

Nowa metodyka określania indywidualnych normatywów naddatków technologicznych dla drukowania offsetowego

Wprowadzenie

Prognozowanie wysokości naddatków technologicznych przy drukowaniu na arkuszowych maszynach offsetowych jest zadaniem trudnym z uwagi na znaczną liczbę parametrów wpływających na proces drukowania¹, jak też ze względu na konieczność wykonania części obliczeń na podstawie niekompletnej wiedzy o charakterze zlecenia. Przyjęte dzisiaj modele prognozowania naddatków są oparte głównie na danych statystycznych, w większości pochodzących z produkcji na maszynach innej konstrukcji i o innym wyposażeniu niż stosowane obecnie. Przy spadających nakładach oraz przy wprowadzeniu znacznej automatyzacji maszyn prowadzi to do przeszacowywania zapotrzebowań na papier i w konsekwencji przyjmowania kosztów produkcji wyższych niż faktycznie możliwe. Nawet modele stosunkowo nowe² nie uwzględniają tych czynników.

Prowadzona pod kierunkiem autora praca badawcza³ wykazała, że celowe jest opracowanie nowego podejścia do problematyki określania naddatków technologicznych w procesie drukowania, uwzględniającego większą liczbę parametrów procesu produkcji, a jednocześnie biorącego pod uwagę indywidualne charakterystyki maszyn drukujących, w tym ich wyposażenie. Metodę prognozowania naddatków dla procesu arkuszowego drukowania offsetowego, która spełnia te założenia, przedstawiono w rozprawie doktorskiej⁴. Metodę tę można wykorzystać do stworzenia indywidualnych normatywów naddatków technologicznych dla danego przedsiębiorstwa, co pozwoli na optymalizację kosztów operacyjnych (zakupy, magazynowanie i zwroty papieru).

Odmienne aniżeli stosowane obecnie modele, zaproponowana metoda nie wprowadza rozróżnienia naddatków ze względu na powód ich powstania (przyrządzenie maszyny do drukowania, błędy w procesie drukowania, kontrola jakości) i posługuje się pojedynczą zależnością funkcyjną, łatwą do wdrożenia w infor-

[1] H. Kipphan, *Handbook of Print Media*, Heidelberg/Berlin 2001.

[2] British Printing Industries Federation, *Advances for Overs/Unders and Wastage*, Coventry 2012, http://www.britishprint.com/page.asp?node=817&action=view_document&tid=740&sec=Industry_Standards&page=1, dostęp: styczeń 2014.

[3] J. Hamerliński, *Aktualizacja norm technologicznych w drukowaniu offsetowym*, praca badawcza COBRPP, Warszawa 2012.

[4] J. Hamerliński, *Metoda prognozowania naddatków technologicznych dla różnych offsetowych maszyn drukujących z użyciem analizy wymiarowej*, rozprawa doktorska, Warszawa 2014.

matycznych systemach wspomagających zarządzanie produkcją. Niniejszy artykuł przedstawia sposób wykorzystania tej metody do celów praktycznych.

Założenia

Przyjęto, że proces drukowania offsetowego dla danego arkusza drukarskiego jest niezmienny w czasie i może być jednoznacznie scharakteryzowany przez pojedyncze wartości parametrów⁵. Przy czasie realizacji pojedynczej operacji drukowania liczonym w minutach założenie takie jest w pełni uzasadnione. Wprowadza to jednak ograniczenie zakresu stosowania proponowanej metodyki do nakładów nie przekraczających około 15 tysięcy egzemplarzy.

Zaproponowana metoda prognozowania naddatków technologicznych zakłada, że naddatki są wyliczane dla każdego arkusza drukarskiego oddzielnie. W przypadku zlecenia zawierającego wiele składek (arkuszy) trzeba zatem wcześniej określić liczbę wymaganych arkuszy drukarskich i liczbę egzemplarzy każdego arkusza które należy wydrukować (nakład maszynisty). Rozróżnienie to jest niezbędne, gdyż w zależności od formatu składki, formatu maszyny drukującej i sposobu odwracania przy drukowaniu po obu stronach arkusza nakłady poszczególnych arkuszy mogą być różne. Ostateczne zapotrzebowanie na materiał drukowy dla danego zlecenia można wtedy wyrazić jako

$$n_{\text{całk}} = \sum_{i=0}^m (n_{mi} + n_{ti})$$

gdzie $n_{\text{całk}}$ – zapotrzebowanie na materiał drukowy dla zlecenia

i – numer porządkowy arkusza drukarskiego

m – liczba arkuszy drukarskich

n_{mi} – nakład maszynisty dla danego arkusza

n_{ti} – naddatki technologiczne dla procesu drukowania danego arkusza

Przyjęto również, że stan maszyny drukującej oraz doświadczenie obsługi są stałe dla zleceń drukowanych w tym samym zakładzie na tej samej maszynie. Założenie to może prowadzić do błędów, zwłaszcza w przypadku analizy zleceń drukowanych w dłuższych przedziałach czasowych, odpowiadających okresom międzyremontowym używanych maszyn. Można temu zaradzić poprzez stosowanie odpowiednich współczynników korygujących.

Ponadto przyjęto, że wymagania jakościowe w stosunku do drukowanych prac są podobne, a w szczególności odpowiadają przyjętym np. w normie ISO 12647-2. W przypadku niespełnienia tego założenia należy zmodyfikować przyjęte normatywy naddatków, używając metod opisanych poniżej.

Zaproponowana metoda pozwala uzależnić wartość naddatków technologicznych od większej liczby parametrów procesu i zlecenia. Listę parametrów modelu⁶ przedstawiono poniżej. Należy zwrócić uwagę na to, że do celów obliczeniowych wszystkie wartości tych parametrów muszą być przeliczone na jednostki jednego układu miar. Pod pojęciem nakładu rozumie się tu nakład maszynisty.

[5] J. Hamerliński, *Metoda prognozowania...*, dz. cyt.

[6] Tamże.

L.p.	Parametr	Symbol	Wymiar
1	nakład	n	bezwymiarowy
2	liczba stron	N_s	bezwymiarowy
3	format strony/użytku	S_s	L^2
4	format papieru	S	L^2
5	liczba kolorów	k	bezwymiarowy
6	wydajność drukowania	d	T^{-1}
7	gramatura materiału	q	ML^{-2}
8	format drukowania	S_d	L^2
9	tack farby	F_T	MT^{-2}
10	zużycie farby	q_s, q_h	ML^{-2}

M – masa, L – długość, T – czas

Użyty w modelu parametr tacku (kleistości) farby zakłada, że jego wymiarem jest $[J m^{-2}]$, co odpowiada pojmowaniu tacku jako wielkości fizycznej⁷. Z uwagi na to, że do pomiaru tacku używa się wyłącznie metod pośrednich⁸, uzyskane wyniki mogą być wyrażone w różnych jednostkach. W celu zastosowania proponowanej metody należy zatem przeliczyć wartości na jednostki zastosowane w powyższym modelu⁹ lub zmodyfikować model tak, by odpowiadał inaczej zdefiniowanemu wymiarowi fizycznemu wartości tacku farby¹⁰.

Określenie analitycznej postaci funkcji naddatków technologicznych od parametrów procesu dla danej maszyny drukującej

Metoda określania naddatków technologicznych zakłada, że zależność liczby naddatków przy drukowaniu pojedynczego arkusza od parametrów procesu można wyrazić następująco¹¹

$$\frac{n_t}{n} = C_2 \cdot n^A \cdot N_s^B \cdot \left(\frac{S_s}{S}\right)^C \cdot k^E \cdot \left(\frac{q}{q_s}\right)^H \cdot \left(\frac{F_T}{S q_s d^2}\right)^I$$

przy czym współczynnik C_2 i wykładniki A, B, C, E, H i I mogą być różne dla różnych rodzajów materiału drukowego. Z tego względu normatywy technologiczne oparte na powyższej zależności muszą być wyznaczone dla różnych rodzajów materiału drukowego odrębnie.

[7] J. Hamerliński, Y. Pyr'yev, *Modeling of tack property in offset printing*, „Acta Poligraphica” 2013, z. 1.

[8] P. Massolt, *Keep Your Tack On Track*, Cherry Hill, źródło: <http://www.tacknology.us>, dostęp: styczeń 2013.

[9] Por. P. Massolt, *Keep Your Tack...*, dz. cyt.

[10] J. Hamerliński, *Metoda prognozowania...*, dz. cyt.

[11] Tamże.

Z uwagi na postać funkcji oraz fakt, że wszystkie jej parametry są dodatnie, można ją również zapisać jako

$$\ln \frac{n_t}{n} = \ln C_2 + A \ln n + B \ln N_S + C \ln \left(\frac{S_S}{S} \right) + E \ln k + H \ln \left(\frac{q}{q_S} \right) + I \ln \left(\frac{F_T}{S q_S d^2} \right)$$

Nieznane wartości C_2 , A , B , C , E , H oraz I można wówczas wyznaczyć w drodze wielowymiarowej regresji liniowej, opierając się na zebranej bazie danych zleceń drukowanych na konkretnej maszynie i na danym rodzaju materiału drukowego.

W powyższych zależnościach jako liczbę kolorów należy przyjąć liczbę kolorów drukowanych w trakcie jednego przebiegu arkusza przez maszynę. Oznacza to, że przy zadrukowywaniu obu stron arkusza sposób obliczania wartości naddatków będzie zależny od przyjętego sposobu odwracania arkusza. Liczba stron/użytków jest liczbą stron/użytków w całym produkcie, a nie liczbą stron składki drukowanej na danym arkuszu; przy powielaniu użytków na arkuszu drukowym należy przyjąć $N_S = 1$.

Z uwagi na sformułowane wyżej założenia, przy drukowaniu na maszynach wielozespołowych jako wartość tacku farby należy przyjąć średnią wartość tacku farb używanych w poszczególnych zespołach drukujących, zaś jako zużycie farby powinno się przyjąć sumaryczne zużycie wszystkich farb nakładanych na arkusz w trakcie jednego przebiegu. Jeśli znana jest wartość *Total Ink Limit* dla danego zlecenia, należy ją uwzględnić; w przeciwnym przypadku należy przyjąć, że maksymalna nałożona ilość farby spełnia wymagania normy ISO 12647-2 dla danego rodzaju podłoża.

W przypadku, gdy maszyna jest wyposażona w zespół lakierujący przy użyciu lakieru dyspersyjnego, należy uwzględnić lakier jako dodatkowy „kolor”, ale ze względu na reologię lakieru, różniącą się od reologii farb offsetowych, jego tacku nie można uwzględnić w proponowanym modelu. Jeśli do lakierowania używane są lakiery offsetowe, należy je traktować jak dodatkowy kolor oraz uwzględnić ich tack.

Przedstawiona postać funkcji może ulec modyfikacji w wyniku analizy regresji i oceny jakości otrzymanego modelu, co omówiono poniżej. W szczególności niektóre parametry mogą zostać uznane za nieistotne, tj. nie mające wpływu na wartość naddatków technologicznych dla danej maszyny i danego rodzaju podłoża.

Zbiór danych o zleceniach drukowanych na danej maszynie i na danym rodzaju podłoża powinien spełniać następujące wymagania:

- liczba elementów zbioru powinna być większa od 21, tj. przekraczać trzykrotność liczby obliczanych stałych¹²,
- kryteria oceny jakości powinny być zbliżone dla wszystkich zleceń,

[12] B. Kacprzyński, *Planowanie eksperymentów. Podstawy matematyczne*, Warszawa 1974.

- poszczególne parametry powinny być określone w identyczny sposób (np. wydajność drukowania jako wydajność teoretyczna maszyny drukującej dla danego podłoża i rodzaju druku),
- rzeczywista wartość naddatków dla danego zlecenia powinna być określona jako różnica pomiędzy liczbą arkuszy wydanych do drukowania i liczbą arkuszy pozostałych po drukowaniu (zwróconych do magazynu), podzielona przez liczbę pełnych arkuszy drukarskich w pracy,
- nie powinny być uwzględnione zlecenia w toku, dodruki wynikające z reklamacji wewnętrznych i zewnętrznych ani zlecenia z zarejestrowaną sytuacją nietypową (awaria maszyny, zanik zasilania, itp.),
- wszystkie parametry niezbędne dla opracowanego modelu powinny być zarejestrowane.

Jeśli w zbiorze danych występują pojedyncze przypadki bardzo niskich lub bardzo wysokich nakładów, dla zwiększenia dokładności modelu należy je pominąć. Badanie, czy obliczone normatywy można stosować przy takich nakładach, należy traktować jako element oceny wiarygodności wyników.

Analizę regresji prowadzącą do obliczenia wartości nieznanymi stałych można przeprowadzić za pomocą specjalistycznego oprogramowania do analiz statystycznych lub standardowych arkuszy kalkulacyjnych. Przy wykorzystaniu arkusza kalkulacyjnego obliczenie wartości stałych odbywa się poprzez obliczenia macierzowe w postaci¹³

$$\mathbf{b} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y}$$

gdzie \mathbf{b} – wektor współczynników poszukiwanej zależności:

$$\mathbf{b} = \begin{bmatrix} \ln C_2 \\ A \\ B \\ C \\ E \\ H \\ I \end{bmatrix}$$

\mathbf{X} – macierz danych wejściowych w postaci

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & \ln n_1 & \ln N_{S1} & \cdots & \ln Pd_1 \\ 1 & \ln n_2 & \ln N_{S2} & \cdots & \ln Pd_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \ln n_N & \ln N_{SN} & \cdots & \ln Pd_N \end{bmatrix} \quad Pd = \frac{F_T}{Sq_S d^2}$$

[13] A. Bartkowiak, *Podstawowe algorytmy statystyki matematycznej*, Warszawa 2009; B. Kacprzyński, dz. cyt.

y – wektor wyjść

$$y = \begin{bmatrix} \ln \frac{n_{t2}}{n_1} \\ \ln \frac{n_{t2}}{n_2} \\ \vdots \\ \ln \frac{n_{t2}}{n_N} \end{bmatrix}$$

N – liczba analizowanych przypadków

X^T – macierz transponowana danych wejściowych

Miarą dopasowania uzyskanego rozwiązania do danych eksperymentalnych będzie wówczas wielkość¹⁴

$$R^2 = 1 - \frac{e^T e}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}$$

gdzie $e = y - \hat{y}$ – wektor reszt, tj. różnic pomiędzy wartościami rzeczywistymi a teoretycznymi uzyskanymi z obliczonego modelu¹⁵, przy czym

$$e^T e = \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y})^2, \quad i = 1, 2, \dots, N;$$

\bar{y} – średnia arytmetyczna wartość wielkości wyjściowej uzyskana z eksperymentów; $\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i, \quad i = 1, 2, \dots, N$

Biorąc pod uwagę, że postać funkcji użyta do analizy regresji różni się od postaci oryginalnej, można obliczyć wartość R^2 dla obu postaci (liniowej i analitycznej), odpowiednio dobierając postać wyrazów y_i i \hat{y}_i do postaci funkcji.

Ocena jakości modelu normatywów technologicznych

Wartość R^2 określona powyżej jest istotnym, ale niejedynym kryterium oceny jakości uzyskanego modelu normatywów technologicznych. W celu określenia poziomu ufności otrzymanego modelu należy także obliczyć estymator wariancji składnika losowego

$$s^2 = \frac{e^T e}{N - S}$$

gdzie S – liczba nieznanych stałych,

a następnie określić poziomy ufności współczynników regresji na podstawie estymatorów ich wariancji $s_j^2, j = 1, 2, \dots, S$. Estymatory te wyliczane są w postaci iloczynu wartości s^2 i $(X^T X)^{-1}$ – przekątnych elementów macierzy¹⁶. W celu sprawdzenia, czy wyliczone współczynniki regresji są statystycznie istotne (tj. czy na ich podstawie można wiarygodnie wnioskować o zachowaniu modelu), należy obliczyć statystyki $t_j = \frac{|b_j|}{s_j}, j = 1, 2, \dots, S$, które pozwolą na określenie prawdopodobieństwa prawdziwości hipotezy, że $b_j = 0$ (tj. że dana zmienna nie jest statystycznie

[14] A. Bartkowiak, dz. cyt.

[15] Tamże.

[16] Tamże.

istotna)¹⁷. Wartość $s_j = \sqrt{s_j^2}$ jest traktowana jako błąd oszacowania współczynnika b_j ^[18]. Statystyka t_j ma rozkład t Studenta o $(N - S)$ stopniach swobody, dla którego można określić wartość krytyczną tak, by prawdopodobieństwo odrzucenia poprawnej hipotezy było odpowiednio niskie¹⁹. Typowo przyjmuje się taką wartość, by prawdopodobieństwo to (poziom istotności) było niższe niż 0,05^[20]. Jeśli wyliczona statystyka jest wyższa niż wartość krytyczna, wówczas hipotezę o nieistotności danej zmiennej można odrzucić²¹. W przeciwnym przypadku należy uznać, że dana zmienna nie wpływa na wielkość wyjściową (wartość naddatków), i ponownie przeprowadzić proces obliczeniowy z pominięciem tej zmiennej, odpowiednio modyfikując macierz X .

Analogicznie też można określić współczynnik istotności całej regresji, obliczając statystykę F ^[22] o postaci

$$F = \frac{R^2/(S - 1)}{(1 - R^2)/(N - S)}$$

Statystyka ta ma rozkład F (Fischera-Snedecora) o $(S - 1, N - S)$ stopniach swobody, dla którego można również wyznaczyć wartość krytyczną taką, by prawdopodobieństwo odrzucenia prawdziwej hipotezy, iż wszystkie współczynniki regresji są zerowe, było odpowiednio niskie²³. Jeśli wyliczona statystyka przekracza wyżej wymienioną wartość krytyczną, należy analogicznie wnioskować, że przynajmniej jeden współczynnik regresji jest niezerowy²⁴. W przeciwnym przypadku należy uznać, że dla wybranego zbioru danych przyjęty model jest niepoprawny; jego doskonalenie będzie wymagało zebrania większej liczby danych.

Poprawność dokonanych obliczeń można zweryfikować także za pomocą średniej wartości reszt $\bar{e} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y})$, $i = 1, 2, \dots, N$, która dla nieobciążonego estymatora wartości współczynników powinna wynosić 0^[25].

Należy zwrócić uwagę, że regresja liniowa opisana powyżej pozwala na stworzenie zależności wielkości wyjściowej od zmiennych wejściowych tylko w takich granicach, w jakich mieściły się wartości zmiennych wejściowych użytych do obliczeń regresji²⁶. Należy zatem dążyć do tego, aby zbiór danych o zleceniach drukowanych na danej maszynie i na danym podłożu obejmował możliwie szeroki zakres parametrów (z uwzględnieniem zastrzeżenia o nietypowych nakładach). Zastosowanie opracowanego modelu poza obszarem zmienności zbioru danych może być obciążone błędami.

Biorąc pod uwagę, że wszystkie parametry modelu są określone z dokładnością rzędu 1%²⁷, celowe jest zaokrąglenie wyników obliczeń do nie więcej niż trzech cyfr znaczących.

[17] Tamże.

[18] Tamże.

[19] Tamże.

[20] Tamże.

[21] Tamże.

[22] Tamże.

[23] Tamże.

[24] Tamże.

[25] Tamże.

[26] Tamże.

[27] J. Hamerliński, *Metoda prognozowania...*, dz. cyt.

Przykładowe wyniki obliczeń²⁸ dla drukowania na papierze offsetowym dwudziestu dwóch zleceń doprowadziły do wniosku, że parametr N_S jest nieistotny, a po jego eliminacji można zbudować model spełniający wymagania jakości dopasowania na poziomie 82,5%, gdzie statystyki dla zmiennych i dla istotności regresji przekraczają odpowiednie wartości krytyczne.

Stałe	C_2	A	C	E	H	I
Wartość dokładna	4,633253	-0,738784	-0,561165	-0,470166	-0,537229	0,362100
Wartość przybliżona	4,63	-0,74	-0,56	-0,47	-0,54	0,36
Błąd oszacowania	1,4642	0,0551	0,1585	0,2188	0,1821	0,1620
Statystyka t	1,0472	13,4164	3,5404	2,1487	2,9504	2,2346
Wart. krytyczna t	2,1199					
R^2 (funkcja zlinear.)	0,939577					
R^2 (funkcja oryg.)	0,824994					
Stand. błąd regresji	0,058477					
Statystyka istotności	49,7599					
Wart. krytyczna F	2,8524					

Model ten przedstawia funkcja

$$\frac{n_t}{n} = 4,63 \cdot n^{-0,74} \cdot \left(\frac{S_S}{S}\right)^{-0,56} \cdot k^{-0,47} \cdot \left(\frac{q}{q_S}\right)^{-0,54} \cdot \left(\frac{F_T}{S q_S d^2}\right)^{-0,36}$$

Stworzenie normatywów technologicznych na podstawie opracowanej zależności funkcyjnej

Opracowaną zależność można wykorzystać bezpośrednio np. w systemach informatycznych wspierających zarządzanie produkcją lub w systemach statystycznej kontroli jakości²⁹, jednak należy wówczas uwzględnić zakres jej stosowania. W celu dopasowania do innych warunków (np. kryteriów oceny jakości, stanu maszyn, doświadczenia obsługi) można stosować odpowiednie współczynniki korygujące, uzyskując

$$n_t = c_k n_{tm}$$

gdzie c_k – współczynnik korygujący dla określonej sytuacji

n_{tm} – wartość naddatków określona na podstawie opracowanego modelu.

Wartości współczynników korygujących można określić, analizując zlecenia drukowane w innych warunkach niż przyjęte do konstrukcji modelu normatywów i porównując uzyskane z modelu teoretyczne liczby naddatków dla tych zleceń z liczbami rzeczywistymi. Pomocniczo można korzystać z danych literaturowych³⁰.

[28] J. Hamerliński, *Metoda prognozowania...*, dz. cyt.

[29] Tamże.

[30] Y. N. Samarin, *Нормативы отходов бумаги в полиграфическом производстве*, Moskwa 2002.

Model ten nadaje się także dla stabelaryzowania w celu łatwiejszego określania oczekiwanych naddatków dla typowych parametrów zleceń. Przykładową tabelę normatywów opracowaną na podstawie obliczeń z dysertacji³¹ przedstawiono poniżej. Tabela taka może uwzględnić jedynie dwie zmienne (w poniższym przykładzie gramaturę papieru i nakład), stąd też można wprowadzić dodatkowe współczynniki korygujące, jeśli inne zmienne odbiegają od założonych wartości. Alternatywnym podejściem będzie stworzenie zestawu tabel z normatywami dla różnych parametrów procesu drukowania.

Maszyna 4-kolorowa, drukowanie na papierze powlekanym B1

Normatywy naddatków technologicznych

Szybkość nominalna 10000 ark./h, liczba stron = 1

Liczba naddatków

Nakład	Gramatura g/m ²					
	80	100	115	130	150	200
100	42	44	45	46	47	50
200	54	56	58	59	61	64
500	75	78	80	82	85	89
1000	97	101	103	106	109	115
2000	124	129	133	136	140	148
3000	144	150	154	158	162	171
4000	159	166	171	175	180	190
5000	173	180	185	190	195	206
10000	222	232	238	244	250	264

Współczynniki korygujące dla liczby stron

10	1,175
20	1,233
50	1,315
100	1,380

[31] J. Hamerliński, *Metoda prognozowania...*, dz. cyt.

Bibliografia

1. Bartkowiak A., *Podstawowe algorytmy statystyki matematycznej*, PWN, Warszawa 2009.
2. *Allowances for Overs/Unders and Wastage*, British Printing Industries Federation, Coventry, źródło: http://www.britishprint.com/page.asp?node=817 &action=view_document&tid=740&sec=Industry_Standards&page=1, dostęp: 2014.
3. Hamerliński J., *Aktualizacja norm technologicznych w drukowaniu offsetowym*, praca badawcza COBRPP, Warszawa 2012.
4. Hamerliński J., *Metoda prognozowania naddatków technologicznych dla różnych offsetowych maszyn drukujących z użyciem analizy wymiarowej*, rozprawa doktorska, Wydział Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej/Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 2014.
5. Hamerliński J., Pyr'yev Y., *Modelling of tack property in offset printing*, „Acta Poligraphica” 2013, z. 1.
6. Kacprzyński B., *Planowanie eksperymentów. Podstawy matematyczne*, WNT, Warszawa 1974.
7. Kipphan H., (2001): *Handbook of Print Media*, Springer Verlag, Heidelberg–Berlin 2001.
8. Massolt P., *Keep Your Tack On Track*, VIP Publications, Testprint, Cherry Hill, źródło: <http://www.tacknology.us>, dostęp: styczeń 2013.
9. Самарин Ю. Н., *Нормативы отходов бумаги в полиграфическом производстве*, Разработка Московского государственного университета печати, Москва 2002.

Abstract

A new methodology of setting individual technology allowances standards in offset printing

The paper presents a new methodology of setting standard quantities of printing waste for offset printing for individual printers, based on recent research and trying to include more process parameters as an input. Using some general assumptions about the process, it is possible to describe the dependency between the required print quantity and the number of waste sheet as a function depending on several dimensionless numbers. By analysing a number of print runs from a given offset press, the unknown function coefficients may be found as a result of linear regression, and the statistical analysis can help in assessing the adequacy of such a formula for the specific process. The formula can be then used as a basis for predicting the waste quantity for subsequent similar print runs.