

УДК 655.5+004.942

Т. С. Голубник, В. М. Сеньківський, Н. Є. Сеньківська*Українська академія друкарства***І. В. Калиній***Бережанський агротехнічний інститут***ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАНТІВ ОДНОЧАСНОГО ФОРМУВАННЯ
МОНТАЖНОГО СПУСКУ ДЛЯ РІЗНИХ ВИДАНЬ**

Встановлюється доцільність формування монтажного спуску одночасно для двох замовлень. Здійснюється математичне обґрунтування задачі лінійного програмування стосовно моделювання альтернативних варіантів формування монтажного спуску для книжкового і бланкового видань. Наводиться математична модель розрахунку оптимальних накладів видань за критерієм мінімізації відходів паперу.

Монтажний спуск, формат видання, аркуш паперу, неповний зошит, бланк, моделювання, лінійне програмування, альтернативний варіант, критерій оптимізації, наклад видання, схема розкладання

Проблеми розкрою мають вагоме значення в різних галузях промисловості. Метал, дерево, скло, тканина та інші промислові матеріали потрапляють на виробництво як деякі цілі одиниці: листи, труби, полоси, деревина. При застосуванні їх потрібно розділяти (розташувати і викроїти) на частини потрібних розмірів і форм, що безпосередньо використовуються. Суть поділу полягає в тому, щоб розмістити і вирізати заготовки з матеріалу відповідно до різних технологічних вимог. Задачі отримання оптимальних розкроїв класифікують згідно з формою заготовок, їх розмірністю, способами розрізання. При цьому неможливим є повне використання матеріалу; деяка його частина йде на відходи (залишки), непридатні для повноцінного вжитку. Раціональний розкрій матеріалів має важливе значення для їх економії.

Методи розв'язання задач економного розкрою промислових матеріалів дослідив та розвинув відомий математик Л. В. Канторович [4], сформувавши новий розділ прикладної математики — лінійне програмування.

Вказана проблема стосується і поліграфічної галузі. Подібність її у тому, що на стандартних аркушах (або рулонах) паперу потрібно надрукувати продукцію, попередньо розташовану на монтажних аркушах, що визначають вміст друкарської форми. При цьому монтажні спуски слід формувати так, щоб після друкування замовлень і розрізання аркушів паперу його відходи були мінімальними. Отримати поліграфічну продукцію належної якості за доступною ціною — справа не проста, оскільки планування замовлень і розташування їх вмісту на друкарських формах у більшості друкарень України виконується для кожного типу видання окремо.

Суттєвою вимогою у додрукарських процесах є максимально можливе заповнення матеріалом друкарських форм майбутнього видання. Одним із способів вирішення цієї проблеми може бути формування кінцевих монтажних

спусків (МС) одночасно для декількох (двох) видань. Суть цього варіанта полягає в тому, що за потреби кінцеві неповні аркуші використовуються для іншої (наприклад, бланкової) продукції. Зрозуміло, що раціональне розташування різних видань має враховувати друкарські і брошурувально-палітурні процеси, терміни виконання замовлення тощо.

Так, оскільки в сучасному поліграфічному виробництві, яке останніми роками стає прибутковим бізнесом, основні витрати пов'язані з вартістю паперу, яка за деякими даними може становити до 70% собівартості видання, важливою є проблема раціонального використання паперу, основним критерієм якого є мінімізація відходів, що аналогічно максимальному заповненню площі аркуша.

Для друкування накладу підприємство закуповує папір необхідних властивостей у вигляді аркушів стандартних розмірів, враховуючи формати наявних на підприємстві друкарських машин. Обсяг видання звичайно задається у фізичних друкарських аркушах і може бути цілим числом або додатково містити дробову частину. Вона здебільшого еквівалентна обсягові у сторінках одного або двох неповних зошитів з меншим числом, до розміщення яких у скомплектованому книжковому блоці пред'являються певні вимоги залежно від обсягу зошита і способу скріплення блока.

Нераціональне проектування зошитів для видань з великими накладками може призвести не тільки до технологічних втрат, але й перевитрат паперу. У будь-якому разі, навіть якщо обсяг видання не містить дробової частини, доцільно розбивати повні зошити на неповні, що становитиме еквівалент дробової частини друкарського аркуша. Рішення залежить від форматів видання і друкарської машини, а також варіанта фальцювання. Отже, при виокремленні факторів впливу на формування МС книжкових видань тип зошита залежить від вищенаведених факторів.

Залежно від формату друкарської машини видання може друкуватися половиною аркуша, чвертю та іншою долею, відмінною від стандартного розміру. Дробова частина друкарського аркуша як облікової одиниці, залежить від частки стандартного формату і визначає можливі обсяги неповних зошитів [5]. Що більшою є доля формату, то меншою буде дробова частина аркуша (табл. 1). Для неповного зошита він дублюється на повний формат друкарського аркуша.

Розглянемо новий підхід для реалізації максимального заповнення площі паперу, суть якого полягає у формуванні кінцевого монтажного спуску дробової частини книжкового видання доповненням бланкового замовлення та мінімізації сумарної величини відходів для декількох (двох чи трьох) книжкових видань, для яких проектування спусків здійснюється за схемою «КВ+БВ». У цьому разі при формуванні МС за вказаною схемою для різних книжкових видань потрібно враховувати кількість фарб, накладки, тип паперу, формати видань, час виконання замовлень.

Слід зауважити, що об'єднання декількох типових замовлень під час формування МС на одному друкарському аркуші реалізує технологія *web-to-print* [1–2]. При цьому клієнт на підставі запропонованих типових шаблонів самостійно формує на сайті друкарні своє замовлення відповідно до вимог,

описаних у web-ресурсі. Оскільки замовлення типове (система просто не дозволить створити інше), його собівартість для друкарні істотно знижується, тобто ціна продукції може бути зменшена.

Водночас вказана технологія має такі недоліки:

у традиційній технології менеджер друкарні або фахівець відділу прес-прес може визначити проблемні місця до запуску роботи в друк, а при технології *web-to-print* огріхи замовника не виправляються;

друкувати з використанням *web-to-print* можна тільки порівняно просту і дешеву продукцію.

Таблиця 1

Допустимі варіанти поділу друкарського аркуша на дробові частини залежно від частки формату видання

Дробова частина, друкарських аркушів			Кількість сторінок у зошиті			Додаткове розбиття зошитів		
-	-	0,125	-	-	4	-	-	-
-	0,25	0,25	-	4	8	-	-	4+4
-	-	0,375	-	-	12	-	-	8+4
0,5	0,5	0,5	4	8	16	-	4+4	8+8
-	-	0,625	-	-	20	-	-	12+8
								16+4
-	0,75	-	-	12	24	-	8+4	12+12
								16+8
-	-	0,875	-	-	28	-	-	16+12
								24+4

Розв'язання поставленого завдання стосовно дослідження процесу формування МС одночасно для двох видань почнемо з пояснення особливостей формування спусків за схемою «КВ+БВ» (книжкове видання + бланкове видання), вихідних параметрів і введених нами обмежень, які стосуються одного книжкового видання та бланкового замовлення.

Прийmemo до уваги, що згідно з форматом видання і запланованим для його друкування форматом паперу в аркуші поміщається ціле число сторінок, орієнтованих, як і сторона аркуша, за шириною. У цьому випадку технологічно оптимальним є залишок паперу, призначений для клапана і контрольних міток. З огляду на вищезазначене, для подальшого розгляду умовно беремо горизонтальну смугу, на якій сторінки розміщені в один ряд по довжині аркуша. Так, дослідження процесу формування МС на всій площі аркуша зводиться до розрахунку лінійних величин, які стосуються довжини аркуша L , висоти сторінки книжкового видання l_1 і залишку паперу за умови, що монтаж здійснюється тільки для книжкового видання. При одночасному формуванні монтажного спуску для двох замовлень (друге бланкове) додатково враховуємо висоту бланка l_2 , лінійна смуга якого трактується аналогічно до вищеописаної,

а величина залишку b обумовлюється лінійними параметрами бланка. Надалі поняття «кінцевий спуск одночасно для двох видань» розумітимемо як формування МС для книжкового видання та бланкового замовлення.

Для визначення всіх можливих варіантів повноформатного розташування на аркуші паперу монтажного кінцевого спуску одночасно для двох видань будуюмо дерево [1] (рис. 1).

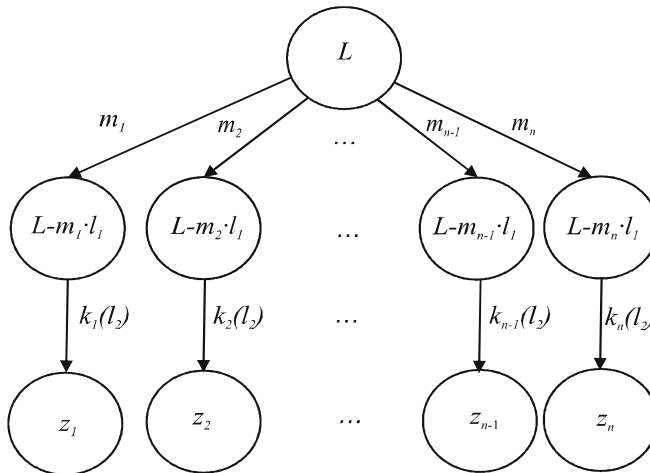


Рис. 1. Дерево альтернативних варіантів одночасного розташування на аркуші паперу елементів двох типів видань

На рис. 1 введено такі позначення: L — довша сторона аркуша паперу; l_1 — висота сторінки книжкового видання; l_2 — висота бланку; $m_i (i = 1, \dots, n)$ — кількість сторінок неповного зошита, отриманих за схемою з номером n ; $k_i (i = 1, \dots, n)$ — кількість дублювань бланків відповідно до схеми з номером n ; $b_i (i = 1, \dots, n)$ — величини відходів паперу стосовно схеми з номером n .

Відповідно до висоти сторінки l_1 книжкового зошита першого видання (рис. 1) та кількості сторінок $m_i (i = 1, \dots, n)$ неповного зошита по довшій стороні аркуша, отримаємо відстань $m_i l_1$, яку займуть на аркуші сторінки книжкового видання. Друге видання розкладається дублюванням бланків на залишку аркуша і заповнить на ньому частку довжиною $k_i l_2 (i = 1, \dots, n)$. У цьому разі кількість дублювань бланків

$$k_i = INT\left(\frac{L - m_i l_1}{l_2}\right), (i = 1, \dots, n). \quad (1)$$

Використана частина для двох видань стосовно довшої сторони аркуша

$$LK_i = m_i l_1 + k_i l_2, (i = 1, \dots, n). \quad (2)$$

При формуванні монтажного спуску потрібно враховувати допуски на розташування необхідних міток, які займають певну частину аркуша. Якість розкладання полягає у максимальному використанні корисної площі паперу,

тобто мінімізації відходів, ідентифікованих лінійним залишком b_i . Для досліджуваного варіанта

$$b_i = L - LK_i \quad (i = 1, \dots, n). \quad (3)$$

Схему для одного з варіантів проектування монтажного спуску одночасно для двох різних видань наведено на рис. 2. На схемі зображено варіант, коли неповний зошит містить чотири книжкових сторінки; при цьому на аркуші паперу, де формуватиметься кінцевий монтажний спуск, залишається місце для 24-х бланків. Відповідно до вищевикладених допущень та умовної схеми (рис. 2), подальші викладки стосуватимуться смуги паперу довжиною L см, на якій розміщено дві книжкові сторінки і чотири бланки.

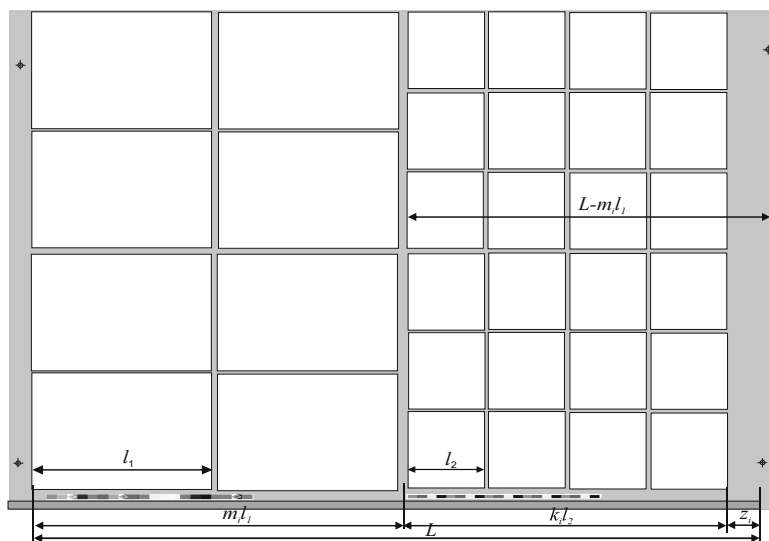


Рис. 2. Узагальнена схема розкладання для дослідження варіантів формування монтажного спуску двох видань

Для дослідження обираємо три книжкові видання однакового формату з умовними назвами KB1, KB2, KB3 та одне бланкове видання БВ. Матимемо такі комбінації варіантів кінцевих монтажних спусків (КМС), що проектуються одночасно для книжкового і бланкового видань: KB1+БВ, KB2+БВ, KB3+БВ. Завдання полягає у розробленні математичної моделі, що враховує варіанти розташування КМС, реалізація якої визначить для кожного з видань такі наклади, які забезпечать мінімізацію сумарних відходів паперу. Розв'язання завдання здійснимо засобами теорії лінійного програмування [3, 6].

Отже, на кінцевому аркуші паперу певного формату треба запроєктувати схему кінцевого монтажного спуску одночасно для двох видань – книжкового і бланкового. Нехай кількість сторінок кожного видання обмежена значеннями: знизу d_{ij} та зверху D_{ij} , де $(j = 1, 2; i = 1, 2, 3)$. При цьому індекс j ідентифікує вид видання ($j = 1$ — книжкове видання, $j = 2$ — бланкове), індекс i — умовний

номер книжкового видання та відповідної йому схеми розкладання МС. Сто-совно кожного видання та i -ї схеми розкладання матимемо a_{ji} елементів (сторі-нок та бланків). Формування КМС приводить до отримання b_i залишків паперу на кінцевих аркушах. Невідомою x_i позначимо кількість кінцевих аркушів, на яких реалізується i -а схема розкладання. Тоді вектор $\bar{x} = (x_1, x_2, x_3)$ визначить оптимальні наклади трьох книжкових видань, для яких комбіновані КМС зу-мовляють мінімальні сумарні відходи паперу.

Кількість елементів j -го видання, розкладеного за i -ю схемою, може бути записана як вираз: $a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + a_{j3}x_3$ ($j=1,2$).

З урахуванням прийнятих позначень сформулюємо засобами теорії лі-нійного програмування завдання пошуку оптимальних накладів трьох книж-кових видань при одночасному формуванні комбінованих КМС, схеми розкла-дання яких забезпечать мінімальні відходи паперу.

Мінімізувати сумарну величину відходів паперу

$$f(\bar{x}) = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \quad (4)$$

при обмеженнях:

$$d_{1sum} \leq a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 \leq D_{1sum};$$

$$d_{2sum} \leq a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 \leq D_{2sum}; \quad (5)$$

$$N_{imin} \leq x_i \leq N_{imax} \quad (i=1,2,3), \quad (6)$$

де d_{1sum} , d_{2sum} — сумарні нижні межі кількостей сторінок для трьох видань та бланків; D_{1sum} , D_{2sum} — сумарні верхні межі; N_{imin} , N_{imax} — мінімальний та мак-симальний наклади видання з номером i .

Для встановлення сумарних нижніх та верхніх меж кількостей елемен-тів різних видань, враховуємо мінімальні N_{imin} та максимальні N_{imax} наклади книжкових видань, а також той факт, що величина накладу рівнозначна кіль-кості кінцевих аркушів паперу, які підлягають дослідженню. Отримаємо:

$$d_{1sum} = \sum_{i=1}^3 m_i N_{imin}; \quad d_{2sum} = \sum_{i=1}^3 k_i N_{imin}, \quad (7)$$

$$D_{1sum} = \sum_{i=1}^3 m_i N_{imax}; \quad D_{2sum} = \sum_{i=1}^3 k_i N_{imax}. \quad (8)$$

Розглянемо приклади розташування книжкових видань, обсяги яких становлять 6,25; 8,5 та 7,75 фізичних друкованих аркушів формату 60×84/16 і бланкового видання формату 10×11 см, які друкуватимуть на папері форма-ту 62×90 см. Сторінка складання видання до обрізання має розмір 15×21 см. Сторінки першого видання шириною 15 см розкладаються по стороні аркуша шириною 62 см з мінімальним залишком паперу (2 см використовуються на клапан і контрольні шкали). Для сторони аркуша довжиною 90 см визначи-

мо оптимальний варіант розташування елементів вибраних видань. Дробову частину аркуша доповнимо бланковим виданням. Схему варіанта формування КМС відповідно до наведених параметрів зображено на рис. 3.

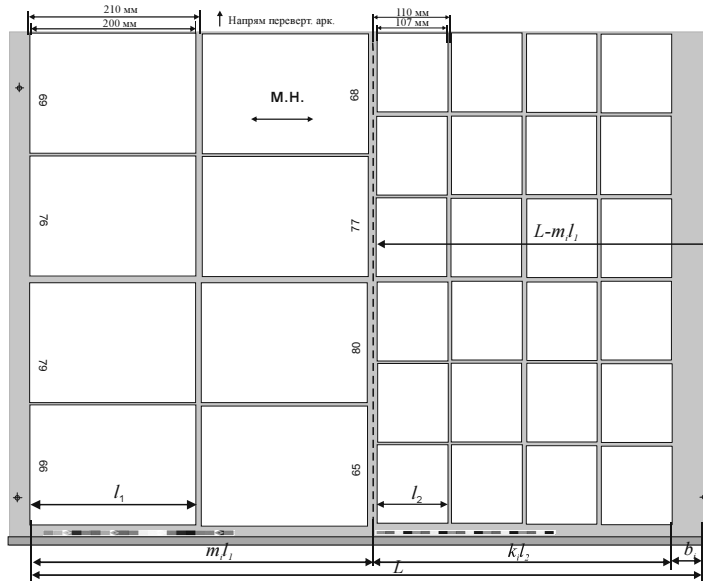


Рис. 3. Схема варіанта формування бінарного монтажного спуску

На рис. 3 «м.н.» означає машинний напрям паперу, тобто розміщення аркуша у друкарській машині за напрямом волокон.

Для визначення усіх можливих варіантів розташування будуюмо дерево, в якому кожна із схем розкладання для трьох книжкових видань доповнена бланковим виданням (рис. 4).

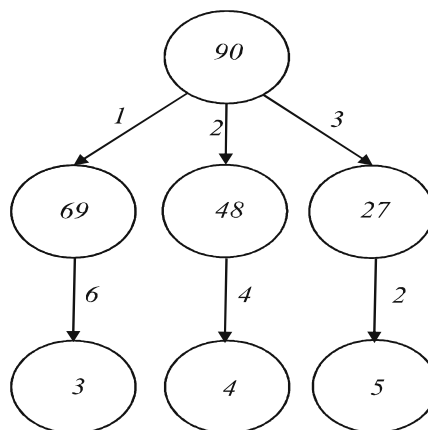


Рис. 4. Дерево схем розкладання для книжкових і бланкових видань

З огляду на дерево (рис. 4) та введені вище формалізовані позначення маємо числові множини, які стосуються: кількостей сторінок висотою 21 см — $a_{1i} = \{1;2;3\}$; кількостей бланків довжиною 11 см — $a_{2i} = \{6;4;2\}$; величин відходів у см — $b_i = \{3;4;5\}$.

Вважатимемо, що кожна схема розкладання реалізується на окремому аркуші, тобто розрізняємо три різні схеми розкладання, ідентифіковані вектором $\bar{x} = (x_1, x_2, x_3)$. Отримані вихідні дані подаємо у табл. 2.

Таблиця 2

Вихідні дані процесу розкладання двох видань

Розміри елементів видань (см)	Кількість елементів видань за схемами розкладання		
	1	2	3
21	1	2	3
11	6	4	2
Відходи	3	4	5

Необхідною і достатньою умовою реалізації i -ї схеми розкладання у загальному випадку є виконання нерівностей:

$$0 \leq L - (l_1 m_i + l_2 k_i) < \min\{l_1; l_2\} = l_2, \quad (i = \overline{1, n}). \quad (9)$$

Для вихідних даних дерева (рис. 4) матимемо таку умову:

$$0 \leq 90 - (21m_i + 11k_i) < \min\{21; 11\} = 11, \quad (i = \overline{1, 3}). \quad (10)$$

Враховуючи вирази (7), (8), дані табл. 2, кількості книжкових сторінок і бланків згідно з кожною із схем розкладання, а також межі задання накладів книжкових видань, сформуємо табл. 3, на підставі якої підрахуємо числові значення обмежень d_{isum} та D_{isum} .

Таблиця 3

Вихідні дані для розрахунку обмежень кількостей елементів видань

i	m_i	k_i	$N_{i\min}$	$N_{i\max}$	$m_i N_{i\min}$	$k_i N_{i\min}$	$m_i N_{i\max}$	$k_i N_{i\max}$
1	1	6	300	1000	300	1800	1000	6000
2	2	4	200	1500	400	800	3000	6000
3	3	2	100	2000	300	200	6000	4000

Згідно з табл. 2 отримаємо:

$$d_{1sum} = 1000; d_{2sum} = 2800; D_{1sum} = 10000; D_{2sum} = 16000.$$

Остаточна математична модель задачі розрахунку оптимальних накладів при розташуванні на аркушах паперу кінцевих монтажних спусків книжкових та бланкових видань згідно з комбінаціями (KB1+БВ), (KB2+БВ) та (KB3+БВ) матиме такий вигляд:

мінімізувати функцію, що визначає сумарну величину відходів паперу,

$$f(x) = 3x_1 + 4x_2 + 5x_3, \quad (11)$$

при таких обмеженнях

$$\begin{aligned} 1000 &\leq x_2 + 2x_3 + 3x_4 \leq 10000 \\ 2800 &\leq 6x_1 + 4x_2 + 2x_3 \leq 16000 \\ 300 &\leq x_1 \leq 1000, 200 \leq x_1 \leq 1500, 100 \leq x_1 \leq 2000 \end{aligned} \quad (12)$$

Розрахунок математичної моделі з використанням симплекс-методу привів до таких результатів: $\min f(x) = 2400$; $x_1 = 233$; $x_2 = 300$; $x_3 = 100$.

Отже, у дослідженні встановлено доцільність одночасного формування монтажного спуску для двох замовлень, серед яких книжкове видання і бланкова продукція. Здійснено математичне обґрунтування задачі лінійного програмування стосовно моделювання процесу одночасної побудови кінцевих монтажних спусків для трьох книжкових та одного бланкового видань. З урахуванням комбінованих кінцевих монтажних спусків побудовано математичну модель розрахунку оптимальних накладів видань за критерієм мінімізації відходів паперу.

1. Амагельдыев А. Концепция web-to-print: новая технология, или новая арифметика? [Електронний ресурс] / А. Амагельдыев. — 2012. — Режим доступу : <http://www.printdaily.ru/articles/1707-konceptziya-web-to-print-novaya-tex>. 2. Амагельдыев А. Спуск полос с web-to-print, или как собрать заказы на один лист [Електронний ресурс] / А. Амагельдыев. — 2012. — Режим доступу : <http://www.printdaily.ru/rss/1754>. 3. Зайченко Ю. П. Дослідження операцій : підруч. / Ю. П. Зайченко. — 7-е вид., переробл. та доп. — К. : Слово, 2006. — 816 с. 4. Канторович Л. В. Рациональный раскрой промышленных материалов: учеб. / Л. В. Канторович. — Новосибирск : Наука, 1971. — 304 с. 5. Карпенко В. С. Практика фальцовки: от спуска полос до готовой продукции / В. С. Карпенко, В. Гебхардт. — К. : «Техніка» УкрНДІСВД, 2001. 6. Пукальський І. Д. Математичне програмування: навч.-метод. посіб. / І. Д. Пукальський, І. П. Лусте. — Чернівці : Рута, 2009. — 96 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ОДНОВРЕМЕННОГО ФОРМИРОВАНИЯ МОНТАЖНОГО СПУСКА ДЛЯ РАЗНЫХ ИЗДАНИЙ

Установляется целесообразность формирования монтажного спуска одновременно для двух заказов. Проводится математическое обоснование задачи линейного программирования относительно моделирования альтернативных вариантов формирования монтажного спуска для книжного и бланкового изданий. Построено

математическую модель расчета оптимальных тиражей изданий по критерию минимизации отходов бумаги.

RESEARCH OF VARIANTS OF SIMULTANEOUS FORMING OF ASSEMBLING LOWERING FOR DIFFERENT EDITIONS

Is set expediency of forming of the assembling lowering simultaneously for two orders. The mathematical ground of task of the linear programming is carried out in relation to the design of alternative variants forming of the assembling lowering is for book and form editions. The mathematical model of calculation of the optimal drawing of editions is built on the criterion of minimization of wastes of paper.

Стаття надійшла 10.11.2014