

УДК 637.513.4

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2023.56>

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ ВИБІР ВОВЧКІВ-МІШАЛОК

Віктор Володимирович Сарана,

Кандидат технічних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-5102-2264>,Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна.**Василь Середа,**

Аспірант,

<https://orcid.org/0009-0009-3957-6537>,Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, Україна.

Анотація. На якість готового ковбасного виробу впливає не тільки якість сировини, а й процес подрібнення м'яса та отримання високоякісного фаршу. Планування виробничих ліній в харчовій промисловості пов'язане з труднощами через необхідність обґрунтованого вибору правильного обладнання. Тому метою даної роботи є підвищення технологічної ефективності переробки м'яса шляхом визначення раціонального типу вовчка-мішалки методом багатокритеріального аналізу обладнання. На ринку вовчки-мішалки доступні в різній продуктивності з різними діаметрами решіток вовчків та ємкістю робочих камер мішалок. Для початкової оцінки технічної досконалості обладнання за його енергоємністю, було вибрано критерій пропускної енергоємності та енергоємність процесу перемішування. Для знаходження ефективних варіантів було застосовано принцип домінування за методом Парето. Для остаточної оцінки машин при багатокритеріальному аналізі використано метод відстані до цілі за коефіцієнтами енерго- та металоємності. Отримані значення пропускної енергоємності проаналізованих вовчків-мішалок змінюється в межах від 0,098 до 0,415 кВт/мм, тоді як енергоємність процесу перемішування змінюється в межах від 0,00314 до 0,01375 кВт/л. Значення коефіцієнта енергоємності змінюється в межах від 0,0031 до 0,011 (кВт·год)/кг, тоді як коефіцієнт металоємності змінюється в межах від 0,127 до 0,675 (кг·год)/кг. Отримані дані можна використовувати при проектних розрахунках аналогічного обладнання. Найближчим до ідеалізованого варіанту виявився вовчок-мішалка марки Combo Grind 1500/250 фірми GEA. Дана машина має особливу конструкцію, що відрізняє її від інших «класичних» схем виконання вовчків-мішалок.

Ключові слова: коефіцієнт енергоємності, коефіцієнт металоємності, багатокритеріальний аналіз, метод Парето, метод відстані до цілі.

UDC 637.513.4

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2023.56>

MULTI-CRITERION SELECTION OF WOLF MIXERS

Viktor Sarana,

PhD in Technical Sciences, Associate Professor,

<https://orcid.org/0000-0002-5102-2264>,

National University of Life and Environment Sciences of Ukraine,
03041, Heroiv Oborony str. 15, Kyiv, Ukraine.

Vasyl Sereda,

Postgraduate,

<https://orcid.org/0009-0009-3957-6537> ,

National University of Life and Environment Sciences of Ukraine,
03041, Heroiv Oborony str. 15, Kyiv, Ukraine.

Abstract. The quality of the finished sausage product is affected not only by the quality of raw materials, but also by the process of grinding the meat and obtaining high-quality minced meat. Planning production lines in the food industry is associated with difficulties due to the need for an informed choice of the right equipment. Therefore, the purpose of this work is to increase the technological efficiency of meat processing by determining the rational type of mixer-mixer by the method of multi-criteria analysis of the equipment. On the market, stirrers are available in different capacities with different diameters of the grids of the stirrers and the capacity of the working chambers of the stirrers. For the initial evaluation of the technical perfection of the equipment according to its energy intensity, the criterion of throughput energy intensity and the energy intensity of the mixing process were selected. To find effective options, the principle of dominance according to the Pareto method was applied. For the final evaluation of the machines in the multi-criteria analysis, the method of the distance to the target according to the coefficients of energy and metal capacity was used. The obtained values of the throughput energy capacity of the analyzed agitators vary from 0,098 to 0,415 kW/mm, while the energy capacity of the mixing process varies from 0,00314 to 0,01375 kW/l. The value of the energy density coefficient varies from 0,0031 to 0,011 (kWh)/kg, while the metal density coefficient varies from 0,127 to 0,675 (kg·h)/kg. The obtained data can be used in the design calculations of similar equipment. Combo Grind 1500/250 by GEA turned out to be the closest to the ideal version. This machine has a special design, which distinguishes it from other "classical" schemes of execution of mixers.

Key words: energy intensity coefficient, metal intensity coefficient, multi-criteria analysis, Pareto method, distance-to-target method.

Вступ

М'ясопереробна промисловість відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки України, забезпечуючи споживачів свіжим м'ясом, субпродуктами, ковбасами, копченостями, м'ясними консервами та напівфабрикатами. Ринок м'яса та м'ясопродуктів є найважливішим сегментом продовольчого ринку України, і його сталий розвиток має стратегічне значення (Vlasenko & Semko, 2021; Kovalenko & Lysenko, 2018).

На думку авторів (Bal-Prylypko & Nikolayenko, 2022), у сучасних складних умовах, підвищення економічної ефективності українських м'ясопереробних підприємств можливе за рахунок пошуку нових джерел незамінних харчових інгредієнтів, використання нетрадиційної сировини та створення нових прогресивних технологій для підвищення харчової цінності продукції.

На якість готового ковбасного виробу впливає не тільки якість сировини, а й процес подрібнення м'яса та отримання високоякісного фаршу. Вовчки-мішалки використовуються для виконання двох технологічних операцій: змішування м'ясної сировини зі складовими інгредієнту та подрібнення отриманої суміші. Вони працюють в трьох режимах: змішування; змішування плюс подрібнення; суто подрібнення. Поєднання функцій перемішування і подрібнення скорочує тривалість циклу приготування фаршу, знижує трудомісткість. За рахунок виключення етапу транспортування сировини по ділянці знижуються витрати часу і поліпшуються санітарно-гігієнічні показники продукту. В основному вовчки-

мішалки застосовують для перемішування і подрібнення м'яса у виробництві рублених напівфабрикатів, але в той же час такі машини знаходять застосування і для стандартизації фаршу, і у виробництві сирокоченої ковбаси. На ринку вовчки-мішалки доступні в різній продуктивності з різними діаметрами решіток вовчків та ємкістю робочих камер мішалок (Nekoz & Batrachenko, 2014).

Планування виробничих ліній в харчовій промисловості пов'язане з труднощами через необхідність обґрунтованого вибору правильного обладнання. Залучені експерти, керуючись переважно власним досвідом, орієнтуються в основному на вартість і продуктивність обладнання, а також на впізнаваність бренду. Однак це завдання є складним через різноманітність пропозиції на ринку в одному ціновому діапазоні (Vasylykov & Chepeliuk, 2019).

У процесі дослідження оптимізації обладнання деякі автори (Kryvoplias-Volodina & Gavva, 2018) аналізують техніко-технологічні характеристики основних функціональних модулів машини математично-статистичними методами. Під комплексом технологічних засобів розуміють сукупність взаємопов'язаних технологічних пристроїв для здійснення виробничого процесу.

Метою даної роботи є підвищення технологічної ефективності переробки м'яса шляхом визначення раціонального типу вовчка-мішалки методом багатокритеріального аналізу обладнання.

Огляд літератури

Вовчок-мішалка Seydelmann MRG 1300 фірми Maschinenfabrik Seydelmann KG (Industrial catalog of Maschinenfabrik Seydelmann KG, 2023) має різальний комплект з діаметром вихідної решітки 160 мм (рис. 1, а). Сировина подається до робочого шнека за допомогою шнека подачі, а в бункері над ним встановлені два змішувальні вали (рис. 1, б). Вали обертаються, змушуючи сировину рухатися в протилежних напрямках. Це забезпечує швидке і рівномірне перемішування сировини в ощадному режимі. Сировина може бути вивантажена через отвори (рис. 1, в) при відкритій заслінці (за-

слінка приводиться в дію пневматично). Це дозволяє вовчок-мішалку використовувати і як автономну фарш-мішалку.

Вовчок-мішалка MW 600/1000 фірми Karl Schnell (Industrial catalog of Karl Schnell GmbH & CO. KG, 2023) (рис. 2) є ще одним гарним прикладом машини для комбінованого змішування та подрібнення м'ясної сировини. Машина складається з бункера з двома перемішувальними валами та інтегрованим робочим циліндром вовчка, розташованим перпендикулярно (рис. 2, а) або паралельно (рис. 2, б) до осі перемішувальних валів.

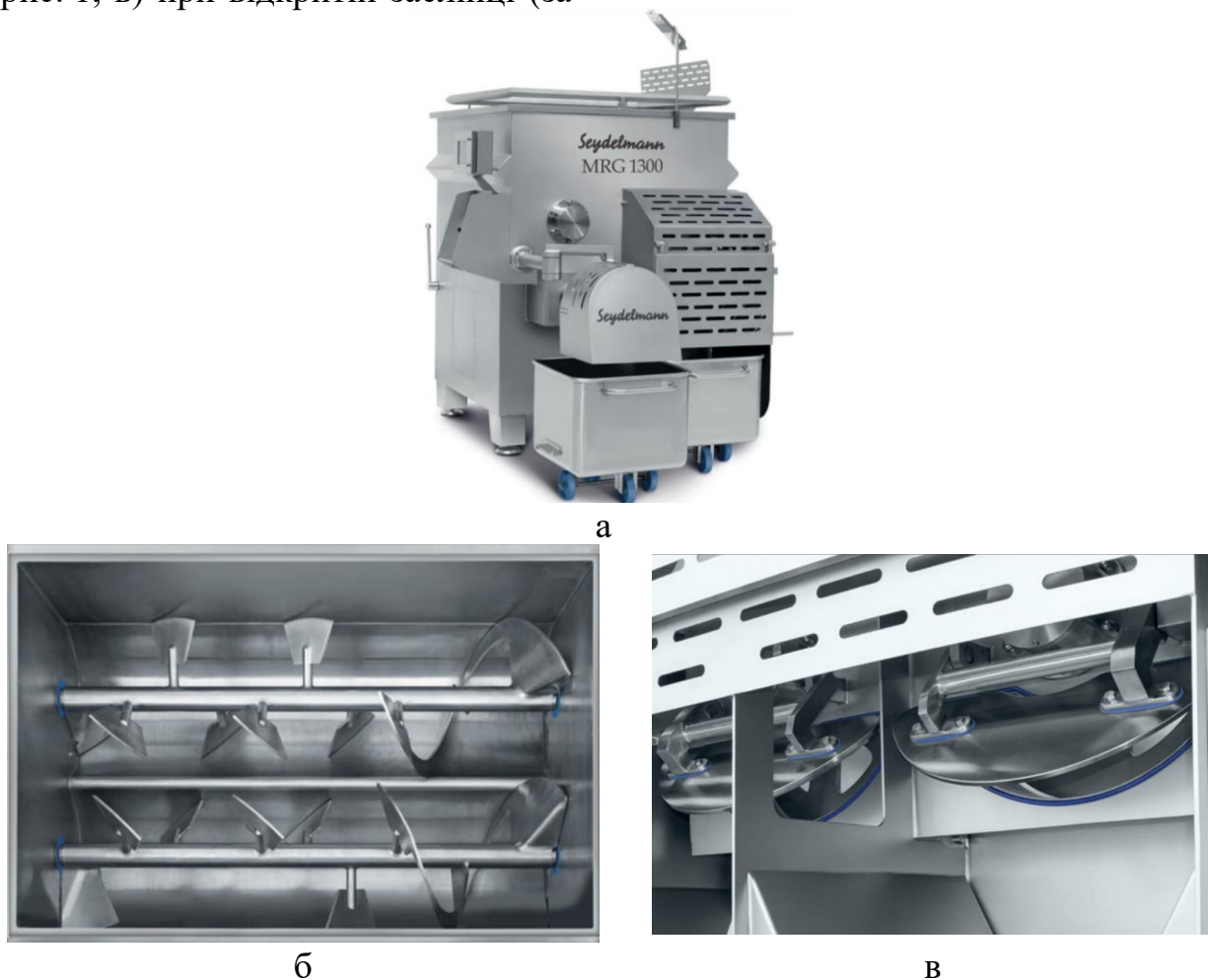


Рисунок 1. Вовчок-мішалка Seydelmann MRG 1300: а – зовнішній вигляд; б – вали для змішування; в – розвантажувальні заслінки



а



б

Рисунок 2. Вовчок-мішалка фірми Karl Schnell:

а – модель з боковим виконанням; б – модель з прямим виконанням

Вовчки-мішалки марки WMW фірми Laska (*Industrial catalog of Maschinenfabrik Laska GmbH*, 2023) (рис. 3, а) випускаються з діаметром вихідної решітки вовчка від 130 до 200 мм та об'ємом бункера для змішування від 380 до 2000 л. Конструкція машини має кутову форму з робочим шнеком і ріжучим комплектом та бункером, в якому розташовані вали мішалки і вивантажувальний шнек. Таким чином, машина може також працювати в режимі лише пе-

ремішування сировини та її вивантаження на транспортний візок через вивантажувальний шнек внизу бункера (рис. 3, б). Змішувальні вали зазвичай виконуються лопатевими (рис. 3, в), але для перемішування в'язкої сировини можуть бути виконані і z-подібними (рис. 3, г). Під час режиму змішування, вивантажувальний шнек обертається в зворотному напрямку, що дозволяє уникнути неякісної обробки фаршу.



а



б



В



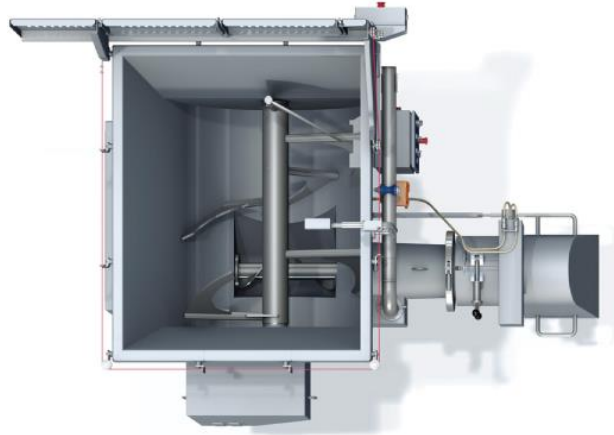
Г

Рисунок 3. Вовчок-мішалка марки WMW фірми Laska:

а) – загальний вигляд; б) – зона вивантаження з мішалки; в) – лопатеві робочі органи мішалки; г) – z-подібні робочі органи мішалки

Перевагою вовчка-мішалки CFS ComboGrind від GEA Convenience-Food Technologies (Industrial catalog of GEA Convenience-Food Technologies, 2023) є великий об'єм завантажувального бункера і одночасно компактна конструкція машини (рис. 4 а). Цьому сприяє змінена геометрія бункера, конструкція мішалки та система подачі сировини до різального вузла. Діаметр вихідної решітки різального апарату становить 250 мм. Бункер має одновісну мішалку (рис. 4, б), різноспрямовані лопаті якої забезпечують як ефективне перемішування матеріалу, так і одночасну його подачу до робочого шнека вовчка. Лопаті мішалки мають округлу форму та гладку поверхню, що запобігає деформації великих шмат-

ків м'яса. Вовчок має два робочі шнеки (рис. 4, в), які входять в зачеплення один з одним та обертаються в протилежних напрямках. Сировина до різального комплексу подається не робочим шнеком і робочим циліндром, а шляхом захоплення матеріалу між двома шнеками, а точніше – гвинтами з широким витком (подібно до принципу роботи шприца для наповнення ковбаси). Така система подачі має наступні переваги: сировина подається без надмірного ущільнення; зворотний потік сировини з робочої камери зведений до мінімуму; навіть в'язка сировина (попередньо подрібнений фарш) подається надійно; забезпечується самоочищення витків шнеків.



а



б



в

Рисунок 4. Вовчок-мішалка CFS ComboGrind: а) – загальний вигляд; б) – місильний робочий орган; в) – робочі шнеки вовчка

Вовчок-мішалка MEW 732 фірми MaDo (Німеччина) (Industrial catalog of MADDO GmbH, 2023) представлений на рис. 5, а. Машина має один шнек, який служить як для подачі матеріалу з бункера, так і для переміщення сировини до ріжучого комплексу. Шнек виготовляється металевим або збірним (комбінованим). Комбінована конструкція передбачає

наявність полімерної знімної частини шнека, що працює в робочому циліндрі вовчка (рис. 5, б). Бункер мішалки обладнаний лише одним лопатевим валом (рис. 5, в). Конструкцією машини передбачена система охолодження стінки бункера, що дозволяє ефективно проводити процес подрібнення замороженої сировини з температурою до -8°C .

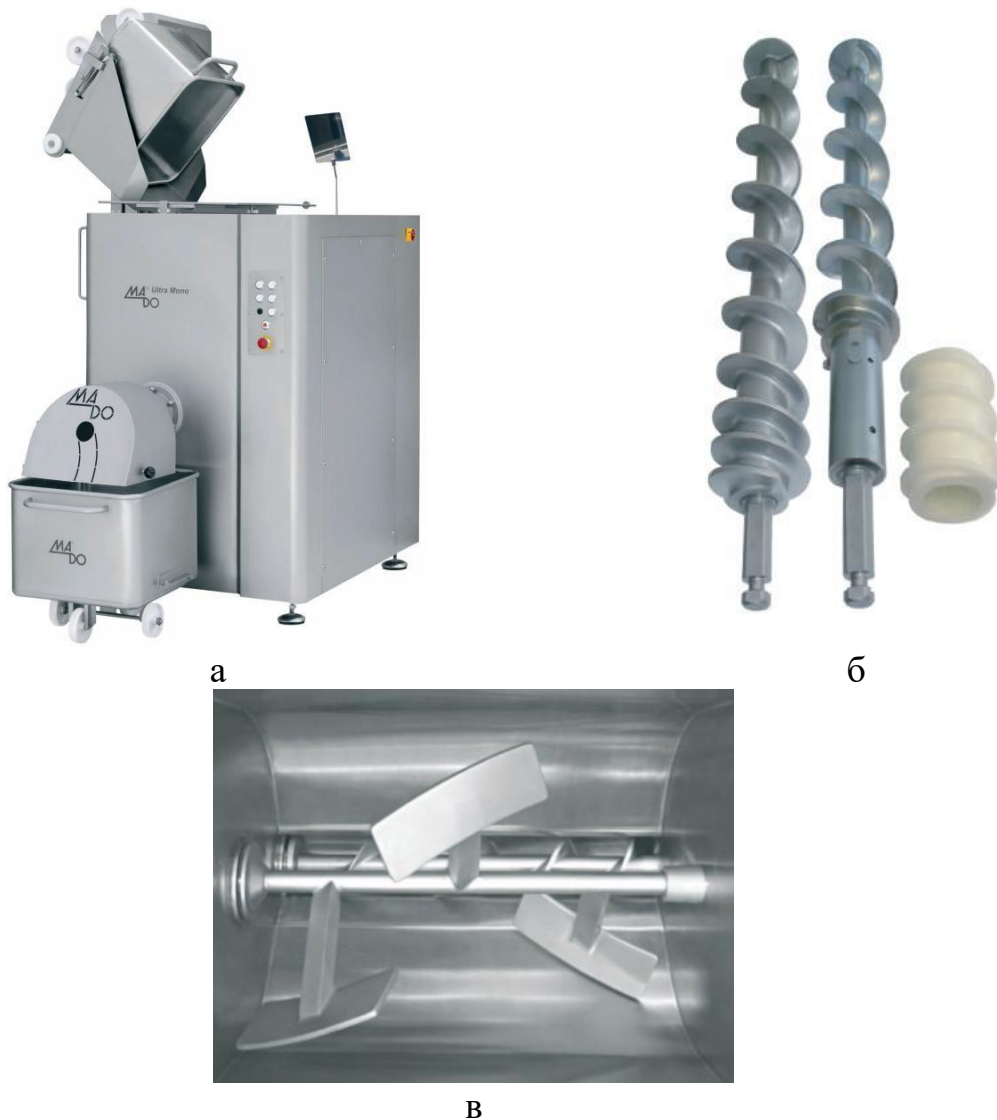


Рисунок 5. Вовчок-мішалка MEW 732 фірми MaDo: а) – загальний вигляд; б) – варіанти робочого шнека; в) – конструкція валу для змішування

Вовчок-мішалка Inotec Grinder W 235 (рис. 6, а) фірми Inotec GMBH (Німеччина) (Industrial catalog of Inotec GMBH, 2023) так само являється прикладом застосування новаторських технічних рішень. Вовчок-мішалка має різальний комплект (рис. 6, б) з діаметром решітки 235 мм та бункер об'ємом 500 літрів. Змішувальний пристрій має один вал. Подача сировини з бункера відбувається за допомогою двох паралельних полімерних гвинтів, що розта-

шовані перпендикулярно до осі робочого шнека (рис. 6, в).

Особливістю конструкції вовчка є керамічне покриття ріжучих поверхонь ножів і решітки, що значно підвищує довговічність і різко зменшує потрапляння в фарш залишків зносу ріжучого інструменту. Перший, другий і третій ножі в ріжучому комплекті мають різну кількість лез (три для першого, чотири для другого і шість для третього), а змінні ріжучі вставки також є стандартними.

Вовчки-мішалки вищенаведеної компанії також першими стали оснащуватися системою точного позиціонування ножів по відношенню до решітки, яка раніше використовувалася тільки на емульсифікаторах. Ця система дозволяє розташовувати ножі з мінімально допустимим зазором до ріжучої поверхні решітки, зменшуючи знос ріжучого механізму, нагрівання фаршу і енергоспоживання

приводного блоку. Система також компенсує зміну товщини ножа і решітки після переточування. Принцип роботи системи позиціонування полягає в тому, що решітка розміщена в рухомій втулці, яка може переміщатися уздовж осі робочого циліндра і гарантує відносне зміщення решітки по відношенню до ножа. Втулка приводиться в рух черв'ячною передачею і кроковим двигуном.



а



б



в

Рисунок 6. Вовчок-мішалка Inotec Grinder W 235: а) – загальний вигляд; б) – різальний комплект; в) – змішувальний вал та шнеки для подачі сировини

Вовчок-мішалка WW 160 фірми ЕКОМЕХ (Німеччина) (Industrial catalog of ЕКОМЕХ, 2023) призначений для подрібнення як свіжого, охолодженого, підмороженого так і замороженого м'яса. Вовчок (рис. 7, а) повністю виготовлений з нержавіючої сталі, включаючи корпус робочо-

го шнека, подавального шнека та накидну гайку (рис. 7, б). Швидкості подавального та робочого шнека перемикаються незалежно один від одного. Вовчок може бути обладнаний функцією змішувача (рис. 7, в) та валом попереднього подрібнення заморожених блоків (рис. 7, г).

Фірма Marel (Ісландія) (Industrial catalog of Marel, 2023) пропонує широкий асортимент вовчків-мішлок, що представлений машинами з об'ємом бункера 1000 літрів і діаметром вихідної решітки 200 мм та об'ємом від 1500 до 4000 літрів з діаметром вихідної решітки 250 мм. Вовчок-мішалка марки MIXgrind PM (рис. 8, а) в бункері має два місильні вали

(рис. 8, б) лопаті яких, при обертанні, перекривають один одного, що забезпечує швидкий і ефективний процес гомогенного перемішування. Машина оснащена високоміцним подрібнювальним модулем, що забезпечує високу продуктивність та відмінну якість продукту. Можливий варіант комплектації м'ясорубки системою видалення кісток.

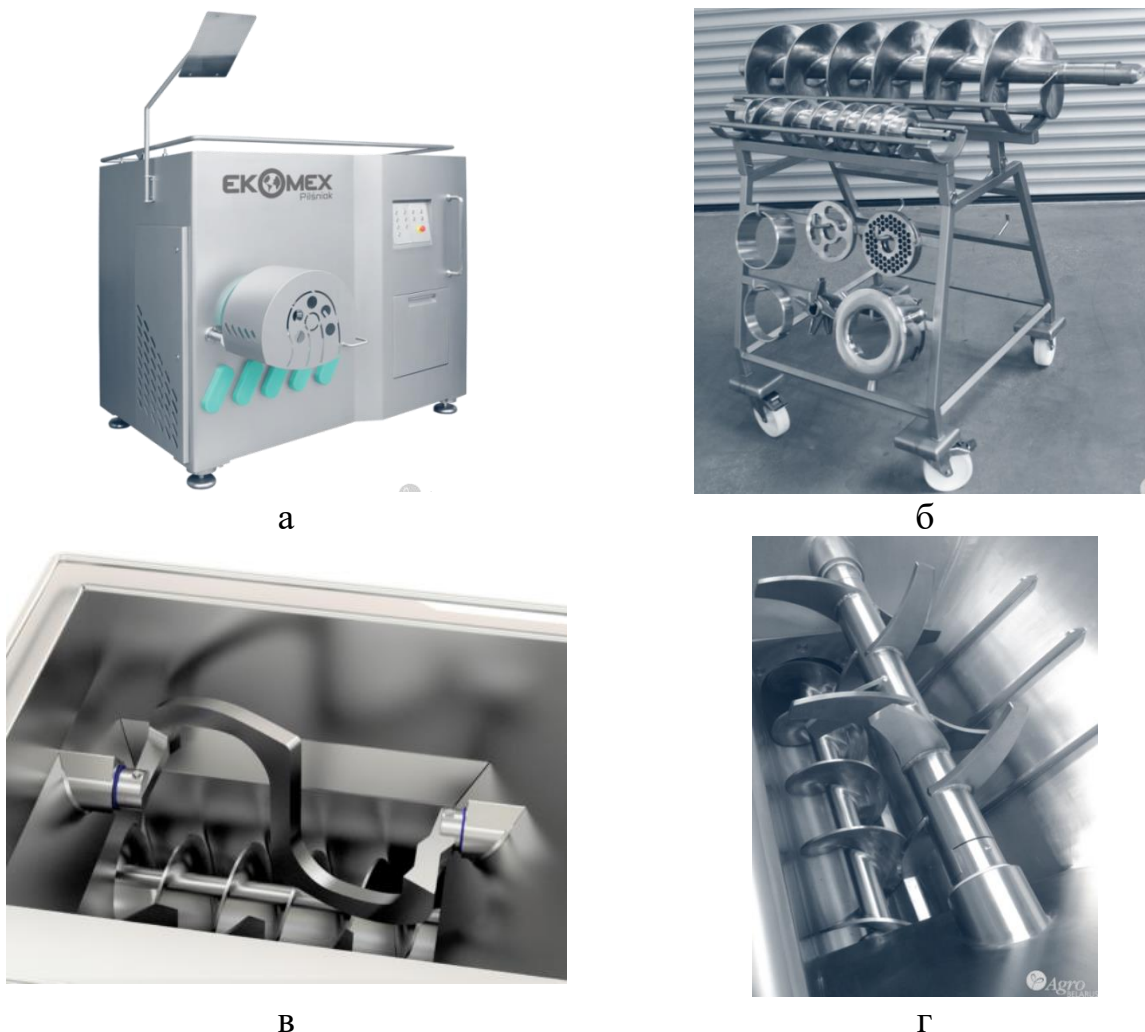
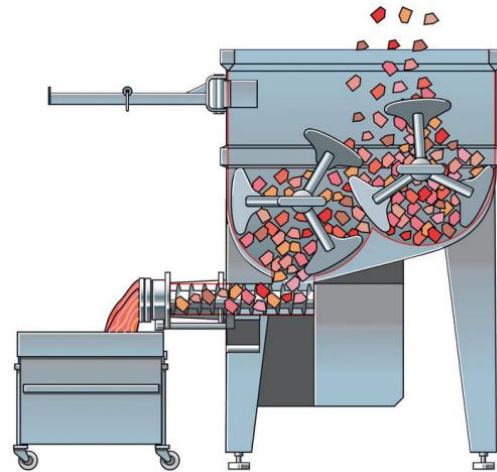


Рисунок 7. Вовчок-мішалка WK 160 фірми ЕКОМЕХ (Німечинна)



а



б

Рисунок 8. Вовчок-мішалка MIXgrind PM фірми Marel (Ісландія):

а – загальний вигляд; б – технологічна схема

Матеріали та методи дослідження

Для початкової оцінки технічної досконалості обладнання за його енергоємністю, було вибрано два критерії:

пропускна енергоємність:

$$E_D = \frac{N_1}{D}, \text{ кВт/мм}$$

енергоємність процесу перемішування:

$$E_V = \frac{N_2}{V}, \text{ кВт/л}$$

де N_1 – потужність приводу подрібнювального механізму, кВт; N_2 – потужність приводу змішувальних валів, кВт; D – діаметр вихідної решітки різального механізму, мм; V – об'єм бункера, л.

При формуванні початкової множини альтернатив широко використовується метод Парето, який дозволяє виявити ефективні альтернативи з урахуванням усіх критеріїв. Для виявлення ефективних (Парето-оптимальних) варіантів було викори-

стано принцип домінування (Gunko & Galushchak, 2019).

Визначення ефективної межі дозволяє значно скоротити кількість варіантів і спростити подальший аналіз, але все одно не дає єдиного рішення. Для прийняття остаточного рішення необхідна додаткова інформація про пріоритети та ⁽¹⁾правила прийняття рішень. Одним з найефективніших методів багатокритеріального вибору на завершальному етапі є метод «відстані до мети», ⁽²⁾який дозволяє встановлювати значимість критеріям. Його суть полягає у встановленні ідеалу з найкращим значенням критерію та оцінці ступеня наближення до нього кожного з порівнюваних варіантів обладнання (Gunko & Galushchak, 2019). Для остаточної оцінки машин було вибрано два критерії:

Коефіцієнт енергоємності K_E , (кВт·год)/кг:

$$K_E = \frac{N}{Q},$$

Коефіцієнт металоемності K_M ,
(кг·год)/кг:

$$K_M = \frac{m}{Q},$$

де N – загальна споживана потужність, кВт; m – маса машини, кг; Q – продуктивність обладнання, кг/год.

Виходячи з того, що найбільш важливим фактором під час підбору механічного обладнання є його економне споживання електроенергії, а маса машини має другорядне значення, визначаючи комплексну оцінку

досконалості вовчків-мішалок, з врахуванням методу розставлення пріоритетів (Gevko & Lyashuk, 2021) були визначені коефіцієнти значимості критеріїв: 0,4 – для коефіцієнта металоемності та 0,6 – для коефіцієнта енергоемності (тобто $K_E > K_M$). При визначенні показника відстані до цілі μ використовувалися нормовані значення критеріїв.

Результати та обговорення

Основні технічні характеристики проаналізованих вовчків-мішалок було зведено в таблицю 1.

Таблиця 1. Технічні характеристики вовчків-мішалок

Марка вовчка-мішалки (фірма виробник)	Продуктивність Q , кг/год	Маса машини m , кг	Діаметр решітки різального механізму D , мм	Потужність при- воду під- рібно- вального механізму N_1 , кВт	Потужність при- воду змі- шуваль- них валів N_2 , кВт	Об'єм бункера V , л
MW600 (Karl Schnell)	6000	2300	200	39,5	8,8	800
MW1000 (Karl Schnell)	6000	2700	200	57,5	8,8	1600
MRG1300 (Seydelmann KG)	6000	1950	160	30,8	8	1300
MRU1300 (Seydelmann KG)	12000	1950	200	38,8	8	1300
WMW1330 (Laska)	5000	1250	130	12,8	4	380
WMW1680 (Laska)	9100	2550	160	25	11	800
WMW2012 (Laska)	12000	2700	200	33	15	1200
MMG231 (MaDo)	4000	2700	130	21,2	4	500
MMG235 (MaDo)	6000	3000	160	48	11	1000
MMG243 (MaDo)	12000	3450	200	83	15	2000
IG W235 (Inotec GMBH)	5000	1600	160	49	4	500
Combo Grind 1500/250 (GEA)	15000	1900	250	55	8	1500
Mixgrinder PM3203 (Marel)	12000	2600	200	30	7,5	1000
Mixgrinder PM3205 (Marel)	14000	3500	250	45	15	1500

MEW 731 (MaDo)	3500	1400	160	26	1,1	350
MEW 732 (MaDo)	5000	2000	200	38	4,0	500
WW 160 (EKOMEX)	6000	1700	160	39,2	1,9	550

Результати розрахунків із абсолютними значеннями критеріїв пропускної енергоємності E_D та енерго-

ємності процесу перемішування E_V було зведено в таблицю 2.

Таблиця 2. Значення критеріїв E_D та E_V для вовчків-мішалок

Марка вовчка-мішалки (фірма виробник)	Позначення машини S	Пропускна енергоємність E_D , кВт/мм	Енергоємність процесу перемішування E_V , кВт/л
1	2	3	4
MW600 (Karl Schnell)	S1	0,1975	0,011
MW1000 (Karl Schnell)	S2	0,2875	0,0055
MRG1300 (Seydelmann KG)	S3	0,1925	0,006154
MRU1300 (Seydelmann KG)	S4	0,194	0,006154
WMW1330 (Laska)	S5	0,098462	0,010526
WMW1680 (Laska)	S6	0,15625	0,01375
WMW2012 (Laska)	S7	0,165	0,0125
1	2	3	4
MMG231 (MaDo)	S8	0,163077	0,008
MMG235 (MaDo)	S9	0,3	0,011
MMG243 (MaDo)	S10	0,415	0,0075
IG W235 (Inotec GMBH)	S11	0,30625	0,008
Combo Grind 1500/250 (GEA)	S12	0,22	0,005333
Mixgrinder PM3203 (Marel)	S13	0,15	0,0075
Mixgrinder PM3205 (Marel)	S14	0,18	0,01
MEW 731 (MaDo)	S15	0,1625	0,003143
MEW 732 (MaDo)	S16	0,19	0,008
WW 160 (EKOMEX)	S17	0,245	0,003455

Аналізуючи дані таблиці 2 слід зазначити, що значення пропускної енергоємності змінюється в межах від 0,098 до 0,415 кВт/мм, тоді як енергоємність процесу перемішуван-

ня змінюється в межах від 0,00314 до 0,01375 кВт/л.

Для реалізації методу Парето за двома критеріями, зручно привести графічне зображення варіантів на площині (рис. 9).

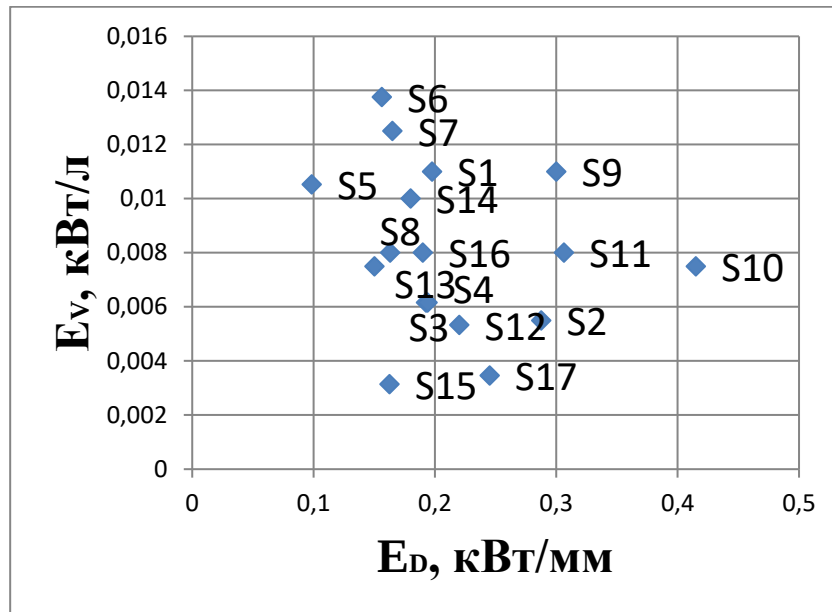


Рисунок 9. Графічне зображення альтернативних варіантів на площині (множині Парето)

Зменшити число альтернативних варіантів можна введенням обмежень на гранично допустимі значення критеріїв. Так, обмеживши максимальне значення критерію $E_D=0,25$ та $E_V=0,007$, можна звести задачу до

вибору одного з п'яти варіантів ($S_3, S_4, S_{12}, S_{17}, S_{15}$).

Результати розрахунків із абсолютними значеннями критеріїв, які були враховані при визначенні показника відстані до цілі, зведено в таблицю 3.

Таблиця 3. Значення критеріїв та показника відстані до цілі для вовчків-мішалок

Марка вовчка-мішалки (фірма виробник)	Загальна потужність приводу N , кВт	K_E , кВт·год/кг	K_M , кг/(кг/год)	Відстань до цілі, μ
MW600 (Karl Schnell)	48,3	0,00805	0,38333333	1,755808
MW1000 (Karl Schnell)	66,3	0,01105	0,45	2,542279
MRG1300 (Seydelmann KG)	38,8	0,006467	0,325	1,267646
MRU1300 (Seydelmann KG)	46,8	0,0039	0,1625	0,261823
WMW1330 (Laska)	16,8	0,00336	0,25	0,434386
WMW1680 (Laska)	36	0,003956	0,28021978	0,644232
WMW2012 (Laska)	48	0,004	0,225	0,478339
MMG231 (MaDo)	25,2	0,0063	0,675	2,340618
MMG235 (MaDo)	59	0,009833	0,5	2,466532
MMG243 (MaDo)	98	0,008167	0,2875	1,475656
IG W235 (Inotec GMBH)	53	0,0106	0,32	2,04546

Combo Grind 1500/250 (GEA)	63	0,0042	0,12666667	0,206295
Mixgrinder PM3203 (Marel)	37,5	0,003125	0,21666667	0,284031
Mixgrinder PM3205 (Marel)	60	0,004286	0,25	0,612123
MEW 731 (MaDo)	27,1	0,007743	0,4	1,749454
MEW 732 (MaDo)	42	0,0084	0,4	1,875626
WW 160 (EKOMEX)	41,1	0,00685	0,28333333	1,209701

Аналізуючи дані таблиці 3 слід зазначити, що значення коефіцієнта енергоємності K_E змінюється в межах від 0,0031 до 0,011 (кВт·год)/кг, тоді як коефіцієнт металоємності K_M змінюється в межах від 0,127 до 0,675 (кг·год)/кг. Найближчим до ідеалізованого варіанту виявився вовчок-мішалка марки Combo Grind 1500/250 фірми GEA (відстань до цілі 0,206). Дана машина має особливу конструкцію, що відрізняє її від інших «класичних» схем виконання вовчків-мішалок. У вовчку-мішалці Combo Grind 1500/250 відсутній шнек для примусового нагнітання сировини, а функцію робочого шнека виконують два гвинти, що мають зустрічне обертання та працюють за принципом дії шприца для наповнення ковбас. Перемішування сировини відбувається в бункері де знаходиться одновальний перемішувачий пристрій, різноспрямовані лопаті якого забезпечують як ефективне змішування сировини, так і її подачу до робочих гвинтів вовчка.

Висновки

Значення пропускнуєї енергоємності проаналізованих вовчків-мішалок змінюється в межах від

0,098 до 0,415 кВт/мм, тоді як енергоємність процесу перемішування змінюється в межах від 0,00314 до 0,01375 кВт/л.

Значення коефіцієнта енергоємності проаналізованих вовчків-мішалок змінюється в межах від 0,0031 до 0,011 (кВт·год)/кг, тоді як коефіцієнт металоємності змінюється в межах від 0,127 до 0,675 (кг·год)/кг.

Вищенаведені отримані дані можна використовувати при проектних розрахунках аналогічного обладнання.

Аналізуючи дані, отримані щодо комплексної оцінки показників технічної досконалості порівнювальних вовчків-мішалок, можна констатувати, що найближчим до ідеалізованого варіанту є вовчок-мішалка марки Combo Grind 1500/250 фірми GEA (відстань до цілі 0,206).

В перспективі подальші дослідження будуть присвячені багатокритеріальному аналізу та вибору раціональних варіантів комбінованих вовчків-дробарок.

Подяки

Немає

Конфлікт інтересів

Немає

References:

Bal-Prylypko, L.V., Nikolayenko, M.S., Cherednichenko, O.O., Danylenko, S.G., Stepasiuk, L.M., &

Nazarenko, M.V. (2022). Actual problems of the meat processing industry and practical approaches to improving the recipes of sausage

products. *Food Resources*, 10(19), 26-37.

<https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-03>.

Gevko, I.B., Lyashuk, O.L., Lutsykyv, I.V., Plekan, U.M., Klendiy, V.M. (2021). *Technical and economic substantiation of engineering solutions at service stations and ATP*. Ternopil: Ivan Pulyuy TNTU.

Gunko, I.V., Galushchak, O.O., & Kravets, S.M. (2019). *Analysis of technological systems. Justification of engineering solutions*. Vinnytsia: VNAU.

Industrial catalog of EKOMEX [Electronic resource]. - Germany. (2023). – Access mode: <https://ekomex.com.pl>

Industrial catalog of GEA Convenience-Food Technologies [Electronic resource]. - The Netherlands. (2023). – Access mode: <https://www.gea.com>

Industrial catalog of Inotec GMBH [Electronic resource]. - Germany. (2023). – Access mode: <https://www.handtmann.de>

Industrial catalog of Karl Schnell GmbH & CO. KG [Electronic resource]. - Germany. (2023). – Access mode: <https://www.karlschnell.de>

Industrial catalog of MADO GmbH [Electronic resource]. - Germany. (2023). – Access mode: <https://www.mado.de>

Industrial catalog of Marel [Electronic resource]. Iceland. (2023). – Access mode: <https://marel.com>

Industrial catalog of Maschinenfabrik Laska GmbH [Electronic resource]. - Austria. (2023). – Access mode: <https://www.laska.at>

Industrial catalog of Maschinenfabrik Seydelmann KG [Electronic resource]. - Germany. (2023). – Access mode: <https://www.seydelmann.com>

Kovalenko, O., & Lysenko, G. (2018). Demand for meat and its consumption in the regions of Ukraine and in the world: current trends. *Food Resources*, 6(10), 131–141. <https://doi.org/10.31073/foodresources2018-10-15>.

Kryvoplias-Volodina, L., Gavva, O., & Derenivska, A. (2018). Optimization of the synthesis of packing machines by the efficiency criteria. *Scientific Works of NUFT*, 24(5), 115-123. DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-5-15.

Nekoz, O.I., & Batrachenko, O.V. (2014). *Designing meat-cutting wolves*. Cherkasy: ChDTU.

Vasylkov, V., Chepeliuk, O., & Chepeliuk, O. (2019). The multicriteria choice of burger forming machine. *Scientific Works of NUFT*, 25(1), 104-115. DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-1-12.

Vlasenko, I.G., & Semko, T.V. (2021). Meat processing industry of Ukraine: trends and prospects. *Goods and markets*, 4, 16-25. [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021\(4\)002](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021(4)002).

Отримано в редакцію 10.11.2023 р., прийнято до публікації 13.12.2023 р.