

Переробка та зберігання сільськогосподарської продукції  
Processing and storage of agricultural products

УДК 631.362:631.53.01/02:635.1/8

[https://doi.org/10.37700/enm.2021.1\(19\).48](https://doi.org/10.37700/enm.2021.1(19).48) - 56Основи аналізу і оптимізації лінії  
для отримання насіння овочеваштанних культур

А.С. Пастушенко

*Миколаївський національний аграрний університет (м. Миколаїв, Україна),  
email: pastushenkoandrey1987@gmail.com; ORCID: 0000-0003-2540-3677*

У статті наведено результати аналізу тенденцій зміни моделей і типів використовуваного обладнання для виділення насіння різних обсягів виробництва овочеваштанних культур у південному регіоні держави. Наголошено, що діючий в Україні парк обладнання для отримання насіння овочеваштанних культур має енергетичну недосконалість і помітні обсяги травмування та втрат кондиційного насіння що спостерігаються в процесі його виділення. Відсутні адаптовані до систем комплексної механізації отримання насіння овочевих і баштанних культур методики їхнього аналізу, синтезу і оптимізації.

Серед методів аналізу і оптимізації технічних систем особливу увагу заслуговує метод що базується на теорії графів, тому при вирішенні оптимізаційної задачі пропонується звертатися до теоретико-графових побудов системи, ексерго-топологічних моделей і ексерго-економічної оптимізації. Запропонована методика аналізу й оптимізації технічних систем комплексної механізації отримання насіння овочевих і баштанних культур з використанням методів теорії графів. Побудовані інформаційні і потокові графи, а також матриці інцидентів, для експериментального зразка потокової лінії по переробці насіннєвих плодів та отримання насіння овочеваштанних культур. Для кращого розуміння процесу функціонування структурно-технологічної схеми лінії з експериментальним сепаратором, у роботі побудовано параметричний і ексергетичний потокові графи і матриці інцидентів за яким визначають шукані параметри в кожній вузловій точці схеми системи. Варіюючи схемні рішення та/або різні варіанти компоновки елементів системи, структурні елементи і відстані між ними, можна визначити для досліджуваної технологічної лінії оптимальний варіант за обраним наперед критерієм оптимізації.

Запропонований алгоритм оптимізації системи, який встановлює порядок розрахунку математичних моделей, окремих її елементів. В якості критерію ефективності може бути прийнята економічна, енергетична, технологічна, або інша характеристика системи.

**Ключові слова:** *аналіз, оптимізація, насіння овочеваштанних культур, граф, матриця інцидентів.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** Проблема забезпечення населення в необхідних обсягах продукцією овочевих та баштанних культур, які є джерелом здоров'я, в наш час набуває все більшого значення. Виробництво власного насіннєвого матеріалу овочеваштанних культур для сільськогосподарських підприємств і фермерських господарств, що спеціалізуються на вирощуванні овочевої та баштанної сільськогосподарської продукції, є економічно обґрунтованим через високу закупівельну ціну на насіння цих культур. В Україні виникла об'єктивна необхідність повернення втраченого за останні роки іміджу однієї з провідних країн щодо виробництва та споживання

овочеваштанної продукції безпосередньо пов'язаної з рівнем тривалості життя і працездатності населення. Разом з тим, однією з головних проблем виробництва цих культур, є процес отримання кондиційного насіння з огляду на значні витрати енергії, людської праці і часу. Існуючий парк машин для відокремлення насіння овочеваштанних культур, спрямований на підвищення ефективності цієї роботи, потребує розвитку і вдосконалення, що є важливим і перспективним але недостатньо вивченим питанням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Успішний процес євроінтеграції України в світове економічне співтовариство не можливий без координації зусиль з виробництва вітамінної продукції овочевих і баштанних культур. Науково-вироб-

ничий потенціал України у цьому аспекті досить значний, адже за оцінками фахівців аграрного ринку Агентства США з міжнародного розвитку USAID, обсяг овочевого сегменту навіть перевищує зерновий [1]. За даними Держкомстату, як і 100 років тому, середньостатистичний українець продовжує, вирощувати та вживати 12 основних овочевих і баштанних культур, серед яких наявні огірок і диня. Річне споживання овочів і баштанних продовольчих культур українцями з 2000 року, коли воно складало 101,7 кг/одну особу за рік, суттєво зростає, і за 2019 рік сягнуло найбільшої позначки у 164,7 кг/одну особу за рік [2].

Переважна більшість обсягів виробництва овочевобаштанних культур сконцентрована у південному регіоні держави – Херсонській, Одеській, Миколаївській, Запорізькій областях.

**Таблиця 1.** Зведені усереднені статистичні показники по Україні для дині і огірка за 2017-2019 роки

Культура	Рік	Площа посівів, тис. га	Валовий збір, тис. т.	Урожайність, ц/га	Норма насіння, кг/га	Потреба у насінниках, тис. ц.	Потреба у насінні, кг	Площа під насінниками, га
Огірки	2017	50,4	896,3	176,9	3,0	63,01	151200	356,2
	2018	49,5	985,1	197,5	3,0	61,87	148500	313,3
	2019	52,1	1034,2	197,5	3,0	65,12	156300	329,7
Дині	2017	18,2	83,1	45,4	4,0	76,63	72800	1687,9
	2018	17,7	102,7	57,9	4,0	74,53	70800	1287,2
	2019	17,7	114,3	64,8	4,0	74,53	70800	1150,1

Технологічний процес виділення і доробки насіння овочевобаштанних культур на спеціалізованому обладнанні складається з ряду послідовних операцій, під час виконання яких робочі органи машини впливають на насінники і на насіння. При цьому до робочих органів машини ставляться вимоги: зміна у визначеному напрямі первинного стану насінневих плодів і отримання насінневого матеріалу на завершальному етапі процесу, яке відповідає встановленим показникам якості [4]. Як правило, в Україні використовуються три структурні схеми проходження технологічного процесу отримання насіння огірка і дині, залежно від виробничого спрямування підприємства [5]. Для отримання насіння спеціалізованими господарствами України, як правило, використовується технологічне забезпечення, що було розроблено у 80-х роках минулого століття [6].

Для розв'язання завдання переробки насінневих плодів баштанних культур в спеціалізованих насінницьких підприємствах знайшли застосування поточкові лінії ЛСБ-20 і ЛСБ-30 Миколаївського філіалу ДСКБ по машинам для овочівництва [7]. У лінії ЛСБ-20 встановлений робочий орган грохотного типу і вона дозволяла виконувати наступні технологічні операції: приймання плодів; виділення з них насіння; протирання; відділення від насіння слизової оболонки шляхом барботації; відмивання і сушіння насіння; збір відходів.

За даними Державної служби статистики України, наведеними у табл. 1 [3] можна відзначити, що в Україні наявна позитивна тенденція щодо зростання обсягів виробництва овочевобаштанних культур, в тому числі огірків та дині, що збільшує потребу у їх кондиційному насінні. Так щорічна кількість необхідного насіння цих двох культур за 2017-2019 роки склала 70,8...72,8 тонни для дині та 148,5...156,3 тонни для огірка.

У даний час спостерігається загальна тенденція розширення технологій сільськогосподарського виробництва і у зв'язку з цим - зміна моделей і типів використовуваного обладнання. Нові машини та їх комплекси повинні перевершувати існуючі за своїми функціональними і техніко-економічними показниками. Ця вимога стосується не тільки об'єктів в цілому, але і їх окремих, в першу чергу найбільш відповідальних, структурних елементів.

Проведені дослідження показують, що не все технологічне обладнання таких ліній дозволяє отримати насіння яке відповідає агротехнічним вимогам діючих стандартів за чистотою та втратами. На основі теоретичних і експериментальних досліджень науковців кафедри агроінженерії Миколаївського НАУ були розроблені конструкції: двохgroхотного решітного сепаратора, верхнє решето якого працює в режимі інерційного сепаратора, а нижнє в режимі вібросепаратора і машини яка реалізовує давильний спосіб руйнування плодів огірка і дині, одночасно із процесом примусової сепарації насіння [8,9].

Виробничу перевірку цих машини було проведено: першої, в господарстві «Чорноморський» Очаківського району Миколаївської області; другої, у складі технологічної лінії для отримання насіння огірка і дині на базі консервного заводу фермерського господарства «Владам» Жовтневого району Миколаївської області, які мали у своєму розпорядженні і поточкову лінію ЛСБ-20. Позитивний ефект від застосування цих машини для отримання насіння огірка і дині є складовою частиною ефекту від експлуатації лінії для виділення насіння овочевобаштанних культур.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття.** При виділенні насіння за відомими технологічними схемами відбувається його втрата разом з технологічною масою насінників, що

складається з м'якоти, шкірки, мезги, слизових включень і т.д., які видаляються у відходи. Обсяги втрат кондиційного насіння залежно від обраних технічних засобів і технологічного ланцюжка послідовних операцій у складі лінії становлять до 20% від його кількості в насінневих плодах. З метою їх зменшення доцільно застосувати нові енергоефективні рішення.

На сьогодні рівень механізації галузі насінництва овочеваштанних культур в Україні не задовольняє вимоги сучасного агропромислового виробництва, однією з основних причин чого є недостатність узагальнюючих теоретичних і експериментальних досліджень процесів виділення і доробки насіння. Цей стан справ, у свою чергу, не міг не позначитися на розробці відповідних сільськогосподарських машин, обладнання і технологій. Відсутні адаптовані до систем комплексної механізації отримання насіння овочевих і баштанних культур методи їхнього аналізу, синтезу і оптимізації, тому вирішення вказаних задач є актуальним. Серед методів оптимізації технічних систем особливу увагу заслуговує метод, що базується на теорії графів [10, 11]. Тому при вирішенні оптимізаційної задачі ми будемо звертатися до теоретико-графових побудов даної системи, ексерго-топологічних моделей і ексерго-економічної оптимізації, які ґрунтуються на теорії графів.

**Таблиця 2.** Порівняльні показники продуктивності і якості виконання технологічного процесу

Показник	Серійний сепаратор в лінії ЛСБ-20		Експериментальний сепаратор			
	Огірок	Кавун	В лінії ЛСБ-20		С машиною МОС-300	
Культура	Огірок	Кавун	Огірок	Кавун	Огірок	Кавун
Продуктивність за 1 годину основного часу, т	8,40	21,24	9,80	27,2	-	-
Втрати насіння, в тому числі поверненні, %	6,70 6,70	6,01 6,01	5,02 5,02	6,15 6,15	3,87 3,87	5,52 5,52
Вміст суміші в кінцевому продукті, %	12,8	12,7	11,2	7,2	2,3	3,7
Травмування насіння, %	4,4	-	4,1	-	3,5	-

Це обумовлено тим, що в цьому випадку очищення насіння, його відділення від домішок відбувається в два етапи: на першому – в режимі інерційного сепарування; на другому – в режимі гідросепарації.

Виконані експериментальні дослідження довели доцільність використання кулачкових подрібнюючих вальців і додаткового гідравлічного очищення насіння. Для всіх видів культур чистота насіння після гідросепарації була не нижче за 95%, а травмування не перевищує 5%. Вміст домішок в кінцевому продукті становив 3,7...2,3%.

Аналітичним дослідженням процесів виділення насіння овочеваштанних культур і сепарації сільськогосподарської продукції присвячений ряд праць [12-15]. В основу аналізу роботи покладено метод поетапного інтегрування який наведено в [12].

**Формулювання мети статті (постановка завдання).** Теоретично дослідити адаптацію методу аналізу, синтезу і оптимізації структурних елементів сільськогосподарського обладнання з використанням методів теорії графів для виділення насіння овочеваштанних культур, з метою підвищення ефективності його роботи, на прикладі двохгрозотного решітного сепаратора.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Випробовувана система складалася з протирщика мезги, машини для виділення насіння і шліфувальника насіння. Додаткове очищення насіння від слизових включень та інших забруднюючих часток здійснювалося за допомогою гідросепаратора відцентрового типу МОС-300, який реалізовує гідравлічний спосіб сепарації. Проведеними випробуваннями було доведено, що показники продуктивності і якості виконання технологічного процесу як серійного, так і експериментального сепараторів знаходяться в межах агротехнічних вимог.

Порівняння показників продуктивності і якості виконання технологічного процесу (втрати, травмування, засміченість) виявило переваги дослідного зразка лінії з машиною МОС-300 (табл. 2).

Середня швидкість частки в робочій зоні інерційного сепаратора насіння овочеваштанних культур визначається за допомогою залежності [15]

$$U_{cp} = A\omega \cos \beta \cos \varepsilon \times \left[ \frac{2}{\pi} tg \beta \left( tg \varepsilon - \varepsilon + \frac{\pi}{2} \right) - 1 \right] \sqrt{1 - \left( \frac{\varepsilon Z}{\sin \varepsilon} \right)} \quad (1)$$

Середня швидкість частки на решеті вібросепаратора

$$U_{cp} = A\omega \left( \cos \beta - \frac{2 - \lambda}{\lambda} \sin \beta tg \alpha \right), \quad (2)$$

де  $A$  - амплітуда коливань решета (грохоту);  $\omega$  - кутова швидкість збудника коливань;  $\beta$  - кут на прямою коливань;  $\alpha$  - кут нахилу грохоту до горизонту;  $\lambda$  - коефіцієнт миттєвого тертя, який дорівнює коефіцієнту тертя ковзання;  $t$  - час;

$$\varepsilon = \pi \frac{\gamma}{\gamma - 1}$$

де

$$\gamma = \frac{\sin(\alpha - \rho) \cos(\beta - \rho)}{\cos(\beta + \rho) \sin(\alpha + \rho)}$$

$$Z = \frac{g \sin(\alpha + \rho)}{A\omega^2 \cos(\beta - \rho)}$$

де  $g$  - прискорення вільного падіння

Продуктивність сепаратору визначається з вираження [17, 18]

$$Q = 3600F_0\psi U_{cp}\gamma, \quad (3)$$

де  $F_0$  - площа поперечного перерізу грохоту (прхідної частини жолобу) сепаратора;  $\gamma$  - об'ємна (насипна) маса продукції, що сепарується;  $\psi$  - коефіцієнт заповнення робочої поверхні грохоту.

Потужність приводу інерційного сепаратора визначається по рівнянню [16]

$$N = \frac{4 \cdot 10^{-4} QL}{\eta tg\beta} \left[ 6 \cdot 10^{-4} \frac{A\omega^2}{f} + 1 \right]. \quad (4)$$

Потужність приводу вібросепаратора - за допомогою залежності

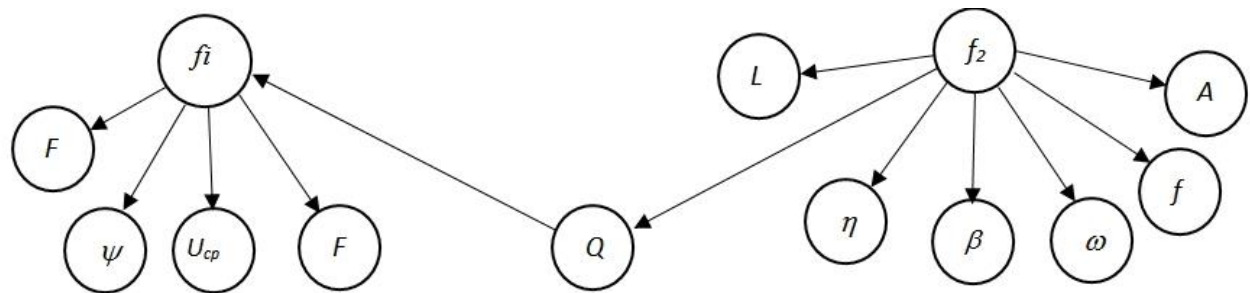
$$N = \frac{CQ}{10^3\eta} k_3L, \quad (5)$$

де  $L$  - довжина робочої частини решета сепаратора;  $\eta$  - коефіцієнт корисної дії приводу;  $C$  - коефіцієнт транспортабельності, що залежить від механіко-технологічних властивостей маси, що сепарується;  $f$  - коефіцієнт тертя ковзання;  $k_3$  - коефіцієнт питомих витрат потужності.

Для оптимізації технічної системи, що аналізується використовуємо методи теорії графів [19].

Позначимо формули (3) і (4) відповідно через  $f_1$  і  $f_2$ . Побудуємо дводольний граф. (Рис. 1)

Аналогічний дводольний граф можна побудувати для вібросепаратора. До дводольного графа додаємо матрицю інциденцій.



	$F_0$	$\psi$	$U_{cp}$	$\gamma$	$Q$	$L$	$\eta$	$\omega$	$\beta$	$A$	$f$
$f_1$	1	1	1	1	-1	0	0	0	0	0	0
$f_2$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1

Рис 1. Дводольний інформаційний граф і матриця інциденцій для інерційного сепаратора

Дводольний інформаційний граф в поєднанні з матрицею є теоретичною основою побудови обчислювальних процедур по розрахунку і оптимізації технічного пристрою.

Для побудови поточкових графів приведемо структурну схему установки, що аналізується. (Рис. 2)

Запишемо характеристики потоків для структурно-технологічної схеми

$$L_1 = [m_1, S_1, 0]; \quad L_5 = [m_5, S_5, x_5];$$

$$L_2 = [m_1, S_2, x_2]; \quad L_6 = [m_6, S_6, 0];$$

$$L_3 = [m_3, S_3, 0]; \quad L_7 = [m_7, 0, x_7];$$

$$L_4 = [m_4, S_4, x_4]; \quad L_8 = [m_8, 0, x_8].$$

Можна прийняти  $L_4 = L_6$ .

Для аналізу використовуємо поняття матеріального поточкового графа.

Матеріальні поточкові графи (МПГ) це зважені по дугах орграфи, які відображають перетворення елементами системи масових витрат її фізичних потоків. Вершини МПГ відповідають елементам системи, які трансформують масові витрати фізичних потоків. Дуги МПГ відповідають фізичним потокам речовини.

До особливостей матеріальних поточкових графів відносяться: орієнтованість, оскільки рух матеріальних потоків в технічній системі відбувається в певному порядку, зумовленому технологією процесу; зв'язаність - всі елементи взаємопов'язані потоками речовини.

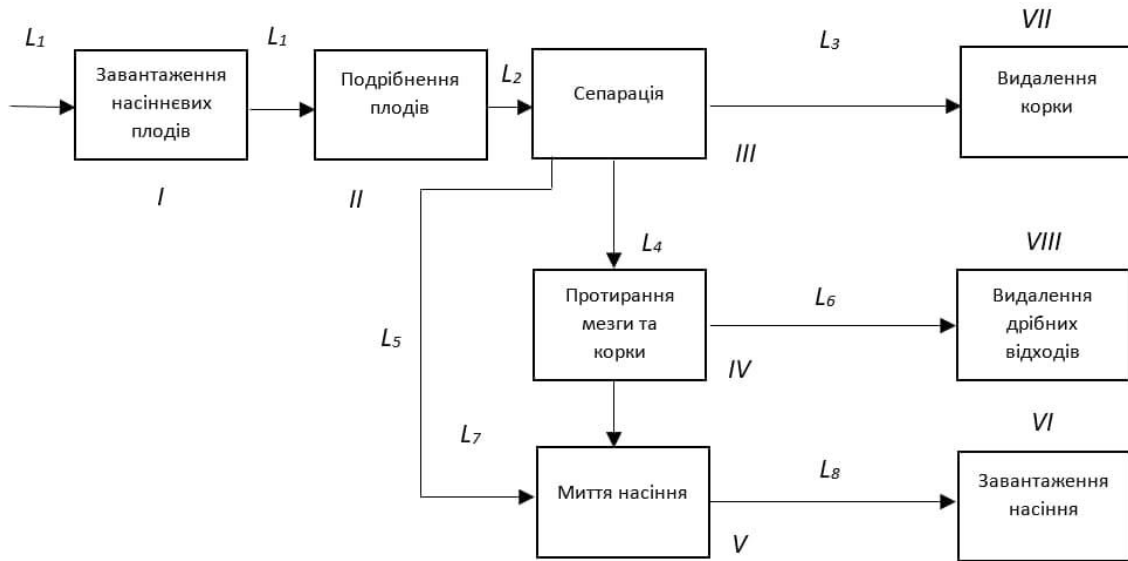


Рис. 2. Структурно-технологічна схема лінії ЛСБ-20 з експериментальним сепаратором

Матеріальний потоковий граф має вигляд (Рис. 3)

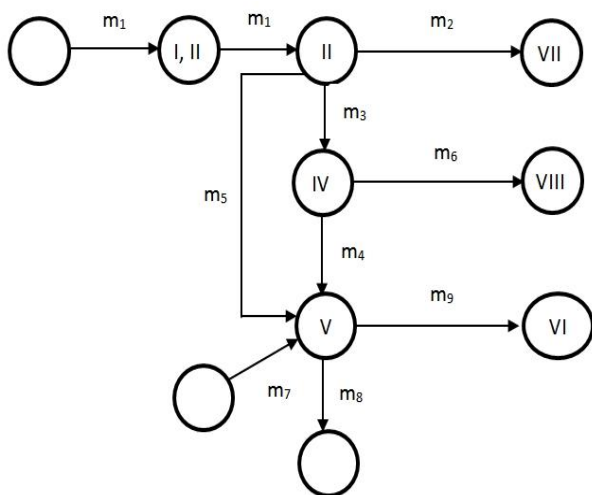
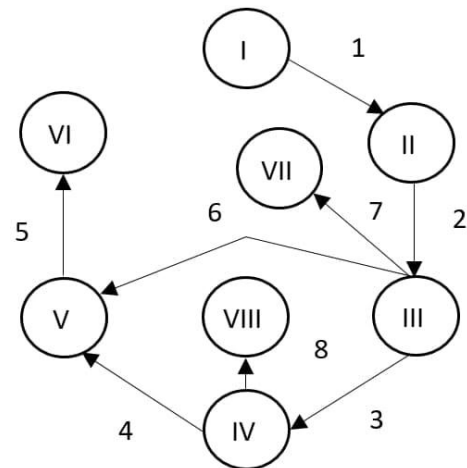


Рис. 3. Матеріальний потоковий граф лінії ЛСБ-20 з експериментальним сепаратором

Для аналізу і синтезу системи звернемося до параметричного потокового графу (ППГ) і ексегетичного потокового графу (ЕПГ).

Структурні особливості графа можна навести за допомогою матриць. Для цього звернемося до матриці інциденцій, яка повністю відображає топологічну структуру блок-схеми і дозволяє перенести її структуру на мову алгебри або теорії множин. У матриці інциденцій встановлюється зв'язок по діагональному заповненню булевими змінними.

Побудуємо потоковий параметричний граф і матрицю інциденцій для схеми лінії ЛСБ-20 з експериментальним сепаратором (Рис. 4)



	1	2	3	4	5	6	7	8
I	-1							
II	1	-1						
III		1	-1			-1	-1	
IV			1	-1				-1
V				1	-1	1		
VI					1			
VII							1	
VIII								1

Рис. 4 Параметричний потоковий граф і матриця інциденцій для експериментальної схеми лінії

Рівняння балансу речовини записується таким чином:

$$\sum_{i=1}^k M_{ik} - \sum_{j=1}^{e-k} M_{kj} = 0, \quad (5)$$

де  $M_{ik}$  - потік по  $i$ -дузі, що входить в  $k$ -ю вершину;  
 $M_{kj}$  - потік по  $j$ -й дузі, що виходить з  $k$ -й вершини.



Сукупність рівнянь для всіх проміжних вершин складе систему незалежних рівнянь

$$[S *] \times [M *] = 0, \quad (6)$$

де  $[S *]$  - матриця інцидентій даного графа розмірністю  $(k \times e)$ .

Матричне представлення графів дозволяє відобразити структурні особливості графа.

Технологічна система складається з ряду підсистем. Змінні, що відносяться до  $i$ -ї підсистеми, відносяться до трьох груп величин:  $X_i$  - вхідні змінні;  $Y_i$  - вихідні змінні;  $\Pi_i$  - змінні, що задаються (вибираються) в процесі, або при проектуванні установки. Математична модель  $i$ -ї підсистеми формулюється залежністю

$$\bar{Y}_i = f_i(\bar{X}_i, \bar{\Pi}_i), \quad (7)$$

де  $f_i$  - вектор-функція, яка зв'язує вихідні змінні  $i$ -ї підсистеми  $\bar{Y}_i$  з вхідними  $\bar{X}_i$  і заданими по проекту  $\bar{\Pi}_i$ .

Вхідні змінні можна виразити через вихідні змінні і структурні параметри  $\alpha_j$ .

Ця величина показує, яка частина від вихідного потоку  $j$  по  $k$ -й змінної поступає як вхідне на  $i$ -ю, тобто наступну підсистему.

Для  $i$ -ї підсистеми можна записати

$$X_i^k = \sum_{i=1}^N \alpha_{ij} y_i^k, \quad j = 2, 3, \dots, N-1 \quad (8)$$

де  $X_i^k$  - вхідна  $k$ -та змінна  $i$ -ї підсистеми.

Цілком очевидно, що значення  $\alpha_{ij}$  може коливатися від 0 до 1.

Для всієї системи цільова функція може бути записана у вигляді аддитивної залежності

$$\Phi = \sum_{i=1}^t \Phi_i = \sum_{i=1}^N \phi_i(\bar{X}_i, \bar{Y}_i, \bar{\Pi}_i). \quad (9)$$

Побудований параметричний граф (Рис. 4) доповнимо ексергетичним графом

На Рис. 5 приведені ексергетичний поточковий граф і матриця інцидентій, побудовані для схеми, зображеної на Рис. 2.

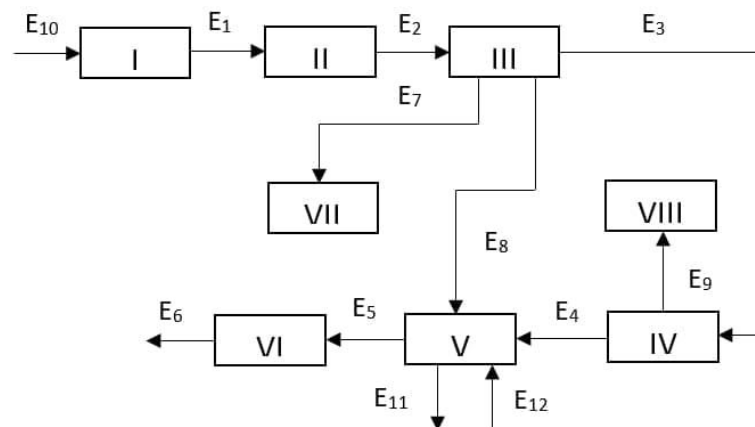


Рис. 5. Ексергетичний поточковий граф і матриця інцидентій для експериментальної схеми лінії.

Алгоритм оптимізації системи будується на основі структурного аналізу ППГ. При цьому багатоконтурний початковий ППГ перетворюють в еквівалентний ациклічний параметричний поточковий граф, який є впорядкованим по шарах вершин графа. Тим самим встановлюється порядок розрахунку математичних моделей окремих елементів системи, відповідних вершинам ППГ. Задача оптимізації формулюється таким чином: визначити множену особливих дуг з мінімальною сумою параметричностей:

$$l = \sum p_j = \min, \quad (10)$$

Як критерій ефективності можна прийняти ту або іншу характеристику системи: економічну, енергетичну, технологічну і ін. Якщо критерієм ефективності служать енергетичні показники, то оптимум рішення визначається за умови, що втрати енергії мінімальні

$$\sum E_{nom} = \min \quad (11)$$

Аналізуючи ряд схемних варіантів розглянутої системи, визначають оптимальне рішення по обраній цільовій функції - енергетичним або економічними показниками.

**Висновок.** Алгоритм оптимізації системи селекції насіння овочевих культур, що розглядається, будується на основі структурного аналізу параметричного поточкового графу. При цьому багатоконтурний початковий ППГ перетворюють в еквівалентний параметричний поточковий граф, який є впорядкованим по рівням вершин графа. Скануючи по матриці інцидентій для параметричного поточкового графа за допомогою ЕОМ, визначають шукані параметри в кожній вузловій точці схеми системи. Варіюючи схемні рішення та/або різні варіанти компоновки елементів системи, структурні елементи і відстань між

ними, можна визначити оптимальний варіант за обраним наперед критерієм оптимізації для досліджуваної технологічної лінії.

### Література:

1. Проект аграрного маркетингу на замовлення Агентства США з міжнародного розвитку (USAID) - 2017. URL: <https://gurt.org.ua/donors/USAID/> (дата звернення: 30.03.2021)

2. Баланси та споживання основних продуктів харчування населенням України: статистичний збірник. Київ : Державна служба статистики України, 2020. URL : <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 30.03.2021)

3. Державна служба статистики України : офіційний веб-сайт / Рослинництво України: статистичний збірник. Київ : Державна служба статистики України, 2020. URL : <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 30.03.2021)

4. ДСТУ 8439:2015 Насіння овочевих і баштанних рослин та кормових коренеплодів. Документація.: Чинний від 2017.07.01. Київ: УкрНДНЦ, 2017. III, 44 с. (Національний стандарт України)

5. Pastushenko S., Dumenko K., Pastushenko A. Problem of mechanization process of extracting the seeds of cucurbits crops in south of Ukraine. Sbornik prednasek Vyzkumny ustav zemedelske techniky "Zemedelska technika a biomasa 2007". 2007. №4. P. 134–137.

6. Анисимов И. Ф. Машины и поточные линии для производства семян овощебахчевых культур. Кишинев : Штиинца, 1987. 292 с.

7. Лінія для виділення промивання і сушіння насіння огірків і баштанних культур ЛСБ-20: технічний опис та інструкція з експлуатації. Миколаївська філія ДСКБ по машинах для овочівництва. Миколаїв. 1981. 54 с.

8. Пастушенко С. І., Гольдшмідт О. А. Результати теоретичних і експериментальних досліджень сепаратора насіння баштанних культур. Аграрний вісник Причорномор'я: технічні науки. 1999. Вип. 2. С. 33-39.

9. Пастушенко А. С. Виробничі випробування експериментального зразка машин у складі лінії з виділення насіння огірка і дині. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2010. Вип. 144 (4). С. 178-185.

10. Diestel R. Graph Theory, Electronic Edition. New York : Springer-Verlag, 2005. 422 p.

11. Алгоритмы: построение и анализ = Introduction to Algorithms / Т. Х. Кормен и др. 2-е изд. Москва : Вільямс, 2006. 1296 с.

12. Блейхман И.Л., Дженалидзе Г.Ю. Вибрационное перемешивание. Москва: Наука, 1964. 410 с.

13. Заика П. М. Вибрационное перемешивание твердых и сыпучих тел в сельскохозяйственных машинах. Киев : УСХА, 1998. 622 с.

14. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. Киев : УАСХН, 1960. 283 с.

15. Гольдшмідт О. А. Теоретичний аналіз робочих режимів сепаратора насіння баштанних культур. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 1998. Вип. 3. С. 109-113.

16. Завалишин Ф.С., Мацнев М.Г. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства. Москва : Колос, 1982. 230 с.

17. Барилко Л. Д. Производительность проточной линии для получения семян тыквенных культур. Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1981. №10. С. 28-29.

18. Спиваковский А. О., Дьячков В. К. Транспортирующие машины. Москва : Машиностроение, 1983. 520 с.

19. Кафаров В.В., Винаров А.Ю. Основные направления развития процессов и аппаратов в биотехнологии. Итоги науки и техники. Процессы и аппараты хим. технологии. 1986. Том 14. С. 108-182.

### References:

1. Project ahrarnoho marketynhu na zamovlennia Ahentstva SShA z mizhnarodnoho rozvytku (USAID) – 2017. URL : <https://gurt.org.ua/donors/USAID/> (data zvernennia: 30.03.2021)

2. Balansy ta spozhyvannia osnovnykh produktiv kharchuvannia naseleнням Ukrainy: statystychnyi zbirnyk. Kyiv : Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy, 2020. URL : <http://www.ukrstat.gov.ua> (data zvernennia: 30.03.2021)

3. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy: ofitsyniy veb-sait / Roslynyntstvo Ukrainy: statystychniy zbirnyk. Kyiv : Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy, 2020. URL : <http://www.ukrstat.gov.ua> (data zvernennia: 30.03.2021)

4. DSTU 8439:2015 Nasinnia ovochevykh i bashtannykh roslyn ta kormovykh koreneplodiv. Dokumentatsiia. : Chynnyi vid 2017.07.01. Kyiv : UkrNDNTs, 2017. III, 44 s. (Natsionalnyi standart Ukrainy)

5. Pastushenko S., Dumenko K., Pastushenko A. Problem of mechanization process of extracting the seeds of cucurbits crops in south of Ukraine. Sbornik prednasek Vyzkumny ustav zemedelske techniky "Zemedelska technika a biomasa 2007". 2007. №4. P. 134–137.

6. Anisimov I. F. Mashyny i potochnye linii dlja proizvodstva semjan ovoshhebahchevykh kul'tur. Kishinev : Shtiinca, 1987. 292 p.

7. Liniiia dlja vydilennia promyvannia i sushinnia nasinnia ohirkiv i bashtannykh kultur LSB-20: tekhnichniy opys ta instruktziia z ekspluatatsii. Mykolaivska filiiia DSKB po mashynam dlia ovochivnytstva. Mykolaiv. 1981. 54 p.

8. Pastushenko S. I., Holdshmidt O. A. Rezultaty teoretychnykh i eksperymentalnykh doslidzhen

separatora nasinnia bashtannykh kultur. Ahrarnyi visnyk Prychornomor'ia: tekhnichni nauky. 1999. Vyp. 2. p. 33-39.

9. Pastushenko A. S. Vyrobnychi vyprobuvannia eksperymentalnoho zrazka mashyn u skladi linii z vydilennia nasinnia ohirka i dyni. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. 2010. Vyp. 144 (4). p. 178-185.

10. Diestel R. Graph Theory, Electronic Edition. New York : Springer-Verlag, 2005. 422 p.

11. Algoritmy: postroenie i analiz = Introduction to Algorithms / T. H. Kormen i dr. 2-e izd. Moskva : Vil'jams, 2006. 1296 p.

12. Blejzman I.L., Dzhenalidze G.Ju. Vibracionnoe peremeshivanie. Moskva : Nauka, 1964. 410 s.

13. Zaika P. M. Vibracionnoe peremeshivanie tverdyh i sypuchih tel v sel'skoho-zajstvennykh mashinah. Kiev : USHA, 1998. 622 p.

14. Vasilenko P. M. Teorija dvizhenija chasticy po sherohovatym poverhnostjam sel'skoho-zajstvennykh mashin. Kiev : UASHN, 1960. 283 p.

15. Holdshmidt O. A. Teoretychnyi analiz robochyykh rezhymiv separatora nasinnia bashtannykh kultur. Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomor'ia. 1998. Vyp. 3. p. 109-113.

16. Zavalishin F. S., Macnev M. G. Metody issledovaniy po mehanizacii sel'skoho-zajstvennogo proizvodstva. Moskva : Kolos, 1982. 230 p.

17. Barilko L. D. Proizvoditel'nost' protochnoj linii dlja poluchenija semjan tykvennykh kultur. Traktory i sel'skoho-zajstvennyye mashiny. 1981. №10. p. 28-29.

18. Spivakovskij A.O., D'jachkov V.K. Transportirujushhie mashiny. Moskva: Mashinostroenie, 1983. 520 p.

19. Kafarov V. V., Vinarov A. Ju. Osnovnye napravlenija razvitija processov i apparatov v biotekhnologii. Itogi nauki i tehniki. Procesi i apparaty him. tehnologii. 1986. Tom 14. p. 108-182.

## Аннотация

### Основи аналізу і оптимізації лінії для отримання насіння овочевих культур

A.C. Пастушенко

В статье приведены результаты анализа тенденций изменения моделей и типов используемого оборудования для выделения семян разных объемов производства овощебахчевых культур в южном регионе страны. Отмечено, что действующий в Украине парк оборудования для получения семян овощебахчевых культур имеет энергетическое несовершенство и существенные объемы травмирования и потерь кондиционных семян наблюдаемые в процессе их выделения. Отсутствуют адаптированные к системам комплексной механизации получения семян овощных и бахчевых культур методики их анализа, синтеза и оптимизации.

Среди методов анализа и оптимизации технических систем особого внимания заслуживает метод основанный на теории графов, поэтому при решении оптимизационной задачи предлагается обращаться к теоретико-графовым построениям системы, эксерго-топологическим моделям и эксерго-экономической оптимизации. Предложена методика анализа и оптимизации технических систем комплексной механизации получения семян овощных и бахчевых культур с использованием методов теории графов. Построены информационные и потоковые графы, а также матрицы инцидентий, для экспериментального образца поточной линии по переработке семенных плодов и получения семян овощебахчевых культур. Для лучшего понимания процесса функционирования структурно-технологической схемы линии с экспериментальным сепаратором, в работе построено параметрический и эксергетический потоковые графы и матрицы инцидентий по которым определяют искомые параметры в каждой узловой точке схемы системы. Варьируя схемные решения и/или различные варианты компоновки элементов системы, структурные элементы и расстояние между ними, можно определить для исследуемой технологической линии оптимальный вариант, по выбранному заранее критерию оптимизации.

Предложенный алгоритм оптимизации системы, который устанавливает порядок расчета математических моделей, отдельных ее элементов. В качестве критериев эффективности может быть принята экономическая, энергетическая, технологическая, или другая характеристика системы.

**Ключевые слова:** анализ, оптимизация, семена овощебахчевых культур, граф, матрица инцидентий.

## Abstract

### Fundamentals of line analysis and optimization to obtain seeds of melons

A.S. Pastushenko

The article presents results of trends analysis in models and types of equipment used for different selection production volumes of vegetable and melon crops seeds in the southern region of Ukraine. Existing equipment in Ukraine for seed selection of vegetable and melon crops is energy imperfect. Significant volumes of seeds



are damaged or lost in the selection process. There are no adapted to the systems of complex mechanization methods for their analysis, synthesis and optimization in obtaining vegetable and melon crops seeds.

Among all methods of analysis and technical systems optimization, a method based on graph theory deserves special attention. When solving an optimization problem, it is proposed to turn to graph-theoretic constructions of the system, exergo-topological models and exergo-economic optimization. Proposed the analysis and optimization of complex mechanization technical systems of obtaining vegetable and melon crops seeds using the methods of the theory of graphs. Information and flow graphs, incidence matrices have been built for an experimental sample of a production line for processing seed fruits and obtaining seeds of vegetable and melon crops. For a better understanding of the functioning process of the structural and technological scheme of a line with an experimental separator, the work has constructed parametric and exergy flow graphs and incidence matrices by which the required parameters are determined at each nodal point of the system scheme. By varying circuit solutions and / or various options for the layout of system elements, structural elements and the distance between them, it is possible to determine the optimal technological line, according to the optimization criterion selected in advance.

Proposed system optimization algorithm, which establishes the procedure for calculating mathematical models, its individual elements. Economic, energy, technological, or other characteristics of the system may be considered as performance criteria.

**Keywords:** *analysis, optimization, vegetable and melon seeds, graph, matrix of incidents.*

---

**Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard**

*Pastushenko, A.S. (2021) 'Fundamentals of line analysis and optimization to obtain seeds of melons', Engineering of nature management, (1(19), pp. 48 - 56.*

---

*Подано до редакції / Received: 16.03.2021*