

144 с. 5. Roth K. *Konstmieren mit Konstruktionskatalogen*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1982. 6. Пейсах Э.Е., Нестеров В.А. Система проектирования плоских рычажных механизмов / Под ред. К.В. Фролова. – М.: Машиностроение, 1988.– 232 с. 7. Галибей Н.И. Прикладная механика автоматических систем. – Красноярск: Изд-во Красноярского университета, 1988. – 440 с. 8. Энергетическая эффективность сельскохозяйственного производства [Цит. 2009, 25 квітня].- Доступний з: <<http://www.sbersvet.ru/ru/manufacture/agriculture/>>. 9. Концепция энергосбережения. Сборник "Вопросы развития Крыма". – Вып. 6. [Цит. 2009, 25 квітня]. – Доступний з: <http://www.ccssu.crimea.ua/crimea/ac/6/>. 10. Зінько Р.В. Пакет прикладних програм для дослідження роботи і руху автотранспорту в сільському господарстві // Вісник Львівського Державного Аграрного університету. – 1999. – №4. – С. 240–247. 11. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем: Учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.

УДК 621.798:004.4'24

Б.О. ПАЛЬЧЕВСЬКИЙ, О.М. ШАПОВАЛ

Луцький національний технічний університет

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНОГО КОМПОНУВАННЯ ПАКУВАЛЬНОГО АВТОМАТУ

© Пальчевський Б.О., Шаповал О.М., 2010

Розроблено програму на основі методу пошуку Парето-ефективних рішень, що значно скорочує часові затрати проектувальника на пошук найкращого структурного виконання пакувального автомату.

In the article the program, created for the automated finding an optimum variant of the structure of the pack automat for packing of friable products, is described. It bases on the algorithm of one of the widespread method of multicriterion optimization. It is method of the searching Pareto-effective decisions.

Структурна будова пакувального автомату (ПА) для пакування сипких продуктів сформована із функціонально і структурно відокремлених елементів – функціональних модулів (ФМ), кількість яких може варіювати залежно від числа функцій, реалізація яких передбачена технологічною операцією пакування.

При синтезі структури ПА, який налічує в своєму складі значну кількість функціональних модулів, найчастіше користуються методами напрямленого перебору, що призначені для розв'язання задач дискретної, тобто цілочислової оптимізації [5]. Коли задача ускладнюється внаслідок збільшення кількості ФМ, що формують структуру ПА, та (або) їх типорозмірів, які необхідно розглянути, й, відповідно, зростання в результаті цього числа варіантів компонувань, процес розв'язання стає трудомістким і ефективність проектування знижується. Тому виникає потреба генерувати варіанти структурного складу ПА і розрахунки по них за критеріями оптимізації в автоматизованому режимі. З цією метою нами було розроблено спеціальну програму "Optimum", яка працює за принципом пошуку Парето-ефективних рішень [1, 2]. Алгоритм визначення оптимального варіанта структури ПА наведено на рис. 1.

Застосуємо цю програму для розв'язання задачі оптимізації автомату для пакування сипких продуктів.

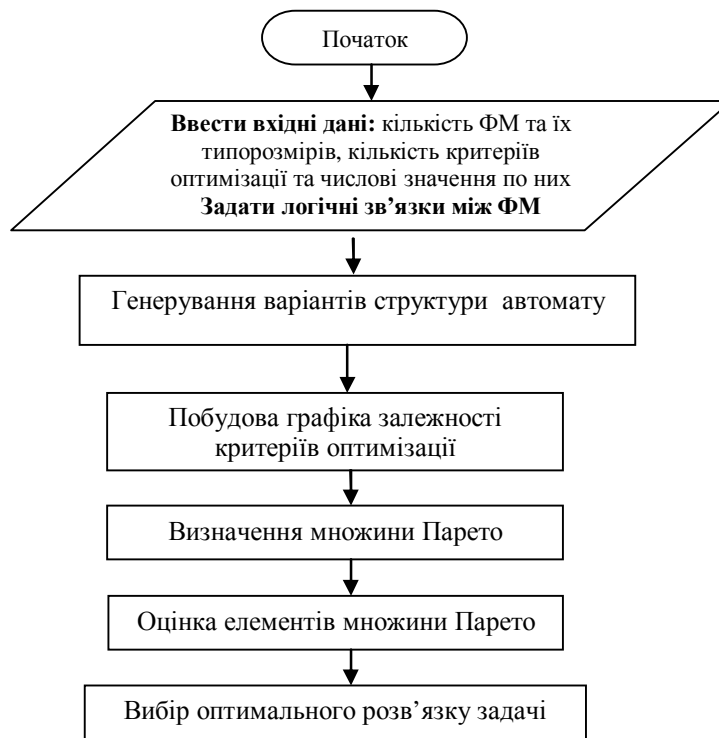


Рис. 1. Алгоритм програми пошуку оптимального розв'язку задачі оптимізації пакувального автомату

До структурного складу пакувального автомату цього призначення входять такі типові ФМ (табл. 1).

Таблиця 1

Функціонально-модульний склад автомату для пакування сипких продуктів

Назва ФМ	Позначення ФМ	Варіант конструкції ФМ (типорозмір)	Критерії оптимізації			Відношення $V_i/K_{ВГ}$
			Надійність (K_i)		Вартість (v_i)	
			$K_{Г}$	$K_{ВГ}$		
1	2	3	4	5	6	7
Бункер	x_1	x_{11}	0,99	0,0101	2560	253465
Дозатор	x_2	x_{21}	0,97	0,0309	15100	488673
		x_{22}	0,98	0,0204	5600	274509
		x_{23}	0,96	0,0417	3540	84892
Механізм подачі плівки	x_3	x_{31}	0,98	0,0204	5600	274510
Рукавоутворювач	x_4	x_{41}	0,99	0,0101	3540	350495
Датчик мітки	x_5	x_{51}	0,99	0,0204	2300	112745
Механізм поздовжнього зварювання	x_6	x_{61}	0,98	0,0204	9200	450980
		x_{62}	0,97	0,0309	9380	303560
Блок керування	x_7	x_{71}	0,99	0,0101	3400	336634

Продовження табл. 1

	1	2	3	4	5	6	7
Мезанізм поперечного зварювання	Зварні губки (ЗГ)	x_8	x_{81}	0,98	0,0204	10100	495098
	ЗГ з механізмом відрізання		x_{82}	0,97	0,0309	12040	389644
	ЗГ з механізмом протяжки		x_{83}	0,96	0,0417	13200	316547
	ЗГ з вмонтованим дататором		x_{84}	0,97	0,0309	11900	385113
	ЗГ з механізмами протяжки і відрізання		x_{85}	0,94	0,0638	14020	219749
	ЗГ з механізмом відрізання і вмонтованим дататором		x_{86}	0,96	0,0417	12500	299760
	ЗГ з механізмом протяжки і вмонтованим дататором		x_{87}	0,95	0,0526	13900	264258
	ЗГ з механізмами протяжки, відрізання і вмонтованим дататором		x_{88}	0,93	0,0757	14600	192866
Механізм протягування рукава	x_9	x_{91}	0,97	0,0309	1560	50485	
		x_{92}	0,96	0,0417	2300	55156	
Відрізні ножі	x_{10}	x_{101}	0,96	0,0417	1470	35252	
Дататор	x_{11}	x_{111}	0,97	0,0309	5000	161812	
		x_{112}	0,98	0,0204	4370	214215	

Як критерії оптимізації було обрано такі показники, як надійність та вартість, якими характеризується кожен ФМ [3]. Завдання полягає в знаходженні такої множини ФМ у складі ПА, щоб виконувались усі технологічні переходи операції пакування, а також надійність ПА була максимально високою, а вартість – мінімально низькою.

Зауважимо, що коефіцієнт готовності K_G , що характеризує надійність, не є адитивним, тобто K_G автомату загалом не можна отримати шляхом безпосереднього підсумовування K_G тих ФМ, які входять до його складу. У зв'язку із цим використаємо запропонований нами коефіцієнт відносної готовності K_{BG} , який відображає ненадійність ПА. Цей коефіцієнт визначаємо за виразом:

$$\frac{K_{BG}}{K_G} = \sum_{i=1}^n \frac{K_{Pi}}{K_{Gi}} = K_{BG}.$$

K_{BG} є адитивним, що значно спрощує процес розрахунку, тому виберемо його як критерій оптимізації [4].

Розглянемо процедуру розв'язку. Робота програми починається із натиснення на панелі інструментів в діалоговому вікні програми (рис. 2) команди “Файл”, далі “Новий”. На запити, що послідовно з'являються на екрані (рис. 3), потрібно ввести спочатку загальну кількість ФМ у складі ПА, після чого – кількість варіантів конструкції (типорозмірів) кожного окремого ФМ, а також кількість критеріїв, за якими оцінюють якість проектного автомату та їх позначення.

Після цього необхідно заповнити таблицю відповідними значеннями критеріїв по кожному ФМ та зазначити логічні зв'язки між ними (рис. 4). Під логічним зв'язком слід розуміти умову, яка виключає можливість наявності у складі ПА більше одного ФМ, який виконує визначену функцію. Це повинно враховуватись при розгляді ФМ, конструкція яких передбачає виконання крім основної функції додаткових.

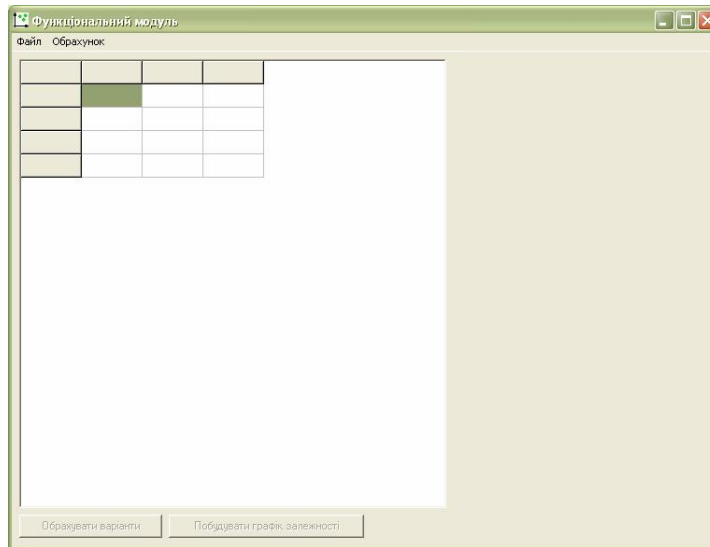


Рис. 2. Діалогове вікно програми



Рис. 3. Вікна введення кількості функціональних модулів та критеріїв оптимізації

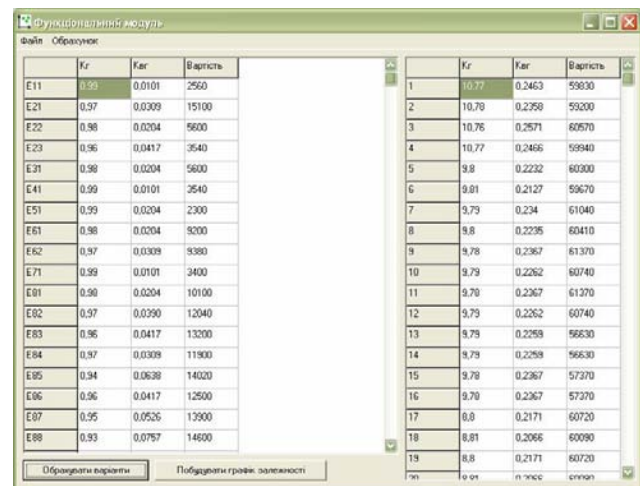


Рис. 4. Вікно введення числових даних та обчислення варіантів

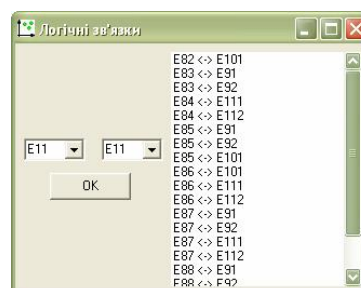
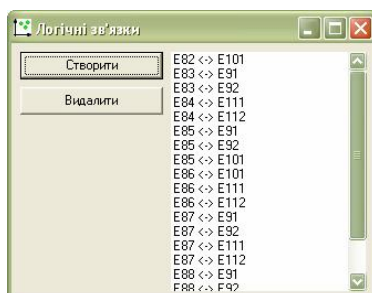


Рис. 5. Вікно введення зв'язків між функціональними модулями

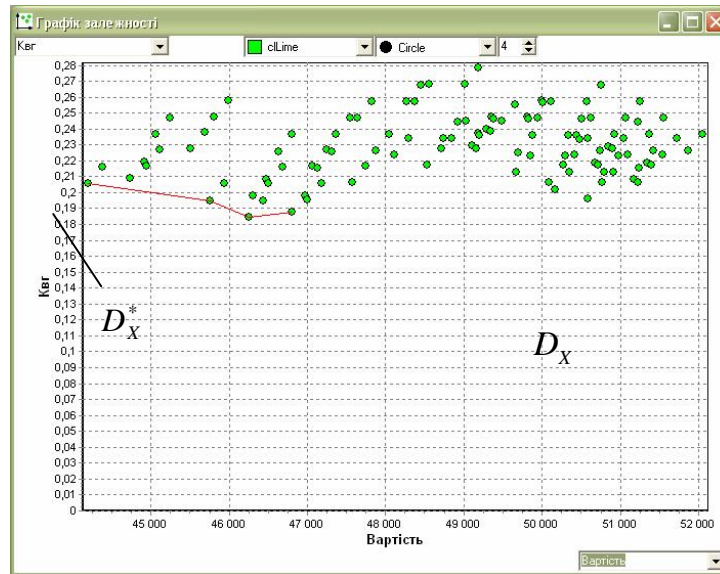


Рис. 6. Графік залежності критеріїв оптимізації



Рис. 7. Значення критеріїв оптимізації для точок множини Парето

Після введення вказаних вхідних даних потрібно натиснути на панелі програми кнопку “Обрахувати варіанти”. За цією командою на екран виводиться таблиця зі всіма результатами розрахунку (рис. 5). Після натиснення клавіші “Побудувати графік залежності” з’явиться множина точок D_X у декартовій системі координат, які відображають значення критеріїв оптимізації для того чи іншого варіанта структури (рис. 6). При натисненні курсором на будь-яку точку на екрані з’являються її координати (числові значення критеріїв) та перелік елементів (ФМ) за цим результатом (рис. 7). Множиною Парето D_X^* на ньому буде сукупність точок, сполучених кривою, які займають крайнє ліве нижнє положення. Такий вибір множини Парето зумовлений постановкою задачі, адже ми прагнемо одержати ПА з якнайменшою вартістю і ненадійністю.

Як видно з рис. 6, множина Парето налічує 4 точки із ОДР, що відповідають визначеним варіантам структури ПА із відповідними їм показниками, які позначимо X^i (табл. 2). Завданням проектувальника є вибір кращого варіанта шляхом перебору точок, що належать множині Парето.

Таблиця 2

Значення критеріїв оцінювання для варіантів структур автомату для пакування сипких продуктів

Критерій \ Варіант структури ТМ	X ¹	X ²	X ³	X ⁴
Ненадійність (f_1)	0,2058	0,2089	0,195	0,1845
Вартість (f_2)	44200	44740	45760	46270

Оскільки критерії оптимізації мають різну розмірність, то для визначення кращого варіанта введемо еквівалентну їх кількості 4-бальну шкалу оцінювання і проведемо розстановку балів за наростанням від найбільшого значення за відповідним показником до найменшого. Підсумувавши бали, одержимо найвищий результат, який і приймемо як оптимальний. У цьому випадку – X¹

Таблиця 3

Оцінка варіантів структур пакувального автомату за ненадійністю та вартістю

Критерій	Оцінки варіантів структур ПА			
	X ¹	X ²	X ³	X ⁴
Ненадійність (f_1)	2	1	3	4
Вартість (f_2)	4	3	2	1
Сума балів	6	4	5	5

Це означає, що оптимальною буде структура ПА у складі множини модулів:

$$X^1 = \{E_{11}, E_{23}, E_{31}, E_{41}, E_{51}, E_{61}, E_{71}, E_{86}, E_{91}\}$$

Висновки. Розроблений нами програмний продукт значно скорочує часові затрати проектувальника на пошук найкращого складу пакувального автомату, оскільки розрахунок за критеріями оптимізації всіх можливих варіантів його структури і виведення результатів здійснюються в автоматизованому режимі. Метод пошуку Парето-ефективних рішень, на основі якого працює програма, дає змогу проектувальнику відсіяти варіанти розв’язання, що не відповідають умові задачі оптимізації, не розглядаючи їх. Крім того, програма передбачає задання логічних зв’язків між функціональними модулями, що дає змогу уникнути отримання структури автомату, в якій одна й та сама функція виконуватиметься двома і більше модулями одночасно, якщо специфіка їх конструкції передбачає можливість виконання, крім основної функції додаткових.

1. Зайченко Ю.П. Исследование операций: Учебник. 6 изд., перераб. и доп. – К.: Издательский дом “Слово”, 2003. – 688 с. 2. Ногин В.Д., Протодьяконов И.О., Евлампиев И.И. Основы теории оптимизации: Учеб. пособие для студентов вузов / Под ред. И.О. Протодьяконова. – М.: Высшая школа, 1986. – 384 с. 3. Пальчевський Б.О., Шаповал О.М. Багатокритеріальна оптимізація структури пакувальних автоматів // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – Львів. – 2009. – № 43. 4. Пальчевський Б.О., Шаповал О.М. Застосування методу віток і меж для оптимізації структури технологічних машин // Наукові нотатки. – 2009. – №26. 5. Феклин К.П. Основы структурно-параметрического синтеза упаковочных машин // Тара и упаковка. – 2001. – № 6.