

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ РОЗРОБКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 642.7327:621.927

Заплетніков І.М., д-р техн. наук, проф., Пільненко А.К.,
Топольник В.Г., д-р техн. наук, проф. (ДонНУЕТ, Донецьк)

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ТА ЯКОСТІ МАШИН ДЛЯ НАРІЗАННЯ ГАСТРОНОМІЇ

У статті наведено результати оцінки одиничних і комплексних показників якості машин для нарізання гастрономічних продуктів.

Ключові слова: технічний рівень, одиничний, комплексний показник якості, машина для нарізання гастрономії.

Постановка проблеми і її зв'язок із найважливішими науковими та практичними завданнями. У закладах ресторанного господарства значне місце в технологічному процесі механічної обробки харчових продуктів займає подрібнення продуктів способом різання.

Найбільш поширені на ринку України конструкції машин для різання гастрономії, що складаються з обертового дискового ножа, опорного стола, механізму подачі та регулювання товщини різання. Для підвищення продуктивності в машинах збільшують діаметр дискового ножа, швидкість подачі, максимальну площу різання. У великій кількості використовують слайсери з прямолінійною подачею завантажувального лотка. Слайсери забезпечують найтоншу нарізку всіх видів продуктів, дозволяють точно і без значних зусиль нарізати будь-які продукти – від ковбас до твердих сирів. Слайсери використовуються в супермаркетах, на підприємствах ресторанного господарства, а також на підприємствах, які фасують м'ясу, сирну та рибну продукцію.

В Україні застосовують слайсери від таких виробників: Італія – серії Fama, Sirman, RGV, Beckers, Mirra, Lusso, Lady, Dolly, Kelly, GPE і GM; КНР – серії Gastrotop, EWT INOX, ER; Німеччина – серії Bartscher, Kuechenbach. Також для нарізання використовують машини МРГ-300А, МРГУ-370.

Слайсери мають однаковий принцип пристрій. Різниця може бути в діаметрі ножа, товщині нарізки, потужності електродвигуна, способі подачі, куті нахилу зрізу продукту, формі заточування дискового ножа, наявності вбудов-

ваного заточувального пристрою, термічного блокіратора автоматики, примусового охолодження, хромуванні леза.

Сучасний розвиток техніки і виробництва ставить все вимоги, що постійно зростають, до продуктивності різальних машин, їх економічності й якості роботи.

Ефективність різання досягається встановленням раціональних режимів, які враховують всі значущі фактори.

Крім загальних вимог, що висуваються до машин (надійність, безвідмовність та ін.), є деякі специфічні вимоги, які стосуються властивостей оброблюваних продуктів і характеру процесу. Головні з них можна сформулювати таким чином: максимальна продуктивність; забезпечення високої якості продукції; висока зносостійкість; простота експлуатації; мінімальні енергетичні витрати; можливість швидкої санітарної обробки; універсальність; мінімальні габарити і маса. Відповідність цим вимогам сприяє інтенсифікації процесу різання.

У машинобудуванні найбільше застосовується диференціація показників технічного рівня і якості обладнання за техніко-економічними властивостями, оскільки більшість цих властивостей піддається вимірюванню [1].

Немає кількісних показників, які б дозволили одержувати інформацію про рівень якості продукції або процесів з урахуванням комплексу характеристик порівняно з продукцією і процесами підприємств-конкурентів.

Ураховуючи різноманіття машин для нарізання гастрономії, доцільно оцінити технічний рівень і якість.

Метою статті є обґрунтування та визначення одиничних і комплексних показників якості машин для нарізання гастрономічних продуктів для виявлення найбільш конкурентоспроможних.

Виклад основного матеріалу досліджень. Техніко-економічні властивості обумовлені комплексом груп, а в цих групах виокремлені різного ступеня складності властивості, які вже можна представити у вигляді сукупності простих (елементарних) властивостей.

Номенклатура показників технічного рівня і якості продукції машинобудування в загальному випадку охоплює більше 50 найменувань. Оцінка рівня виробів за такою великою кількістю показників недоцільна, оскільки вагомість кожного з них буде невелика і вплив його на технічний рівень незначний [1]. Тому для машин, що досліджуються, обираємо три групи показників: призначення, надійності та економічного використання, які охоплюють 14 показників – таблиця 1.

За рекомендаціями ГОСТу 4.359-85 [2], для оцінки якості обладнання підприємств ресторанного господарства найважливішими є техніко-економічні показники (питомі значення масових, габаритних і енергетичних характеристик машини). Тому показники призначення й економічного використання мають найбільший коефіцієнт вагомості.

Таким чином, показники утворюють своєрідну ієрархічну систему, за допомогою якої визначається комплексний показник технічного рівня та якості обладнання.

Таблиця 1 – Номенклатура та коефіцієнти вагомості показників технічного рівня і якості машин для нарізання гастрономії

Показники якості	Коефіцієнти вагомості показників	
	одиничних, m_{ij}	групових, M_j
Показники призначення		0,4
Продуктивність, кг/год (різ/хв)	0,25	
Максимальна площа різання продукту, м ²	0,15	
Номінальна потужність, кВт	0,15	
Маса, кг	0,1	
Займана площа, м ²	0,1	
Діаметр дискового ножа, м	0,1	
Кількість видів нарізання, шт	0,15	
Показники надійності		0,2
Час безвідмовної роботи в год, год	0,7	
Зносостійкість різального інструмента машини, год	0,3	
Показники економічного використання		0,4
Питома маса машини, кг/(кг/год)	0,1	
Питоме споживання електроенергії, (кВт·год)/(кг/год)	0,25	
Питома займана площа, м ² /(кг/год)	0,2	
Енергопродуктивність, (кг/кДж)	0,25	
Продуктивність, (кг/год)/(кВт·кг·м ²)	0,2	

З урахуванням нормативно-технічної документації були розраховані такі показники якості обладнання як питомі технічні параметри, що розраховані на одиницю головного технічного параметра – продуктивності:

а) питома маса:

$$M_n = m/G, [\text{кг} / (\text{кг}/\text{год})],$$

де m – маса обладнання, кг;

б) питома номінальна потужність:

$$N_n = N_{ном}/G, [\text{Вт} / (\text{кг}/\text{год})],$$

де $N_{ном}$ – номінальна потужність електродвигуна, Вт;
 G – продуктивність, кг/год.

в) питома займана площа:

$$F_n = L \cdot B/G, [\text{м}^2/(\text{кг/год})],$$

де L – довжина обладнання, м;
 B – ширина обладнання, м;

г) енергопродуктивність:

$$\Pi_n = G/N_{ном}, [(\text{кг/кДж})];$$

г) показник ефективності використання обладнання для нарізання гастрономічних продуктів визначається як кількість виробленої продукції на одиницю витраченої енергії, маси металу і займаної площі:

$$\Pi_{вик} = G/(N_{ном} \cdot m \cdot F), [(\text{кг/год})/(\text{кВт} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}^2)].$$

Для співставлення показників якості машин для нарізання гастрономії з показниками якості базового зразка застосовували лінійну залежність:

$$K_i = \left(\frac{P_i}{P_i^{баз}} \right)^z, \quad (1)$$

де P_i – значення i -го показника якості об'єкта дослідження;

$P_i^{баз}$ – значення i -го показника якості базового зразка;

z – показник, залежний від зв'язку між зміною показника і якістю продукції ($z = +1$, якщо з підвищенням значення показника рівень якості підвищується, $z = -1$, якщо з підвищенням значення показника рівень якості знижується).

Математична модель комплексного показника як середньозваженої арифметичної величини має вигляд [1]:

$$K_O = \sum_{j=1}^t M_j \times \sum_{i=1}^{n_j} m_{ij} \times K_{ij}, \quad (2)$$

де t – кількість груп показників якості обладнання;

M_j – коефіцієнт вагомості j -ої групи показників якості обладнання;

n_j – кількість одиничних показників якості, що входять в j -ту групу;

m_{ij} – коефіцієнт вагомості i -го показника j -ої групи (таблиця 1);

K_{ij} – відносне значення (оцінка) i -го показника якості, що входить в j -ту групу.

У таблиці 2 наведені масогабаритні та енергетичні показники якості обладнання для нарізання гастрономічних продуктів.

Параметричний ряд машин представлений машинами, що мають продуктивність від 400 до 2500 кг/год. Як свідчать дані, корисна площа цеху, що припадає на одиницю виробленої продукції, змінюється від $0,16 \cdot 10^{-3}$ для GM 300 LT, Dolly 350 до $1,14 \cdot 10^{-3}$ м²/(кг/год) для МРУ-370; витрати енергії на різання 1 кг продукту становлять у середньому 0,36 Вт·год; ефективність експлуатації, виражена через продуктивність, становить у середньому 14,0, причому найбільш висока продуктивність машини на одиницю витрачених енергетичних, матеріальних і габаритних ресурсів встановлена для слайсерів GPE 250, Beckers ES 250 (відповідно 27,87 і 27,42), найнижча – для МРГУ-370 (2,19). З наведених даних видно, що питома маса змінюється в діапазоні значень 0,11...0,183 кг/(кг/год), питома потужність – 160...635 Вт·год/(кг/год), питома продуктивність – 1,58...6,25 (кг/год)/Вт.

У результаті попереднього аналізу показників якості була виявлена, на наш погляд, найбільш прогресивна машина Kelly Gravita 370 (Італія) і обрана за базовий зразок.

Таблиця 2 – Масогабаритні й енергетичні показники якості машин для нарізання гастрономії

Машини для нарізання гастрономії	Питома маса машини, кг/(кг/год)	Питоме споживання електроенергії (Вт·год)/(кг/год)	Питома займана площа, м ² /(кг/год)	Продуктивність (кг/год)/ (кВт·кг·м ²)	Енергопродуктивність (кг/кДж)	Продуктивність кг/год	Максимальна площа різання продукту, м ²
1	2	3	4	5	6	7	8
МРГ-300А	0,038	0,308	0,00021	10,46	3,24	1200	0,0300
МРГУ-370	0,183	0,635	0,00114	2,19	1,58	630	0,0320
Family 250	0,030	0,560	0,00043	8,38	1,79	500	0,0225
Stelina 220	0,020	0,200	0,00045	14,88	5,00	750	0,0336
Argenta 280	0,030	0,380	0,00043	12,34	2,63	500	0,0225
Prima 300	0,025	0,383	0,00036	12,01	2,61	600	0,0225
Start 300	0,011	0,164	0,00018	24,84	6,09	1400	0,0528
ER 300	0,050	0,521	0,00051	7,87	1,92	480	0,0225
GPE 250	0,021	0,217	0,00028	27,87	4,62	600	0,0225
GL 250	0,018	0,353	0,00023	14,70	2,83	850	0,0380
GM 300 GLT	0,015	0,269	0,00016	18,38	3,71	1300	0,0775
GLT 300	0,025	0,583	0,00034	8,48	1,71	600	0,0225
Beckers ES 250	0,017	0,209	0,00020	27,42	4,78	860	0,0320
Topaz 275	0,045	0,500	0,00054	9,29	2,00	400	0,0180
<i>Kelly Gravita 370</i>	<i>0,022</i>	<i>0,160</i>	<i>0,00018</i>	<i>13,94</i>	<i>6,25</i>	<i>2500</i>	<i>0,0848</i>
Dolly automatic 350	0,035	0,258	0,00016	15,73	3,88	1550	0,0481

Продовження таблиці 2

Машини для нарізання гастрономії	Номінальна потужність, Вт	Маса, кг	Займана площа, м ²	Діаметр дискового ножа, м	Кількість видів нарізки, шт	Час безвідмовної роботи в годину, год	Зносостійкість різального інструмента машини, год
1	9	10	11	12	13	14	15
МРГ-300А	370	45	0,31	0,30	6	950,48	807,90
МРГУ-370	400	115	0,72	0,37	4,5	950,48	855,43
Family 250	280	15	0,21	0,25	1,5	500,25	400,20
Stelina 220	150	15	0,34	0,22	1,5	500,25	375,19
Argenta 280	190	15	0,21	0,28	1,5	500,25	425,21
Prima 300	230	15	0,22	0,30	1,5	500,25	425,21
Start 300	230	15	0,25	0,30	3	500,25	425,21
ER 300	250	24	0,24	0,30	3	500,25	425,21
GPE 250	130	12,5	0,17	0,25	1,5	500,25	400,20
GL 250	300	15	0,19	0,25	1,5	500,25	400,20
GM 300 GLT	350	19	0,20	0,30	1,5	500,25	425,21
GLT 300	350	15	0,20	0,30	3	500,25	425,21
Beckers ES 250	180	15	0,17	0,25	1,5	500,25	400,20
Topaz 275	200	18	0,22	0,28	1,5	500,25	425,21
<i>Kelly Gravita 370</i>	<i>400</i>	<i>55</i>	<i>0,45</i>	<i>0,37</i>	<i>3,5</i>	<i>500,25</i>	<i>450,23</i>
Dolly automatic 350	400	55	0,25	0,35	3	500,25	450,23

У таблиці 3 наведено оцінку одиничних показників якості машин для нарізання гастрономічних продуктів як результат співставлення з базовим зразком. Комплексна оцінка основних технічних властивостей розрахована за формулою (2) з коефіцієнтами вагомості, поданими в таблиці 1.

За групою показників економічного використання найбільші значення мають Start 300 – 1,25, Beckers ES 250 – 1,08, які перевищили значення базового зразка. Машина МРГ-300А перебуває на третьому місці з показником групи 0,61. Показники групи призначення свідчать, що базова машина Kelly Gravita 370 має максимальні призначення. Машини МРГ-370, МРГ-300А та Dolly automatic мають досить максимальні значення показників призначення (відповідно 0,93, 0,80, 0,77).

За груповими оцінками надійності машини МРГ-370, МРГ-300А мають найвищі значення – 1,9 і 1,87, більше ніж базовий слайсер Kelly Gravita 370. Комплексний показник якості машини МРГ-300А дорівнює 0,94 (в основному через високу продуктивність 10,46, велику кількість видів нарізання, найбільший час безвідмовної роботи та зносостійкість різального інструмента машини).

Отримані дані дають інформацію про рівень якості машин і процесів з урахуванням комплексу характеристик порівняно з продукцією підприємств-конкурентів. Комплексна оцінка машин нижче групової оцінки їх технічних показників, крім машин МРГ-300А, Family 250, ER 300, GLT 300, Topaz 275.

Аналіз даних свідчить, що питомі масогабаритні й енергетичні показники якості обладнання для нарізання гастрономічних товарів поліпшуються зі збільшенням продуктивності обладнання.

Таблиця 3 – Оцінки якості машин для нарізання гастрономічних продуктів

Показники якості	МРГ-300А	МРГУ-370	Family 250	Stelina 220	Argenta 280	Prima 300	Start 300	ER 300
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Група показників економного використання								
Питома маса машини, кг/(кг/год)	0,587	0,121	0,733	1,100	0,733	0,880	2,053	0,440
Питоме споживання електроенергії (Вт·год)/(кг/год)	0,519	0,252	0,286	0,800	0,421	0,417	0,974	0,307
Питома займана площа, м ² /(кг/год)	0,694	0,157	0,420	0,400	0,421	0,495	1,025	0,353
Продуктивність (кг/год)/(кВт·кг·м ²)	0,75	0,16	0,60	1,07	0,89	0,86	1,78	0,56
Енергопродуктивність (кг/кДж)	0,519	0,252	0,286	0,800	0,421	0,417	0,974	0,307
Група показників призначення	0,80	0,93	0,40	0,42	0,38	0,41	0,61	0,49
Продуктивність, кг/год	0,48	0,25	0,20	0,30	0,20	0,24	0,56	0,19
Максимальна площа різання продукту, м ²	0,35	0,38	0,27	0,40	0,27	0,27	0,62	0,27
Номінальна потужність, Вт	0,93	1,00	0,70	0,38	0,48	0,58	0,58	0,63
Маса, кг	0,82	2,09	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,44
Займана площа, м ²	0,69	1,61	0,48	0,75	0,48	0,48	0,55	0,54
Діаметр дискового ножа, м	0,81	1,00	0,68	0,59	0,76	0,81	0,81	0,81
Кількість видів нарізання, шт	1,71	1,29	0,43	0,43	0,43	0,43	0,86	0,86
Група показників надійності	1,87	1,90	0,97	0,95	0,98	0,98	0,98	0,98
Час безвідмовної роботи, год	1,90	1,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Зносостійкість різального інструмента машини, год	1,79	1,90	0,89	0,83	0,94	0,94	0,94	0,94
Комплексна оцінка якості (технічний рівень)	0,94	0,83	0,52	0,68	0,57	0,59	0,94	0,54

Продовження таблиці 3

Показники якості	GPE 250	GL 250	GM 300 GLT	GLT 300	Beckers ES 250	Topaz 275	Kelly Gravita 370	Dolly automatica 350
1	10	11	12	13	14	15	16	17
Група показників економного використання	0,84	0,72	0,94	0,45	1,08	0,41	1,00	0,82
Питома маса машини, кг/(кг/год)	0,880	1,247	1,505	0,880	1,261	0,489	1,000	0,620
Питоме споживання електроенергії (Вт·год)/(кг/год)	0,615	0,453	0,594	0,274	0,764	0,320	1,000	0,620
Питома займана площа, м ² /(кг/год)	0,541	0,791	1,154	0,532	0,885	0,333	1,000	1,128
Продуктивність (кг/год)/(кВт·кг·м ²)	1,67	1,05	1,32	0,61	1,97	0,67	1,00	1,13
Енергопродуктивність (кг/год)/Вт	0,615	0,453	0,594	0,274	0,764	0,320	1,000	0,620
Група показників призначення	0,33	0,47	0,62	0,51	0,41	0,37	1,00	0,77
Продуктивність, кг/год	0,20	0,34	0,52	0,24	0,34	0,16	1,00	0,62
Максимальна площа різання продукту, м ²	0,27	0,45	0,91	0,27	0,38	0,21	1,00	0,57
Номинальна потужність, Вт	0,33	0,75	0,88	0,88	0,45	0,50	1,00	1,00
Маса, кг	0,23	0,27	0,35	0,27	0,27	0,33	1,00	1,00
Займана площа, м ²	0,37	0,43	0,45	0,45	0,39	0,48	1,00	0,55
Діаметр дискового ножа, м	0,68	0,68	0,81	0,81	0,68	0,74	1,00	0,95
Кількість видів нарізання, шт	0,43	0,43	0,43	0,86	0,43	0,43	1,00	0,86
Група показників надійності	0,97	0,97	0,98	0,98	0,97	0,98	1,00	1,00
Час безвідмовної роботи, год	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Зносостійкість різального інструмента машини, год	0,89	0,89	0,94	0,94	0,89	0,94	1,00	1,00
Комплексна оцінка якості (технічний рівень)	0,66	0,67	0,82	0,58	0,79	0,51	1,00	0,84

Слід зазначити, що технічна характеристика не містить важливу для користувача інформацію про параметри, пов'язані з ефективністю та якістю нарізання продуктів.

Для більш наочного уявлення на рисунку 1 наведена гістограма групових і комплексної оцінок якості машин для нарізання гастрономічних продуктів.

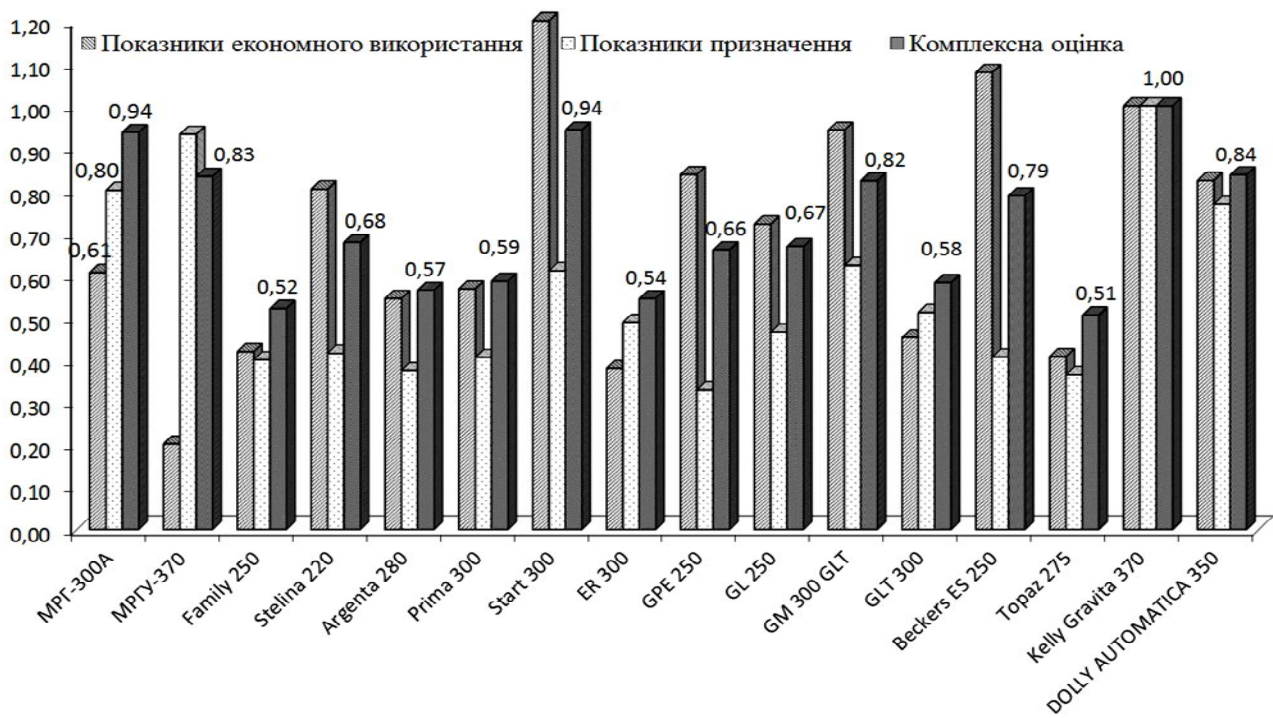


Рисунок 1 – Оцінка якості машин для нарізання гастрономічних продуктів

Відомо, що на якість роботи впливають геометричні параметри різально-го інструмента, кут різання, кінематичні параметри різання і подачі. Усі ці параметри повинні відобразитися в технічній характеристиці, що дозволить споживачеві більш обґрунтовано вибирати обладнання не тільки високого технічного рівня, але і яке забезпечить високу якість кінцевого продукту.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Основними показниками якості роботи машин для нарізування гастрономії слід вважати масу одnorазового завантаження, максимальну площу зрізу, швидкість подачі і різання, час обробки, кількість видів нарізання, час безвідмовної роботи, зносостійкість різального інструмента, відсоток відходів, енергопродуктивність. Отримані комплексні показники якості характеризують технічний рівень машин та конкурентоспроможність. Найвищі показники якості мають машини MPG-300A, Start 300, Dolly automatic 350 і GM 300 GLT.

Аналіз технічних характеристик машин, що випускаються машинобудівними підприємствами, свідчить про те, що параметрів, які характеризують якість отриманого продукту, немає.

Отримані результати можуть бути використані під час вибору обладнання для оснащення підприємств ресторанного господарства та за умови вирішення питань виробництва конкурентоспроможного технологічного обладнання.

Список літератури

1. Топольник В.Г. Технический уровень и сертификация оборудования пищевых производств: учеб. пособие / В.Г. Топольник. – Донецк: ДонГУЭТ, 2003. – 208 с.
2. Система показателей качества продукции. Оборудование для предприятий торговли и общественного питания. Номенклатура показателей: ГОСТ 4.359-85.