗ-30	110

Техніко-економічні показники та економічна ефективність розробленого обладнання наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Економічна ефективність розробленого обладнання

Показники	Розмірність	Проектована (РД)	Проектоване (ВМГ-4)	Проектоване (ВМКК-2)	Проектоване (ВМТ-60)	Проектоване (ВВЗ-30)
1	2	3	4	5	6	7
Продуктивність	кг/год	3700	350	160	320	110
Загальні експлуатаційні витрати	грн.	127 152	46525	33153	49708	37452
Ефект від збільшення продуктивності	грн./рік	1630	8488	8488	36067	51780
Ефект від зменшення експлуатаційних енерговитрат	грн./рік	104 242	16158	4989	9255	3366

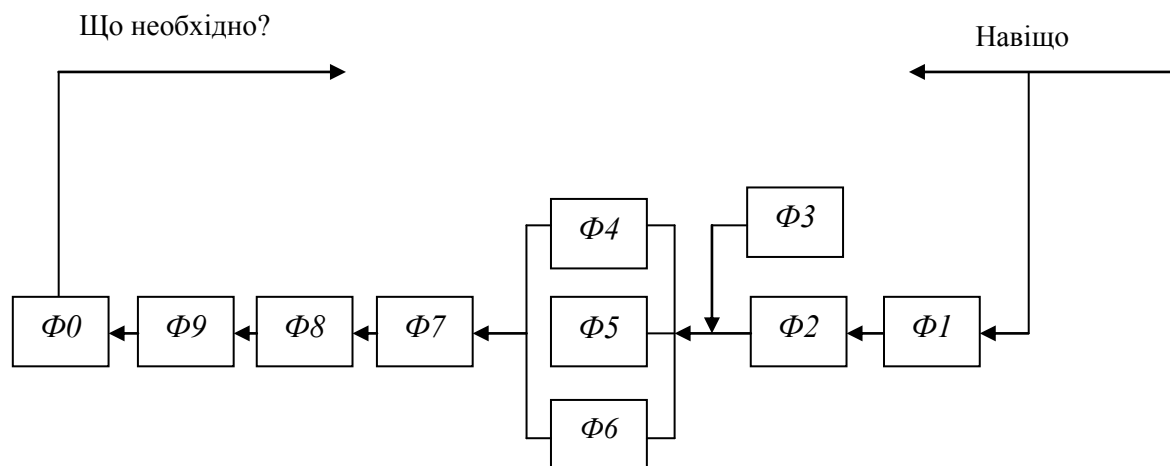


Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7
Ефект від зменшення витрат на сировину	грн./рік	117 390	-	-	-	-
Загальний економічний ефект	грн./рік	223 262	185554	82427	45322	55146
Коефіцієнт економічної ефективності	-	1,76	0,53	0,4	0,9	1,47
Термін окупності	Роки	0,56	1,88	2,45	1	0,67

Аналіз даних таблиць засвідчив, що ефективність застосування розроблених машин має істотні переваги перед використанням базових оцінювальними показниками. Варта також відзначити, що зі збільшенням робочої камери, а також кількості машин поданого класу, можна значно підвищити показники ефективності переробки сільськогосподарської продукції за вібраційної обробки.

Функціонально-вартісний аналіз проводимо для однієї із найбільш розповсюджених серед досліджуваних операцій – для процесу приготування преміксу (рис. 1) [9].



**Рис. 1. Функціональна модель процесу приготування комплексних преміксів:**  
**Ф0 – приготування суміші; Ф1 – попередня підготовка сировини; Ф2 – подача домішок;**  
**Ф3 – подрібнення; Ф4 – просіювання; Ф5 – змішування; Ф6 – вивантаження; Ф7 – фасування;**  
**Ф8 – пакування**

Для подальшого вибору шляхів проектування системи визначали основні корисні функції (операції), які вона повинна відпрацьовувати при роботі, класифікували функції системи (табл.3).

Проведення ФВА базується на співвідношенні двох критеріїв: корисності та вартості. Коефіцієнт корисності визначали шляхом побудови матриці пріоритетів (табл. 4) за відомою методикою розрахунку.

При попарному порівнянні функцій у відповідних комірках матриці проставляють коефіцієнти переваг. Якщо при попарному порівнянні стрічка має перевагу над стовпчиком, то коефіцієнт переваг приймають рівним 1,5, при їх однаковій значущості – 0,5, а при меншій – 1

Найбільш суттєво на величину енерговитрат на процес приготування преміксу впливають операції дроблення, сепарація та змішування, що має максимальний коефіцієнт корисності 0,147944 та відповідно 1 ранг за вагомістю.



Витрати при ФВА виступають як плата за корисність. Узагальнюючий критерій витрат при проектуванні технічних чи виробничих систем враховує витрати на всіх етапах життєвого циклу системи, для оцінки яких будують матрицю витрат (табл. 3), з якої визначають коефіцієнт витрат.

Найбільш витратною по реалізації є операція вивантажування, а найменш витратною – просіювання.

Таблиця 3

## Класифікація функцій системи для приготування преміксу

№ п/п	Назва операції	Характер	Властивість
1.	Ф0 - Приготування суміші (головна функція)	Зовнішня головна	Корисна
2.	Ф1 - Попередня підготовка сировини	Внутрішня основна	Корисна
3.	Ф2 - Подача домішок	Внутрішня основна	Корисна
4.	Ф3 - Подрібнення	Внутрішня основна	Корисна
5.	Ф4 - Просіювання	Внутрішня основна	Корисна
6.	Ф5 - Змішування	Внутрішня основна	Корисна
7.	Ф6 - Вивантаження	Внутрішня другорядна	Нейтральна
8.	Ф7 - Фасування	Зовнішня другорядна	Нейтральна
9.	Ф8 - Пакування	Зовнішня другорядна	Нейтральна

Таблиця 4

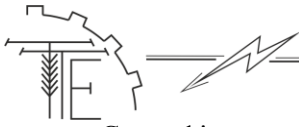
## Матриця пріоритетів для процесу приготування комплексних преміксів

№ п/п	Назва операції	Номер функції								Сума	Рi,j	Коеф. корисності	Ранг
		1	2	3	4	5	6	7	8				
1.	Ф1 - Попередня підготовка сировини	1	0,5	1	1	1	0,5	0,5	0,5	6	49,75	0,099799	6
2.	Ф2 - Подача домішок	1,5	1	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	8,5	64,75	0,12989	2
3.	Ф3 - Подрібнення	1,5	1,5	1	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	9,5	73,75	0,147944	1
4.	Ф4 - Просіювання	1,5	1,5	0,5	1	0,5	1,5	1,5	1,5	9,5	73,75	0,147944	1
5.	Ф5 - Змішування	1,5	1,5	0,5	0,5	1	1,5	1,5	1,5	9,5	73,75	0,147944	1
6.	Ф6 - Вивантаження	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5	0,5	6	51,5	0,10331	5
7.	Ф7 - Фасування	0,5	1	1	1	1	0,5	1	0,5	6,5	54	0,108325	4
8.	Ф8 - Пакування	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	7	57,25	0,114845	3
	Всього										498,5		

Таблиця 5

## Матриця витрат

№ п/п	Назва операції	Витрати		Сума витрат	Коеф. витрат	Ранг
		Прямі	Експл.			
1.	Ф1 - Попередня підготовка сировини	2,1	2,5	4,6	0,00434783	3
2.	Ф2 - Подача домішок	3,2	3,6	6,8	0,00642722	5
3.	Ф3 - Подрібнення	1,5	2,2	3,7	0,00349716	2
4.	Ф4 - Просіювання	1,1	1,8	2,9	0,00274102	1
5.	Ф5 - Змішування	1,5	2,3	3,7	0,00349716	2
6.	Ф6 - Вивантаження	3,6	3,9	7,5	0,00708885	7
7.	Ф7 - Фасування	3,5	3,8	7,3	0,00689981	6
8.	Ф8 - Пакування	2,5	2,8	5,3	0,00500945	4
	Всього	-	-	41,8	-	-



Специфічною процедурою проведення ФВА є побудова функціонально-вартісної діаграми (ФВД), яка є графічним зображенням співвідношення між значущістю функцій і затратами на їх реалізацію. Побудова ФВД здійснюється з метою виявлення невідповідності затрат у відношенні до корисності (рис. 1).

На перший погляд перевага корисності перед вартістю мають операції подрібнення, сепарації та змішування. Остаточне рішення приймаємо із графіка функціонально-вартісного показника.

Побудова ФВП є графічне відображення співвідношення між критерієм і рангом функції (рис. 2) з метою визначення технологічної операції, удосконалення якої забезпечить мінімізацію енергоємності технологічного процесу.

В ході проведення ФВА технології приготування полікомпонентних преміксів було встановлено, що зниження собівартості одиниці продукції при виконанні технологічного процесу найбільш раціонально буде досягнуто шляхом удосконалення операцій тонкодисперсного помелу та змішування, а саме заміною існуючої схеми застосування технологічних операцій на високоінтенсивний комплексний обробіток вхідних компонентів за рахунок використання розроблених вібраційних машин.

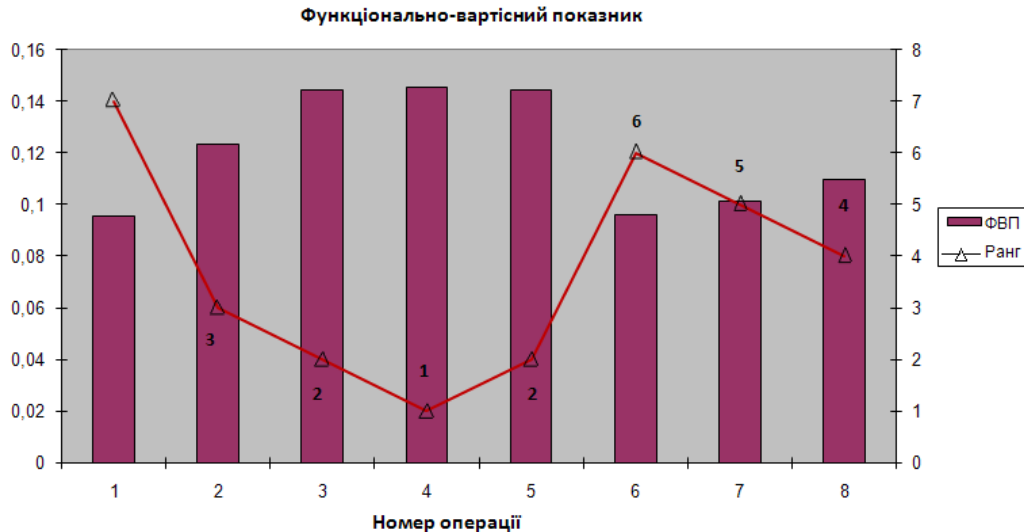


**Рис. 1. Функціонально-вартісна діаграма процесу приготування комплексних преміксів:**  
**1 – попередня підготовка сировини; 2 – подача домішок; 3 – подрібнення; 4 – просіювання;**  
**5 – змішування; 6 – вивантаження; 7 – фасування; 8 – пакування**

**Таблиця 6**

Функціонально-вартісний показник процесу приготування комплексних преміксів

№	Назва операції	Коеф. корисності	Коеф. витрат	ФВП	Ранг
1	Ф1 - Попередня підготовка сировини	0,099799398	0,004347826	0,09545157	7
2	Ф2 - Подача домішок	0,129889669	0,006427221	0,12346245	3
3	Ф3 - Подрібнення	0,147943831	0,003497164	0,14444667	2
4	Ф4 - Просіювання	0,147943831	0,002741021	0,14520281	1
5	Ф5 - Змішування	0,147943831	0,003497164	0,14444667	2
6	Ф6 - Вивантаження	0,10330993	0,007088847	0,09622108	6
7	Ф7 - Фасування	0,108324975	0,006899811	0,10142516	5
8	Ф8 - Пакування	0,114844534	0,005009452	0,10983508	4



**Рис. 2. Функціонально-вартісний показник процесу приготування комплексних преміксів:**  
**1 – попередня підготовка сировини; 2 – подача домішок; 3 – подрібнення; 4 – просіювання;**  
**5 – змішування; 6 – вивантаження; 7 – фасування; 8 – пакування**

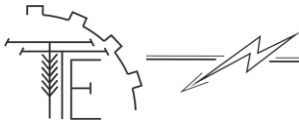
### Висновки

1. Комплексна техніко-економічна оцінка розробленого обладнання засвідчила, що впровадження комплексу розроблених вібротехнічних машин для реалізації процесу тонкого помелу та змішування сипких матеріалів, порівняно з існуючим устаткуванням, дає змогу отримати річний економічний ефект у 632 тис. грн, за середній термін окупності 0,7 року.

2. За результатами оцінки рівня досліджуваної техніки за функціонально-вартісними показниками виявилось, що порівняно з базовими розробленими вібраційними машинами з врахуванням їх орієнтовної ціни мають високий рейтинг. Розроблені вібраційні машини переважають існуючі за узагальненими показниками, що стало можливим завдяки використанню і реалізації нових підходів та ідей щодо розробки та проектування вібраційних машин для комплексної обробки сільськогосподарської продукції.

### Література

1. Пат. на корисну модель 106885 Україна (UA), МПК В02С 19/16. Гіраційний млин / Янович В.П.; заявник і патентовласник Янович В.П. – Заявл. 13.11.2015; опубл. 10.05.2016, Бюл. № 9. – 5 с.
2. Пат. на корисну модель № 106882 Україна, МПК В02С 17/00. Вібраційний торувидний млин / В.П. Янович, О.А. Токарчук; заявник і патентовласник Янович В.П. – Заявл. 13.11.2015; опубл. 10.05.2016, Бюл. № 9. – 5 с.
3. Пат. на корисну модель № 93366 Україна (UA), МПК В02С 19/16. Вібраційний двоконтейнерний млин / В.П. Янович, І.М. Курчук, Г.Р. Бабій, Н.М. Павлик; заявник і патентовласник Янович В.П. – Заявл. 05.05.2014; опубл. 25.09.2014, Бюл. № 18. – 5 с.
4. Yanovich V.P. Theoretical studies of energy parameters of vibration-disk crusher starch containing substance / V.P. Yanovich, I.M. Kurchuk, O.S. Kovalchuk // International periodic scientific journal. SWorld journal. Technical sciences Issue. – 2016. – Vol. 11 – P. 23-27.
5. Пат. на корисну модель № 115132 Україна (UA), МПК В01F 11/00. Вібровідцентровий змішувач / В.П. Янович, І.П. Паламарчук, Ю.О. Михальова; заявник і патентовласник Янович В.П. – Заявл. 25.07.2016; опубл. 10.04.2017, Бюл. № 7. – 5 с.
6. Управління інженерною діяльністю виробничих і сервісних підприємств АПК [Текст] : навч. посіб. / Г. М. Калетник, В. Д. Войтюк, С. М. Бондар, О. П. Скорук. – Київ : Хай-Тек Прес, 2010. – 448. – (Гриф МОН України №1/12-190 від 21.01.10 р.).
7. Шпилько, А. В. Методы определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники [Текст] / А. В. Шпилько. – Москва : Минсельхозпрод РФ. Всеросс. науч.-исслед. ин-т экономики сельского хозяйства, 1998.
8. ДСТУ 4397:2005. Методики економічного оцінювання техніки на етапі випробування [Текст]. – Чинний від 2006-01-01. – Київ : Держспоживстандарт України 2006. – 20 с. – (Національний стандарт України).
9. Гунько, І. В. Надійність систем та обґрунтування інженерних рішень [Текст] / І. В. Гунько, А. В. Спірін, О. В. Холодюк. – Вінниця : ВДАУ, 2006. – 76 с.



### References

1. Pat. na korysnu model 106885 Ukraina (UA), MPK B02S 19/16. Hiratsiinyi mlyn / Yanovych V.P.; zaiavnyk i patentovlasnyk Yanovych V.P. – Zaiavl. 13.11.2015; opubl. 10.05.2016, Biul. № 9. – 5 s.
2. Pat. na korysnu model № 106882 Ukraina, MPK B02S 17/00. Vibratsiinyi torovydneyi mlyn / V.P. Yanovych, O.A. Tokarchuk; zaiavnyk i patentovlasnyk Yanovych V.P. – Zaiavl. 13.11.2015; opubl. 10.05.2016, Biul. № 9. – 5 s.
3. Pat. na korysnu model № 93366 Ukraina (UA), MPK B02S 19/16. Vibratsiinyi dvokonteinernyi mlyn / V.P. Yanovych, I.M. Kupchuk, H.R. Babii, N.M. Pavlyk; zaiavnyk i patentovlasnyk Yanovych V.P. – Zaiavl. 05.05.2014; opubl. 25.09.2014, Biul. № 18. – 5 s.
4. Yanovich V.P. Theoretical studies of energy parameters of vibration-disk crusher starch containing substance / V.P. Yanovich, I.M. Kupchuk, O.S. Kovalchuk // International periodic scientific journal. SWorld journal. Technical sciences Issue. – 2016. – Vol. 11 – P. 23-27.
5. Pat. na korysnu model № 115132 Ukraina (UA), MPK B01F 11/00. Vibrovoditsentroyvi zmishuvacha / V.P. Yanovych, I.P. Palamarchuk, Yu.O. Mykhalova; zaiavnyk i patentovlasnyk Yanovych V.P. – Zaiavl. 25.07.2016; opubl. 10.04.2017, Biul. № 7. – 5 s.
6. Upravlinnia inzhenernoiu diialnistiu vyrobnychkyh i servisnykh pidpriemstv APK [Tekst] : navch. posib. / H. M. Kaletnik, V. D. Voitiuk, S. M. Bondar, O. P. Skoruk. – Kyiv : Khai-Tek Pres, 2010. – 448. – (Hryf MON Ukrainy #1/12-190 vid 21.01.10 r.).
7. Shpylko, A. V. Metody opredeleniya ekonomicheskoi efektyvnosti tekhnolohiy u selskokhoziaistvennoi tekhniky [Tekst] / A. V. Shpylko. – Moskva : Mynselsozprod RF. Vseross. nauch.-yssl. yn-t ekonomiky selskoho khoziaistva, 1998.
8. DSTU 4397:2005. Metodyky ekonomichnoho otsiniuvannia tekhniky na etapi vyprobuvannia [Tekst]. – Chynnyi vid 2006-01-01. – Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy 2006. – 20 s. – (Natsionalnyi standart Ukrainy).
9. Hunko, I. V. Nadiinist system ta obgruntuvannia inzhenernykh rishen [Tekst] / I. V. Hunko, A. V. Spirin, O. V. Kholodiuk. – Vinnytsia : VDAU, 2006. – 76 s.

### ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВИБРАЦИОННЫХ МАШИН ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СЫПУЧЕГО СЫРЬЯ

**Аннотация:** в статье проведен анализ технико-экономических и функционально стоимостных показателей комплекса разработанных вибрационных машин для реализации процессов тонкого помола и смешивания сыпучего сырья при вибрационном технологическом воздействии. По результатам оценки уровня разработанных вибромашин по показателям конкурентоспособности было установлено, что по сравнению с базовыми моделями предложены машины с учетом их ориентировочной цены имеют высокий рейтинг. Разработанные вибрационные машины преобладают существующие по обобщенным показателям двух видов, что стало возможным благодаря использованию и реализации новых подходов и идей к разработке и проектированию вибрационных машин для комплексной обработки сельскохозяйственной продукции.

**Ключевые слова:** экономическая эффективность, функционально-стоимостной анализ, вибрационные машины.

### TECHNICAL-ECONOMIC EVALUATION OF VIBRATING MACHINES FOR MECHANICAL TREATMENT OF RAW SUGAR

**Abstract:** in the article the analysis of techno-economic and functional values of a complex of developed vibratory machines for realization of processes of fine grinding and mixing of bulk raw materials for vibration influence is carried out. According to the results of the evaluation of the level of vibromashes developed by the competitiveness indicators, it was found that compared to the basic models, the proposed machines, taking into account their approximate price, have a high rating. The developed vibration machines prevail over the existing generalized indicators of the two types, which became possible due to the use and implementation of new approaches and ideas for the development and design of vibration machines for integrated processing of agricultural products.

**Keywords:** economic efficiency, functional-cost analysis, vibration machines.