

$$\omega_n \approx 2\omega_0 \sqrt{1 \pm \sqrt{\mu^2 - \left(\frac{\delta^*}{\pi}\right)^2}}, \quad (16)$$

де $\delta^* = \frac{2\pi\varepsilon}{\omega_0}$ – декремент вільних коливань.

Наступні границі області нестійкості одношарнірної маятникової штанги обприскувача можуть бути наближено знайдені згідно з [1] у вигляді:

$$\omega_n \approx \omega_0 \sqrt{1 - \mu^2 \pm \sqrt{\mu^4 - \left(\frac{\delta^*}{\pi}\right)^2 (1 - \mu^2)}}. \quad (17)$$

Для аналізу коливань одношарнірної маятникової штанги обприскувача доцільно розв'язати нелінійне диференціальне рівняння (11) числовим способом так як нелінійний член може істотно вплинути на характер коливного процесу.

Рівняння (11) з урахуванням виразів для $\theta(t)$ і $z_0(t)$ подамо у вигляді:

$$\ddot{\varphi} + 2n\dot{\varphi} + \omega_1^2 \left\{ (g - Z_0 v^2 \cos vt) \sin \varphi - H\Theta_0 v^2 [\cos vt \cos(\Theta_0 \cos vt + \varphi) - \Theta_0 \sin^2 vt \sin(\Theta_0 \cos vt + \varphi)] \right\} = 0. \quad (18)$$

Зробивши заміну $\ddot{\varphi} = \ddot{\psi}$, $\dot{\varphi} = \dot{\psi}$, представимо (18) у вигляді системи двох диференціальних рівнянь першого порядку.

$$\begin{aligned} \dot{\psi} &= -2n\psi - \omega_1^2 [a_1(\varphi, v) - a_2(\varphi, v)], \\ \dot{\varphi} &= \psi, \end{aligned} \quad (19)$$

де

$$\begin{aligned} a_1(\varphi, v) &= (g - Z_0 v^2 \cos vt) \sin \varphi, \\ a_2(\varphi, v) &= -H\Theta_0 v^2 [\cos vt \cos(\Theta_0 \cos vt + \varphi) - \Theta_0 \sin^2 vt \sin(\Theta_0 \cos vt + \varphi)] \end{aligned}$$

Розв'язок системи диференціальних рівнянь (19) проводимо числовим способом на комп'ютері з використанням програми STIFF.

Таким чином, одержані результати досліджень дають змогу визначити зони стійкості одношарнірної маятникової штанги при коливаннях і раціонально підібрати геометричні та жорсткісні параметри конструкції обприскувача з метою стабілізації штанги при технологічному процесі обприскування.

Література

1. Вибрация у технике: Справочник: В. 6т. – М: Машиностроение, 1978-1981. – Т.1: Колебание линейных систем. – 1978. – 352 с.
2. Мак-Лахман Н.В. Теория и приложения функций Матъе. Перевод с англ. – М., Ил. 1953.

РЕГУЛЯРНЕ ДВОВИМІРНЕ РОЗМІЩУВАННЯ ПРЯМОКУТНИХ ОБ'ЄКТІВ У МЕЖАХ ПРЯМОКУТНОЇ ПЛОЩИНИ

Розглянуто методику отримання всіх можливих варіантів розміщення прямокутних об'єктів (ПО) в межах обмеженої прямокутної площини (ПП) без врахування жодних обмежень, визначено тактику роботи генератора з регулярним розміщенням ПО. Розроблено відповідне математичне формулювання, алгоритм розв'язання і програмне забезпечення з використанням технології структурного програмування.

Doc. Yu. Gryciuk, Dr. Sc. – USUFWT

Regular two-dimensional location of rectangular objects within the boundaries of rectangular plane

The techniques is considered to obtain all possible options for location of rectangular objects (RO) within the limited rectangular plane without taking into account any constraints, the rules are defined for functioning of a generator to produce regular location of RO. The appropriate mathematical formulation is worked out as well as solving procedure and software on the basis of structured programming technology.

Загальні положення

Раніше на багатьох підприємствах розкрій ПДМ на меблевій заготовці здійснювався переважно за поздовжньо-поперечною схемою суцільними пропилами. Така схема розкрою є доступною для реалізації на будь-якому універсальному, спеціалізованому чи спеціальному обладнанні. Процес розкрою виконується порівняно за невеликий проміжок часу, а тривалість його залежить тільки від кількості поздовжніх і поперечних пропилів. Особливість його полягає в тому, що спочатку відрізаються смуги поздовжніми або поперечними пропилами, а потім здебільшого всі смуги разом розрізаються суцільними пропилами на заготовки. В результаті виконання такої послідовності пропилів на виході з обладнання отримуються прості – однакові, або комбіновані – багатократні заготовки. Оскільки практично все технологічне обладнання придатне для розкрою ПДМ за картами з суцільними поперечними пропилами, то вияснення особливостей процесу їх формування з врахуванням різних обмежень, які можуть виникати при цьому, якраз і є темою даної роботи.

При формуванні карт розкрою ПДМ на заготовки з суцільними поздовжніми і поперечними пропилами використовується спосіб регулярного двовимірного розміщення ПО в межах обмеженої прямокутної площини (ПП). Такі карти використовуються при формуванні карт розкрою типу сітка (рис. 1,а), карт з комбінацією двох (рис. 1,б) і більше сіток, при формуванні карт з розкромом головної та основної частин (рис. 1,в), а також при розробці карт розкрою для комбінованих заготовок (рис. 1,г).

Нагадаємо, що основою способу двовимірного розміщення ПО в межах обмеженої ПП є спосіб регулярного одновимірного розміщення ПО вздовж смуги обмеженої довжини. Забігаючи наперед, зазначимо, що одновимірне розміщення при формуванні карт розкрою ПДМ використовується для розміщення спочатку заготовок вздовж тільки основної смуги, а потім основної та допоміжних смуг по ширині плити. Як і в способах одновимірного, так і двовимірного розміщення ПО використовується не хаотичний, а регулярний цілеспрямований порядок залучення

ня ПО до процесу їх розміщення. Для розуміння сказаного розглянемо спочатку деякі конкретні випадки використання двовимірного розміщення ПО в межах обмеженої ПП.

Розгляд особливостей процесу генерування можливих варіантів карт розкрою з використанням способу двовимірного розміщення ПО почнемо з ситуації, в якій не враховується жодних обмежень, тобто в процесі генерування з аналізу не пропускається жодного варіанту. Це дасть змогу всі ці варіанти проаналізувати і встановити правильний напрямок роботи розробленого генератора для двовимірного розміщення ПО, а також простежити тенденцію появи як локальних, так і глобальних значень критерію оцінки згенерованих варіантів. Потім, накладаючи різного роду обмеження, розглянемо такі ситуації, в яких кількість можливих варіантів розміщення ПО у генерованій множині буде як зменшуватися, так і зростати. Однак завдання полягатиме в тому, щоб з подальшого аналізу виключити так звані "неперспективні" варіанти, в яких критерії ефективності будуть мати надто низькі значення.

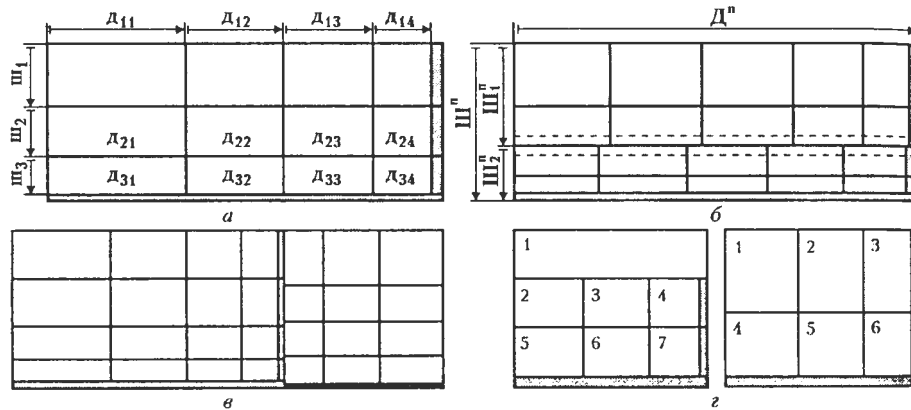


Рис. 1. Можливі випадки двовимірного розміщення ПО в межах обмеженої ПП

Таким чином, метою даної роботи є: розробка методики процесу генерування можливих варіантів регулярного двовимірного розміщення ПО в межах обмеженої ПП без врахування жодних обмежень; розробка відповідного математичного формулювання, алгоритму розв'язання і програмного забезпечення; розробка методики визначення загальної кількості карт розкрою з суцільними поперечними пропилами.

1. Методика двовимірного розміщення ПО в межах ПП без врахування жодних обмежень

Приклад 1. Нехай задано ПДМ довжиною $D''=3500$ і шириною $Ш''=1750$ мм, заготовки довжиною $d_{11}=655$ мм і $d_{12}=505$ обидві шириною $ш_1=555$ мм, а також заготовки довжиною $d_{21}=655$ мм і $d_{22}=505$, ширина кожної з яких становить $ш_2=405$ мм. Завдання полягає в тому, щоб скласти всі можливі варіанти розміщення цих заготовок на плиті з суцільними поперечними пропилами. За критерій ефективності будь-якого варіанту потрібно прийняти коефіцієнт заповнення плити заготовками.

Розглянемо випадок, коли забороняється поворот заготовок на карті розкрою, тобто, ширини смуг мають відповідати ширинам заготовок, а довжини заготовок у кожній смузі будуть однаковими. Окрім того, врахуємо також основну особливість розкрою плит, тобто спочатку на смуги, а потім смуги на заготовки. У нашому ж випадку ще додається обмеження на суцільні поперечні пропили. З врахуванням цих вимог і обмежень якраз і будемо складати всі можливі варіанти розміщення заготовок на плиті.

Насамперед сформуємо всі можливі варіанти розміщення заготовок вздовж основної смуги (табл. 1), а також варіанти розміщення основної та допоміжних смуг по ширині плити (табл. 2). Для отримання цих варіантів використовується спосіб регулярного послідовно-одиничного одновимірного розміщення ПО вздовж смуг обмеженої довжини без врахування жодних обмежень.

Табл. 1. Можливі варіанти розміщення заготовок вздовж основної смуги
Довжина смуги: 3500 мм

№ варіанту	Повторюваність заготовок довжиною		Заповнення смуги заготовками			Залишок смуги	Коефіцієнт заповнення смуги
	655	505	655	505	всього		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	5	0	3275	0	3275	225	0.9357
2.	4	1	2620	505	3125	375	0.8929
3.	3	3	1965	1515	3480	20	0.9943
4.	2	4	1310	2020	3330	170	0.9514
5.	1	5	655	2525	3180	320	0.9086
6.	0	6	0	3030	3030	470	0.8657

Табл. 2. Можливі варіанти розміщення смуг по ширині плити
Ширина плити: 1750 мм.

№ варіанту	Повторюваність ПО довжиною		Заповнення смуги ПО довжиною			Залишок смуги	Коефіцієнт заповнення смуги
	555	405	555	405	всього		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	3	0	1665	0	1665	85	0.9514
2.	2	1	1110	405	1515	235	0.8657
3.	1	2	550	810	1365	385	0.7800
4.	0	4	0	1620	1620	130	0.9257

Для отримання можливих варіантів розміщення заготовок на плиті (надалі – карта розкрою) підготуємо табл. 3. У цій таблиці у 1 графі будемо записувати номер карти розкрою. Наступні дві графи призначені для запису характеристик смуг, які розміщено по ширині плити, а саме, в графі 2 – ширини смуг, а в графі 3 – кількість цих смуг. 4 і 5 графи призначені для запису повторюваностей заготовок у кожній смузі, в графах 6 і 7 відповідно заповнення ними смуги, а в графі 8 – заповнення смуги всіма заготовками. У графі 9 записується залишок смуги, а графа 10 має два призначення: в чисельнику – площа відходів, в знаменнику – коефіцієнт заповнення плити заготовками. Окрім того, пропорції розмірів заготовок і деякі варіанти карт розкрою, отримані за результатами розрахунку, подано на рис. 2.

Перший варіант розміщення заготовок на плиті буде складатися з першого варіанту розміщення заготовок вздовж основної смуги і першого варіанту розміщення смуг по ширині плити (рис. 2). У другій карті знаходиться перший варіант розміщення заготовок вздовж основної смуги і другий варіант розміщення смуг

по ширині плити і т.д. Таких карт розкрою з першим варіантом розміщення заготовок вздовж основної смуги буде три – з 1 по 3 (табл. 3).

	655	505
555	1	2
405	3	4

Карта №7. $K_z=94.60\%$

1	1	1	2	2	2
1	1	1	2	2	2
1	1	1	2	2	2

Карта №20. $K_z=82.65\%$

3	3	3	3	4
3	3	3	3	4
3	3	3	3	4
3	3	3	3	4

Карта №1. $K_z=89.03\%$

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

Карта №14. $K_z=78.66\%$

1	2	2	2	2	2
1	2	2	2	2	2
3	4	4	4	4	4

Карта №24. $K_z=80.14\%$

4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4

Рис. 2. Варіанти карт розкрою ПДМ: розміри плити – 3500×1750 мм

Четверта карта розкрою буде складатися з другого варіанту розміщення заготовок вздовж основної смуги і першого варіанту розміщення смуг по ширині плити. У п'ятій карті знаходиться другий варіант розміщення заготовок вздовж основної смуги і другий варіант розміщення смуг по ширині плити і т.д. Таких карт розкрою з другим варіантом розміщення заготовок вздовж основної смуги буде також три – з 4 по 6. В результаті комбінації варіантів розміщення заготовок вздовж смуги і смуг по ширині плити отримуються карти розкрою з суцільними поздовжньо-поперечними пропилами. Це означає, що у випадку використання різних ширин заготовок, але з однаковими довжинами, загальна кількість згенерованих карт розкрою з суцільними поперечними пропилами залежить від кількості варіантів розміщення смуг по ширині плити, а в отриманих смугах – кількості варіантів розміщення заготовок вздовж них, тобто, отримані кількості варіантів необхідно перемножити: $4 \cdot 6 = 24$.

В результаті виконання розглянутої вище послідовності дій перебрано всі можливі варіанти розміщення спочатку заготовок довжиною D_j ($j = 1, n$; $i = 1, m$) вздовж основної смуги довжиною D^n , підібрано допоміжні смуги шириною $ш_i$ ($i = 1, m$) і перебрано всі можливі варіанти розміщення смуг по ширині плити шириною $Ш^n$. У наведеному прикладі показано випадок, коли всі заготовки основної та допоміжних смуг мають однакову довжину. Практично, такі випадки трапляються дуже рідко.

Табл. 3. Можливі варіанти карт розкрою ПДМ на заготовки

Розміри плити: 3500×1750 мм.

№ карти розкр.	Характеристика смуг		Повторюваність заготовок довжиною		Заповнення смуг заготовками			Залишок смуг	Відходи, м²
	ширина	кі-сть	655	505	655	505	всього		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	555	3	5	0	3275	0	3275	225	0.6721
	405	0	0	0	0	0	0	0	0.8903
2	555	2	5	0	3275	0	3275	225	1.1634
	405	1	5	0	3275	0	3275	225	0.8101
3	555	1	5	0	3275	0	3275	225	1.6546
	405	2	5	0	3275	0	3275	225	0.7299
4	555	3	4	1	2620	505	3125	375	0.9219
	405	0	0	0	0	0	0	0	0.8495
5	555	2	4	1	2620	505	3125	375	1.3906
	405	1	4	1	2620	505	3125	375	0.7730
6	555	1	4	1	2620	505	3125	375	1.8594
	405	2	4	1	2620	505	3125	375	0.6964
7	555	3	3	3	1965	1515	3480	20	0.3308
	405	0	0	0	0	0	0	0	0.9460
8	555	2	3	3	1965	1515	3480	20	0.8528
	405	1	3	3	1965	1515	3480	20	0.8608
9	555	1	3	3	1965	1515	3480	20	1.3748
	405	2	3	3	1965	1515	3480	20	0.7755
10	555	3	2	4	1310	2020	3330	170	0.5805
	405	0	0	0	0	0	0	0	0.9052
11	555	2	2	4	1310	2020	3330	170	1.0800
	405	1	2	4	1310	2020	3330	170	0.8237
12	555	1	2	4	1310	2020	3330	170	1.5796
	405	2	2	4	1310	2020	3330	170	0.7421
13	555	3	1	5	655	2525	3180	320	0.8303
	405	0	0	0	0	0	0	0	0.8644
14	555	2	1	5	655	2525	3180	320	1.3073
	405	1	1	5	655	2525	3180	320	0.7866
15	555	1	1	5	655	2525	3180	320	1.7843
	405	2	1	5	655	2525	3180	320	0.7087
16	555	3	0	6	0	3030	3030	470	1.0801
	405	0	0	0	0	0	0	0	0.8237
17	555	2	0	6	0	3030	3030	470	1.5346
	405	1	0	6	0	3030	3030	470	0.7495
18	555	1	0	6	0	3030	3030	470	1.9891
	405	2	0	6	0	3030	3030	470	0.6753
19	555	0	0	0	0	0	0	0	0.8195
	405	4	5	0	3275	0	3275	225	0.8662
20	555	0	0	0	0	0	0	0	1.0625
	405	4	4	1	2620	505	3125	375	0.8265
21	555	0	0	0	0	0	0	0	0.4874
	405	4	3	3	1965	1515	3480	20	0.9204
22	555	0	0	0	0	0	0	0	0.7304
	405	4	2	4	1310	2020	3330	170	0.8808
23	555	0	0	0	0	0	0	0	0.9734
	405	4	1	5	655	2525	3180	320	0.8411
24	555	0	0	0	0	0	0	0	1.2164
	405	4	0	6	0	3030	3030	470	0.8014

Здебільшого, в кожній з допоміжних смуг може знаходитися різна кількість заготовок і тільки деякі з них матимуть довжини, однакові з довжинами заготовок основної смуги. Тому розглянутий підхід назвемо частковим випадком

способу регулярного послідовно-одиночного двовимірного розміщення ПО в межах обмеженої ПП без врахування жодних обмежень. Основна особливість цього способу полягає в тому, що серед всіх згенерованих карт розкрою ніколи не трапляється однакових.

Приклад 2. Нехай задано ПП довжиною $D^n=3500$ і шириною $Ш^n=1750$ мм, ПО довжиною $d_{11}=655$, $d_{12}=505$ і $d_{13}=405$ мм – обидва шириною $ш_1=555$ мм, ПО довжиною $d_{21}=505$ і $d_{22}=405$ мм, ширина кожного з яких становить $ш_2=405$ мм, а також ПО довжиною $d_{31}=655$ мм і $d_{32}=405$, ширина кожного з яких становить $ш_3=265$ мм. Завдання полягає в тому, щоб скласти всі можливі варіанти розміщення цих ПО в межах ПП з суцільними поперечними пропилами. За критерій ефективності будь-якого варіанту потрібно прийняти коефіцієнт заповнення ПП ПО.

Розглянемо випадок, коли забороняється поворот ПО в карті розкрою, тобто, ширини смуг відповідатимуть ширинам ПО, а довжини ПО у кожній смузі будуть однаковими. Із завдання видно, що в кожній смузі знаходиться різна кількість ПО і тільки деякі з них мають довжини, однакові з довжинами ПО інших смуг. Тобто, в цьому прикладі розглядається загальний випадок розміщення смуг шириною $ш_i$ ($i=1, m$) по ширині ПП $Ш^n$ і ПО довжиною d_{ij} ($j=1, n_i$; $i=1, m$) вздовж смуг довжиною D^n . Особливість формування карт розкрою з такими входними даними полягає в тому, що в допоміжних смугах до уваги беруться тільки ті ПО, всі довжини яких відповідають довжинам ПО основної смуги. Нижче пропонується така методика генерування можливих варіантів карт розкрою.

Враховуючи те, що розглядається навчальний приклад, то, для наочності подання результатів розрахунку, необхідно дещо впорядкувати входні дані:

Ширини	Довжини	Ширини	Довжини
смуг	ПО	смуг	ПО
555	655 505 405	555	655 505 405
405	505 405	405	0 505 405
265	655 405	265	655 0 405

В результаті таких змін будемо мати в кожній смузі однакову кількість ПО, але деякі з них матимуть нульові довжини. Це дозволить нам подати результати розрахунку в традиційному табличному вигляді (табл. 4). Деякі варіанти двовимірного розміщення ПО в межах обмеженої ПП, отримані за результатами розрахунку, подано на рис. 3.

Нагадаємо, що при генеруванні u -ої карти розкрою ПДМ на заготовки з суцільними поперечними пропилами процес формування карти починається з $u=1$ -ої основної смуги шириною $ш_u$, в яку входять $j=1$ -а основна та всі інші допоміжні заготовки d_{uj} ($j=1, n_i^u$). Спочатку способом одновимірного розміщення генерується $v=1$ -ий варіант розміщення заготовок вздовж u -ої основної смуги. В отриманий варіант можуть увійти тільки деякі заготовки з усіх наявних і з повторюваністю p_{ij}^{uv} ($j=1, n_i^u$). Потім необхідно відшукати такі ширини допоміжних смуг, до яких обов'язково входять такі самі довжини заготовок як і у v -му варіанті їх розміщення для u -ої смуги, тобто обов'язково має виконуватись така умова: $d_{ik} = d_{uj}^{uv} \wedge p_{uj}^{uv} > 0$ ($j=1, n_i^u$; $k=1, n_i$; $i=u+1, m$). В результаті виконання такого

пошуку утворюється робоча множина смуг з ширинами $ш_i^{uv}$ ($i=1, m^{uv}$) і відповідними однаковими довжинами заготовок d_{ij}^{uv} ($j=1, n_i^{uv}$; $i=u, m^{uv}$). З отриманих смуг способом одновимірного розміщення генерується $w=1$ -й варіант розміщення смуг по ширині ПДМ з повторюваністю y_i^{uvw} ($i=1, m^{uv}$) а отже, генерується $v=1$ -а карта розкрою. Потім генерується $v=2$ -ий варіант розміщення смуг з повторюваністю y_i^{uvw} ($i=1, m^{uv}$) і $v=2$ -а карта розкрою і т.д.

	655	505	405
555	1	2	3
405		4	5
265	6		7

Карта №8. $Kz=94.60\%$

1	1	1	2	2	2
1	1	1	2	2	2
1	1	1	2	2	2

Карта №62. $Kz=91.51\%$

5	5	5	5	5	5	5	5	5
7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7

Карта №6. $Kz=91.84\%$

1	1	1	1	3	3
1	1	1	1	3	3
6	6	6	6	7	7
6	6	6	6	7	7

Карта №53. $Kz=90.85\%$

4	4	4	4	4	4	5
4	4	4	4	4	4	5
4	4	4	4	4	4	5
4	4	4	4	4	4	5

Карта №64. $Kz=89.04\%$

6	6	6	6	7	7
6	6	6	6	7	7
6	6	6	6	7	7
6	6	6	6	7	7
6	6	6	6	7	7
6	6	6	6	7	7

Рис. 3. Варіанти розміщення ПО в межах ПП: розміри ПП – 3500×1750 мм

Зрозуміло, що в кожній зі смуг, включаючи основну і допоміжні, для v -го варіанту розміщення заготовок будуть знаходитися тільки однотипні заготовки з повторюваністю, як у u -ій основній смузі: p_{ij}^{uv} ($j=1, n_i^{uv}$; $i=u, m^{uv}$). Нагадаємо, що під однотипними розуміють заготовки, які мають різні ширини, але однакові довжини. Чергова зміна варіанту розміщення заготовок у основній смузі, тобто якщо одна з них добавиться або відпаде (але тільки не зміна їх повторюваності), призводить до необхідності відшукування допоміжних смуг з такими довжинами заготовок, як і в основній смузі. Можливо, отримана таким чином робоча множина ширин смуг буде повністю співпадати з попередньою. У випадку відсутності допоміжних смуг з однотипними заготовками, то генерується тільки один варіант розміщення основної смуги по ширині ПДМ.

Табл. 4 (фрагмент). Можливі варіанти двовимірного розміщення ПО в межах обмеженої ПП: розміри ПП – 3500×1750 мм

№ карти розкр.	Характеристика смуг		Повторюваність ПО довжиною			Заповнення смуги ПО довжиною				Залишок смуги	Відходи, м ² Kz
	ширина	к-сть	655	505	405	655	505	405	всього		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	555	3	5	0	0	3275	0	0	3275	225	0.6721
	405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	265	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8903
2	555	2	5	0	0	3275	0	0	3275	225	0.7540
	405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	265	2	5	0	0	3275	0	0	3275	225	0.8769
3	555	1	5	0	0	3275	0	0	3275	225	0.8359
	405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	265	4	5	0	0	3275	0	0	3275	225	0.8635
4	555	3	4	1	0	2620	505	0	3125	375	0.9219
	405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	265	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8495
5	555	3	4	0	2	2620	0	810	3430	70	0.4141
	405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	265	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9324
6	555	2	4	0	2	2620	0	810	3430	70	0.4998
	405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	265	2	4	0	2	2620	0	810	3430	70	0.9184
7	555	1	4	0	2	2620	0	810	3430	70	0.5856
	405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	265	4	4	0	2	2620	0	810	3430	70	0.9044
8	555	3	3	3	0	1965	1515	0	3480	20	0.3308
	405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	265	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9460
52	555	1	0	0	8	0	0	3240	3240	260	0.8924
	405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	265	4	0	0	8	0	0	3240	3240	260	0.8543
53	555	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5603
	405	4	0	6	1	0	3030	405	3435	65	
	265	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9085
62	555	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5198
	405	1	0	0	8	0	0	3240	3240	260	
	265	5	0	0	8	0	0	3240	3240	260	0.9151
63	555	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9178
	405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	265	6	5	0	0	3275	0	0	3275	225	0.8502
64	555	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6713
	405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	265	6	4	0	2	2620	0	810	3430	70	0.8904
68	555	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9734
	405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	265	6	0	0	8	0	0	3240	3240	260	0.8411

Після перебору всіх можливих варіантів розміщення заготовок в основній смузі відбувається перехід до наступної смуги, яка раніше була допоміжною, а тепер стала основною. Для цієї основної смуги аналогічно виконуються всі розглянуті вище дії. Процес переходу від однієї смуги до іншої завершується аж на останній смузі.

Розглянуту послідовність дій використаємо для розв'язання задачі з прикл. 2. Для отримання можливих варіантів розміщення ПО в межах обмеженої ПП (надалі – можливих карт розкрою) підготуємо табл. 4 з аналогічними графами, як і в табл. 3.

При генеруванні 1-ої карти розкрою процес розміщення починається з 1-ої основної смуги шириною 555 мм, в яку входять 1-ий основний ПО довжиною 555 мм та всі інші допоміжні ПО з довжинами 505 і 405 мм. Спочатку сформуємо 1-ий варіант розміщення ПО вздовж 1-ої основної смуги з повторюваністю 5 0 і 0, тобто увійшов тільки ПО довжиною 655 мм. Допоміжною смугою, до якої входить обов'язково цей ПО, є смуга шириною 265 мм. В результаті виконання такого пошуку утворюється робоча множина смуг з ширинами 555 і 265 мм і одним ПО довжиною 655 мм. З отриманих смуг сформуємо 1-ий варіант розміщення смуг по ширині ПП з повторюваністю 3 і 0. В результаті отримано 1-шу карту розкрою. Потім генерується 2-ий варіант розміщення смуг з повторюваністю 2 і 2, в результаті отримано 2-гу карту розкрою, а потім і 3-тю карту.

Чергова зміна варіанту розміщення ПО у основній смузі з повторюваністю 4, 1 і 0 призводить до необхідності відшукування допоміжних смуг з такими довжинами ПО, як і в основній смузі. Виявляється, що ПО з такими довжинами немає ні в одній з допоміжних смуг, тобто сформується тільки один варіант розміщення основної смуги по ширині ПП з 3-разовою повторюваністю, в результаті чого сформується 4-та карта розкрою.

Наступний варіант розміщення ПО у основній смузі з повторюваністю 4, 0 і 2 призводить до необхідності відшукування допоміжних смуг з такими довжинами ПО, як і в основній смузі. Виявляється, що ПО з такими довжинами є знову тільки в останній смузі, тобто, отримана робоча множина смуг буде повністю співпадати з першою множиною. Розміщення смуг по ширині ПП призведе до формування трьох карт розкрою з 5 по 7 (рис. 3).

Після перебору всіх можливих варіантів розміщення ПО у основній смузі (варіанти карт з 1 по 52) відбувається перехід до наступної 2-ої смуги, яка раніше була допоміжною, а тепер стала основною. Для цієї основної смуги аналогічно виконуються всі розглянуті вище дії (варіанти карт з 53 по 62). Процес переходу від одної смуги до іншої завершується аж на останній 3-ій смузі (варіанти карт з 63 по 68).

В результаті виконання розглянутої вище послідовності дій перебрано всі можливі варіанти розміщення смуг шириною $ш_i$ ($i = \overline{1, m}$) по ширині ПП шириною $Ш^n$ і ПО довжиною $д_{ij}$ ($j = \overline{1, n}; i = \overline{1, m}$) вздовж смуг довжиною $Д^n$. В загальному випадку двовимірне розміщення ПО в межах обмеженої ПП полягає у одновимірному розміщенні ПО вздовж основної смуги, підборі допоміжних смуг, до яких входили б усі ПО довжиною як і в основній смузі, а потім – виконанні одновимірного розміщення смуг по ширині ПП. Зрозуміло, що в результаті проведення таких дій довжини ПО та їх повторюваності у кожній смузі кожної карти розкрою будуть мати однакові значення. Розглянутий підхід назовемо *способом регулярного послідовно-одиночного двовимірного розміщення ПО в межах обмеженої ПП* без врахування жодних обмежень. Основна властивість цього способу полягає в тому, що серед всіх згенерованих карт розкрою ніколи не трапляється однакових. Необхідно зазначити, що у розглянутому прикладі не враховується можливість повер-

тання ПО, яка в загальному випадку може значно вплинути на розробку алгоритму роботи генератора повного перебору можливих варіантів карт розкрою.

2. Математичне формулювання задачі

Процес генерування всієї множини можливих варіантів розміщення ПО в межах обмеженої ПП з паралельним один під одним поперечним розміщенням ПО і без врахування жодних додаткових обмежень має таке математичне формулювання.

Введемо позначення для таких вхідних даних:

- $\overline{L}^n, \overline{Ш}^n$ – довжина і ширина ПП; m – кількість смуг;
- $\overline{Ш} = \{\overline{ш}_i, i = \overline{1, m} : \overline{ш}_{i-1} \geq \overline{ш}_i\}$ – впорядковані за спаданням ширини смуг;
- $\overline{N} = \{\overline{n}_i, i = \overline{1, m}\}$ – кількість ПО в смугах;
- $\overline{D} = \{\overline{L}_i = \{\overline{L}_{ij}, j = \overline{1, n_i} : \overline{L}_{i,j-1} \geq \overline{L}_{ij}\}, i = \overline{1, m}\}$ – впорядковані за спаданням довжини ПО в кожній смузі.

Завдання полягає у тому, щоб за відомими значеннями вхідних даних згенерувати всю множину можливих карт розкрою з суцільними поперечними пропилами, яка складається з комбінації можливих варіантів розміщення смуг шириною $\overline{Ш}$ по ширині ПП шириною $\overline{Ш}^n$ і можливих варіантів розміщення ПО довжиною $\overline{D}$ вздовж смуг довжиною $\overline{D}^n$ з отриманням таких складових результату розрахунку:

- повторюваностей ПО у смугах:

$$\overline{P} = \left\{ \overline{P}^u = \left\{ \overline{P}^{uv} = \left\{ \overline{P}^{uvw}, w = \overline{1, Ks^{uv}} \right\}, v = \overline{1, Kp^u} \right\}, u = \overline{1, m} \right\}, \quad (1)$$

$$\overline{P}^{uvw} = \left\{ \overline{P}_i^{uvw} = \left\{ \overline{P}_{ij}^{uvw} = \begin{cases} f[\overline{D}^n, \overline{L}_i, \overline{P}_i^{u,v-1,w}], & \text{якщо } i = u; \\ \overline{P}_{ij}^{uvw}, & \text{якщо } i > u; \end{cases} j = \overline{1, n_i^{uv}}, i = \overline{u, m^{uv}} \right\} \right\};$$

- повторюваностей смуг по ширині ПП:

$$\overline{Y} = \left\{ \overline{Y}^u = \left\{ \overline{Y}^{uv} = \left\{ \overline{Y}^{uvw}, w = \overline{1, Ks^{uv}} \right\}, v = \overline{1, Kp^u} \right\}, u = \overline{1, m} \right\}, \quad (2)$$

$$\overline{Y}^{uvw} = \left\{ \overline{Y}_i^{uvw} = f[\overline{Ш}^n, \overline{Ш}, \overline{Y}^{u,v,w-1}], i = \overline{u, m} \right\};$$

- коефіцієнтів заповнення ПП ПО:

$$\overline{Kz} = \left\{ \overline{Kz}^u = \left\{ \overline{Kz}^{uv}, v = \overline{1, Kp^u} \right\}, u = \overline{1, m} \right\}, \quad (3)$$

$$\overline{Kz}^{uv} = \left\{ \overline{Kz}^{uvw} = f[\overline{D}^n, \overline{Ш}^n, \overline{D}, \overline{Ш}, \overline{P}^{uvw}, \overline{Y}^{uvw}] \rightarrow \max, w = \overline{1, Ks^{uv}} \right\};$$

- номерів карт розкрою:

$$\overline{g} = \left\{ \overline{g}^u = \left\{ \overline{g}^{uv}, v = \overline{1, Kp^u} \right\}, u = \overline{1, m} \right\}, \quad (4)$$

$$\overline{g}^{uv} = \left\{ \overline{g}^{uvw} = f[u, v, w, \dots], w = \overline{1, Ks^{uv}} \right\},$$

де Kr – загальна кількість карт розкрою;

Kp^u – кількість варіантів розміщення ПО вздовж u -ої основної смуги;

Ks^{uv} – кількість варіантів розміщення смуг по ширині ПП для v -го варіанту розміщення ПО вздовж u -ої основної смуги;

Kz^{uvw} – коефіцієнт заповнення ПП ПО у w -му варіанті розміщення смуг по ширині ПП і для v -го варіанту розміщення ПО вздовж u -ої основної смуги;

m^{uv} – кількість ширин смуг, які беруть участь у v -му варіанті розміщення ПО вздовж u -ої основної смуги;

n_i^{uv} – кількість довжин ПО в i -ій смузі, які беруть участь у v -му варіанті розміщення ПО вздовж u -ої основної смуги;

y_i^{uvw} – повторюваність i -ої смуги у w -му варіанті їх розміщення по ширині ПП для v -го варіанту розміщення ПО вздовж u -ої основної смуги;

p_{ij}^{uvw} – повторюваність j -го ПО в i -ій смузі для w -го варіанту розміщення смуг по ширині ПП і для v -го варіанту розміщення ПО вздовж u -ої основної смуги.

Запис $g^{uvw} = f[u, v, w, \dots]$ означає, що номер карти розкрою залежить від номера основної смуги (u), номера варіанту розміщення ПО вздовж смуги (v), номера варіанту розміщення смуг по ширині ПП (w) і ще деяких, поки що не визначених параметрів, тобто він є функцією від усіх цих параметрів.

Процес розміщення ПО здійснюється способом послідовно-одиночного двовимірного розміщення ПО в межах обмеженої ПП без врахування жодних обмежень. Для знаходження сукупності невідомих параметрів (1)...(4) використовується така послідовність дій і відповідні математичні співвідношення.

Введемо такі додаткові змінні: z_{ij}^{uv} – поточна довжина залишку i -ої смуги, вздовж якої потрібно розмістити j -ий ПО при генеруванні v -го варіанту розміщення ПО вздовж u -ої основної смуги; i_i^{uv} – номер ПО, з якого починається обчислення його повторюваності при генеруванні v -го варіанту розміщення ПО вздовж u -ої основної смуги. Перед початком генерування 1-ої карти розкрою названі змінні приймають такі значення: $u=1$; $i=u$; $z_{11}^{11} = \overline{D}^n$ і $i_1^{11} = 0$, а також $P^{111} = 0$.

Поточна повторюваність j -го ПО для $i=u$ -ої смуги і поточна довжина залишку смуги при генеруванні v -го варіанту їх розміщення вздовж u -ої основної смуги визначаються з такого співвідношення:

$$\left(p_{ij}^{uvw} = \text{int} \left[\frac{z_{ij}^{uv}}{L_{ij}} \right]; z_{i,j+1}^{uv} = z_{ij}^{uv} - L_{ij} \cdot p_{ij}^{uvw} \right), j = \overline{i_i^{uv} + 1, n_i^{uv}}; i = u. \quad (5)$$

Потім відшукуються такі допоміжні смуги, до яких входять обов'язково всі довжини ПО як у 1-му варіанті розміщення ПО для u -ої основної смуги, в результаті чого утворюються відповідно робочі довжини ПО і ширини смуг:

$$\overline{L}^{uv} = \left\{ \overline{L}_i^{uv} = \left\{ L_{ij}^{uv}, j = \overline{1, n_i^{uv}} \right\}, i = \overline{u, m^{uv}} \right\}, \quad (6)$$

$$\overline{Ш}^{uv} = \left\{ \overline{ш}_i^{uv}, i = \overline{u, m^{uv}} \right\},$$

$$\text{де } L_{ij}^{uv} = \begin{cases} L_{ik}, & \text{якщо } p_{ij}^{uvw} > 0 \wedge L_{ij} = L_{ik}; \\ 0 - \text{в інш. випадку} \end{cases} \quad k = \overline{1, n_i}; j = \overline{1, n_u^{uv}}; i = \overline{u+1, m}.$$

$$\overline{ш}_i^{uv} = \begin{cases} \overline{ш}_i, & \text{якщо } p_{ij}^{uvw} > 0 \wedge L_{ij} = L_{ik}; \\ 0 - \text{в інш. випадку} \end{cases}$$

Введемо ще такі додаткові змінні: c_i^{uvw} – поточний залишок ширини ПП, вздовж якого потрібно розмістити i -ту смугу для w -го варіанту їх розміщення при генеруванні v -го варіанту розміщення ПО вздовж u -ої основної смуги; k^{uvw} – номер смуги, з якої починається обчислення її повторюваності при генеруванні w -го варіанту їх розміщення по ширині ПП для v -го варіанту розміщення ПО вздовж u -ої основної смуги. Перед початком генерування l -го варіанту розміщення смуг по ширині ПП для v -го варіанту їх розміщення вздовж u -ої основної смуги названі змінні приймають такі значення: $c_u^{uvl} = \Pi^n$ і $k^{uvl} = 0$, а також $\overline{Y^{uvl}} = 0$.

Поточна повторюваність i -ої смуги і поточна довжина залишку ширини ПП при генеруванні w -го варіанту їх розміщення по ширині ПП для v -го варіанту їх розміщення вздовж u -ої основної смуги визначаються з такого співвідношення:

$$\left(y_i^{uvw} = \text{int} \left[\frac{c_i^{uvw}}{w_i^{uv}} \right]; c_{i+1}^{uvw} = c_i^{uvw} - w_i^{uv} \cdot y_i^{uvw} \right), i = \overline{k^{uvw} + 1, m^{uv} : k^{uvw} \geq u}. \quad (8)$$

Поточна повторюваність j -го ПО для i -ої смуги при генеруванні w -го варіанту розміщення смуг по ширині ПП для v -го варіанту розміщення ПО вздовж u -ої основної смуги визначається з такого співвідношення:

$$(p_{ij}^{uvw} = p_{uj}^{uvw}, j = \overline{1, n_i^{uv}}), i = \overline{u + 1, m^{uv}}. \quad (9)$$

Загальне заповнення смуг ПП довжиною D^n при генеруванні v -го варіанту розміщення ПО вздовж u -ої основної смуги визначається з такого співвідношення:

$$\overline{S^{uvw}} = \left\{ s_i^{uvw} = \sum_{j=1}^{n_i^{uv}} d_{ij}^{uv} \cdot p_{ij}^{uvw}, i = \overline{u, m^{uv}} \right\}, \quad (10)$$

загальне заповнення ширини Π^n при генеруванні w -го варіанту розміщення смуг по ширині ПП для v -го варіанту розміщення ПО вздовж u -ої основної смуги визначається з такого співвідношення:

$$\overline{\Sigma^{uv}} = \left\{ \delta^{uvw} = \sum_{i=u}^{m^{uv}} w_i^{uv} \cdot y_i^{uvw}, w = \overline{1, Ks^{uv}} \right\}, \quad (11)$$

загальне заповнення ПП ПО визначається з такого співвідношення:

$$\Omega^{uvw} = \sum_{i=u}^{m^{uv}} w_i^{uv} \cdot y_i^{uvw} \cdot \sum_{j=1}^{n_i^{uv}} d_{ij}^{uv} \cdot p_{ij}^{uvw}, \quad (12)$$

а коефіцієнт заповнення ПП ПО – за такою формулою:

$$Kz^{uvw} = \frac{\Omega^{uvw}}{S^n}, \quad (13)$$

де $S^n = D^n \cdot \Pi^n$ – площа ПП.

Аналізуючи результати табл. 4 видно, що діапазон прийняття значень цим коефіцієнтом можна описати таким співвідношенням:

$$Kz^{uvw} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } \Omega^{uvw} = S^n; \\ \Omega^{uvw} / S^n - \text{в інш. випадках;} \end{cases} \quad (14)$$

Наступний поточний $w=w+1$ варіант розміщення смуг по ширині ПП базується на попередньому варіанті з такими змінами. Повторюваності смуг без будь-яких змін з попереднього варіанту їх розміщення по ширині ПП переносяться в наступний варіант, тобто

$$y_i^{uvw} = y_i^{uv, w-1}, i = \overline{k^{uvw}, m^{uv} - 1}. \quad (15)$$

Повторюваність m^{uv} -ої смуги прирівнюється до нуля ($y_{m^{uv}}^{uv} = 0$). Потім відшукується така, нехай, k^{uvw} -та смуга, для якої повторюваність є більшою від нуля ($y_{k^{uvw}}^{uv} > 0$). Для цієї смуги повторюваність зменшується на одиницю ($y_{k^{uvw}}^{uvw} = y_{k^{uvw}}^{uv} - 1$). Початкова довжина залишку ширини ПП для k^{uvw} -ої смуги при генеруванні w -го варіанту визначається за формулою:

$$c_{k^{uvw}}^{uvw} = \Pi^n - \sum_{i=1}^{k^{uvw}} w_i^{uv} \cdot y_i^{uvw}. \quad (16)$$

Після цього за співвідношенням (8) визначаються: поточна повторюваність i -ої смуги і поточна довжина залишку ширини ПП при генеруванні w -го варіанту їх розміщення. Аналогічно продовжуються розрахунки для кожного наступного варіанту розміщення смуг. Припинення процесу генерування можливих варіантів розміщення смуг по ширині ПП відбувається при виконанні такої умови:

$$y_i^{uvw} = 0 \wedge i = u, \quad (17)$$

тобто, з обов'язковою участю u -ої основної смуги.

Наступний поточний $v=v+1$ варіант розміщення ПО вздовж основної смуги базується на попередньому варіанті з такими змінами. Повторюваності ПО без будь-яких змін з попереднього варіанту їх розміщення вздовж основної смуги переносяться в наступний варіант, тобто

$$p_{ij}^{uvw} = p_{ij}^{u, v-1, w}, j = \overline{1, n_i^{uv} - 1}; i = u. \quad (18)$$

Повторюваність n_i^{uv} -го ПО прирівнюється до нуля ($p_{i, n_i^{uv}}^{uvw} = 0$). Потім відшукується такий, нехай, i_i^{uv} -ий ПО, для якого повторюваність є більшою від нуля ($p_{i_i^{uv}}^{uvw} > 0$). Для цього ПО повторюваність зменшується на одиницю ($p_{i_i^{uv}}^{uvw} = p_{i_i^{uv}}^{uvw} - 1$). Початкова довжина залишку смуги для i_i^{uv} -го ПО при генеруванні v -го варіанту визначається за формулою:

$$z_{i_i^{uv}}^{uv} = D^n - \sum_{j=1}^{i_i^{uv}} d_{ij}^{uv} \cdot p_{ij}^{uvw}. \quad (19)$$

Після цього за співвідношенням (5) визначаються поточна повторюваність j -го ПО і поточна довжина залишку смуги при генеруванні v -го варіанту їх розміщення. Аналогічно продовжуються розрахунки для кожного наступного варіанту розміщення ПО. Припинення процесу генерування можливих варіантів розміщення ПО вздовж основної смуги відбувається при виконанні такої умови:

$$p_{ij}^{uvw} = 0, j = \overline{1, n_i^{uv} - 1} \wedge i = u. \quad (20)$$

Для будь-якого варіанту карти розкрою є обов'язковим виконання необхідної умови максимального заповнення ширини ПП смугами, а основної смуги – ПО:

$$\begin{cases} \overline{Ш}^n - \overline{ш}_{\min}^{uv} \leq \delta^{uvw} \leq \overline{Ш}^n, \\ \overline{Д}^n - \overline{д}_{i,\min}^{uv} \leq \overline{с}_i^{uvw} \leq \overline{Д}^n, i = \overline{u, m}^{uv}, \end{cases} \quad (21)$$

де $\overline{ш}_{\min}^{uv} = \min\{\overline{ш}_i^{uv}, i = \overline{u, m}^{uv}\}$, $\overline{д}_{i,\min}^{uv} = \min\{\overline{д}_{ij}^{uv}, j = \overline{1, n_i}^{uv}\}$ – відповідно мінімальні ширина смуги і довжина ПО для v -го варіанту розміщення ПО вздовж u -ої основної смуги.

Зрозуміло, що для двовимірного розміщення ПО в межах обмеженої ПП є необов'язковою перевірка умови заповнення кожної смуги ПП, оскільки, згідно з (1), всі смуги мають однакову довжину.

3. Визначення загальної кількості карт розкрою

Загальна кількість карт розкрою (Kr) з суцільними поперечними пропилами, згенерованих на основі розглянутого вище способу, не завжди буде залежати від кількості варіантів розміщення смуг по ширині плити, а в кожній смузі – ПО вздовж неї (див. прикл. 1). Для обчислення загальної кількості карт розкрою необхідно виконати такі дії. Спочатку способом неповного перебору для одновимірного розміщення ПО для кожної основної смуги визначаються кількості можливих варіантів розміщення ПО вздовж них Kp^u . Потім для кожної смуги з однотипними заготовками цим самим способом розраховуються кількості варіантів розміщення смуг для v -го варіанту розміщення ПО вздовж u -ої основної смуги Ks^{uv} . Тоді кількість карт розкрою, сформованих на базі u -ої основної смуги, визначається за такою формулою:

$$Kr^u = \sum_{v=1}^{Kp^u} Ks^{uv}, u = \overline{1, m}, \quad (22)$$

а загальна кількість можливих варіантів карт, сформованих на базі усіх основних смуг, – за такою формулою

$$Kr = \sum_{u=1}^m Kr^u. \quad (23)$$

Вище зазначалось, що номер варіанту карти розкрою (9) залежить від визначених параметрів u , v і w , а також деяких невизначених параметрів. Після розгляду методики обчислення загальної кількості варіантів карт розкрою цими невизначеними параметрами будуть:

- кількості можливих варіантів розміщення ПО вздовж u -ої основної смуги:

$$\overline{Kp}^u = \{Kp^u, u = \overline{1, m}\}; \quad (24)$$

- кількості можливих варіантів розміщення смуг для v -го варіанту розміщення ПО вздовж u -ої основної смуги:

$$\overline{Ks}^u = \{Ks^u = \{Ks^{uv}, v = \overline{1, Kp^u}\}, u = \overline{1, m}\}, \quad (25)$$

Тоді повний запис виразу (4) буде мати такий вигляд: $9^{uvw} = f[u, v, w, \overline{Kp}, \overline{Ks}]$.

Для двовимірного розміщення ПО в межах ПП при заданих значеннях u , v і w за умови, що їхні значення знаходяться в певних межах, а також при відомих значеннях $\overline{Kp}$ і $\overline{Ks}$, на основі (22) і (23) потрібний номер карти розкрою визначається за такою формулою:

$$9^{uvw} = \sum_{i=1}^{u-1} \sum_{j=1}^{Kp^i} Ks^{ij} + \sum_{j=1}^{v-1} Ks^{uj} + w, \text{ якщо } \begin{cases} 1 \leq u \leq m; \\ 1 \leq v \leq Kp^u; \\ 1 \leq w \leq Ks^{uv}. \end{cases} \quad (26)$$

Якщо $u=1$, то номер карти розкрою визначається без першого доданку даного виразу, а при умові $v=1$ – без другого доданку. Проведемо *апробацію запропонованої методики обчислення загальної кількості можливих варіантів карт розкрою з суцільними поперечними пропилами на умові прикл.4.1*. Хоча в ньому розглядається частковий випадок, в якому кількість можливих варіантів карт визначається шляхом перемноження кількості варіантів розміщення ПО вздовж основної смуги на кількість варіантів розміщення смуг по ширині ПП, але для впевненості поспробуємо використати розглянуту вище методику.

Оскільки є дві основні ширини смуг, в кожній з яких по дві довжини ПО, то $m=2$, $n_1=2$ і $n_2=2$. Згідно з табл. 1, кількість можливих варіантів розміщення ПО вздовж 1-ої основної смуги буде $Kp^1=6$, а вздовж 2-ої основної смуги – $Kp^2=6$. Тоді з 1-ою основною смугою для 1-го варіанту розміщення ПО згідно з табл. 2 і 4.3 кількість варіантів розміщення смуг буде становити $Ks^{11}=3$ (карти 1, 2 і 3), для 2-го варіанту розміщення ПО – $Ks^{12}=3$ (карти 4, 5 і 6), для 3-го варіанту – $Ks^{13}=3$ (карти 7, 8 і 9), для 4-го варіанту – $Ks^{14}=3$ (карти 10, 11 і 12), для 5-го варіанту – $Ks^{15}=3$ (карти 13, 14 і 15), для 6-го варіанту – $Ks^{16}=3$ (карти 16, 17 і 18). Однакова кількість для різних варіантів пояснюється тим, що в кожній зі смуг знаходяться однотипні заготовки. З 2-ою основною смугою для кожного з 6-ти варіантів розміщення ПО кількість варіантів розміщення смуг відповідно буде становити по одному, тобто $Ks^{21}=1$, $Ks^{22}=1$, $Ks^{23}=1$, $Ks^{24}=1$, $Ks^{25}=1$, $Ks^{26}=1$.

Згідно з виразом (22), кількість карт розкрою з використанням 1-ої основної смуги буде становити $Kr^1=3+3+3+3+3+3=18$, а з використанням 2-ої основної смуги – $Kr^2=1+1+1+1+1+1=6$. Відповідно до виразу (23) загальна кількість можливих варіантів карт з використанням усіх основних смуг буде становити $Kr=18+6=24$, що повністю співпадає з розрахунком у прикладі.

Нехай для $u=2$, $v=3$ і $w=1$ згідно з виразом (26) і тільки що отриманих вище результатів розрахунку карта розкрою буде мати такий номер:

$$9^{uvw} = Kr^1 + Ks^{21} + Ks^{22} + w = 18 + 1 + 1 + 1 = 21.$$

4. Алгоритм розв'язання та програмна реалізація задачі

Для реалізації алгоритму генерування всіх можливих варіантів карт розкрою зі суцільними поперечними пропилами необхідно організувати зовнішній цикл переходу від однієї основної смуги до іншої, а в середині цього циклу потрібно організувати два етапи з такою послідовністю виконання дій. На першому етапі за допомогою першої стандартної підпрограми для одновимірного розміщення ПО здійснюється генерування v -го варіанту розміщення ПО вздовж u -ої основної смуги. Потім відбувається підбір допоміжних смуг і за допомогою поді-

бної підпрограми здійснюється генерування w-го варіанту розміщення смуг по ширині ПП. Особливістю підпрограми для розміщення смуг по ширині ПП є те, що перебір здійснюється з обов'язковою участю u-ої основної смуги. В результаті поєднання однієї з комбінацій варіантів розміщення ПО вздовж смуги і смуг по ширині ПП утворюється 9-а карта розкрою. Позаяк карти розкрою формуються з суцільними поперечними пропилами, то після генерування w-го варіанту розміщення смуг по ширині ПП для усіх допоміжних смуг відбувається присвоєння повторюваності ПО з основної смуги.

На другому етапі за допомогою другої стандартної підпрограми після підготовки даних здійснюється перехід до генерування наступного варіанту розміщення смуг, а у випадку їх завершення – перехід до підготовки даних для ПО і до генерування наступного варіанту їх розміщення. У випадку завершення варіантів розміщення ПО вздовж однієї основної смуги відбувається перехід до наступної основної смуги і аналогічно продовжується процес.

Зрозуміло, що це далеко не повний опис програмної реалізації даної задачі, всі детальні викладки будуть розглядатися пізніше. Підтвердженням правильності роботи запропонованого програмного забезпечення можуть бути обчислені за допомогою нього результати табл. 3 і 4, виведені у відповідний текстовий файл і як оригінал занесені до даної роботи.

Висновки

На підставі конкретних числових даних розглянуто методику отримання всіх можливих варіантів розміщення ПО в межах обмеженої ПП без врахування жодних обмежень, що дозволило визначити тактику роботи генератора з регулярним розміщенням ПО. Запропонований підхід названо способом регулярного послідовно-одиночного двовимірного розміщення ПО в межах обмеженої ПП без врахування жодних обмежень, основна властивість якого полягає в тому, що серед усіх згенерованих варіантів ніколи не трапляється однакових. Для цього способу розроблено відповідне математичне формулювання, алгоритм розв'язання і програмне забезпечення з використанням технології структурного програмування. Проаналізовано деякі неординарні ситуації, які трапляються в процесі застосування цього способу, розглянуто конкретні алгоритми їх розв'язання. Розроблено методику визначення загальної кількості карт розкрою з суцільними поперечними пропилами. Ця методика дозволяє також за відомими значеннями номеру основної смуги, варіантів розміщення ПО вздовж смуги і смуг по ширині ПП визначити поточний номер карти розкрою.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ СТАТЕЙ

При підготовці статей для науково-технічного журналу "Науковий вісник" радимо авторам дотримуватись таких рекомендацій.

Автор поданої до друку статті повинен чітко уявити коло читачів, на яке він розраховує. Рекомендуємо дотримуватись деяких загальних правил побудови науково-технічної статті: чітко і зрозуміло сформулювати постановку задачі; доступно викласти методику її розв'язання; зробити висновки – науковцям або дати практичні рекомендації – виробникам. Наукова праця повинна містити необхідні характеристики описаних конструкцій чи схем, але в ній не має бути ні зайвого опису історії питання, ні відомих з підручників ілюстрацій, даних, математичних викладок.

Текст статті обсягом 4-8 сторінок необхідно подавати українською, російською, німецькою чи англійською мовою, друкувати на папері формату А4 за допомогою ЕОМ у редакторі MS Word (шрифт – Times New Roman, розмір – 14 points, рядки – через 1.5 інтервали, поля – 2 см по периметру) без присвоєння жодних стилів і оформляти в такій послідовності. На початку статті проставляється індекс УДК (Універсальної десятикової класифікації), в заголовку українською та англійською мовами вказуються: вчене звання, ініціали і прізвище автора (або авторів), науковий ступінь, скорочена назва закладу, в якому виконана робота, назва статті, анотація та ключові слова.

Сторінки рукопису нумеруються, а на полях олівцем вказуються місця ілюстрацій і таблиць, якщо останні додаються до статті на окремих листках. Особливу увагу необхідно звернути на акуратний набір формул, індексів і показників, з використанням можливостей редактора MS Equation.

При підготовці рукопису необхідно користуватись науково-технічними термінами відповідно до діючих стандартів на термінологію, наведений матеріал не повинен дублювати таблиці. Скорочення слів, імен, назв у тексті статті не допускаються. Можливе використання тільки загальноприйнятих скорочень – мір (тільки після цифр), хімічних, фізичних і математичних величин. Назви установ, підприємств, марки механізмів і т.д., що згадуються в тексті статті вперше, необхідно писати повністю (вказуючи в дужках скорочену назву); надалі ця назва може зустрічатися у скороченому вигляді.

У таблицях необхідно точно вказувати одиниці фізичних величин, у назвах граф слова скорочувати небажано. Таблиці необхідно виконувати переважно вздовж листа з максимальною насиченістю інформації в рядках. Надто громіздких таблиць складати не рекомендується.

Ілюстрації (фотографії та рисунки) до статті подаються в одному примірнику. Фотографії повинні бути контрастні, розміром не менше 9×12 см, рисунки – розміром не більше стандартного листка, виконані чорною тушшю пером на якісному папері. Допускається подання рисунків у форматі *.cdr (редактор CorelDRAW), у форматі *.tif або *.jpg (редактор PhotoShop, 300 dpi, b/w або 256 Grayscale) чи оформлених у середовищі MS Excel. У тексті статті посилання на