

**УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ САМОНАКЛАДА
ПРИ ПЕЧАТИ НА БУМАГЕ С МАЛОЙ ПЛОТНОСТЬЮ**

**MANAGEMENT OF SELF-FEEDER MODE
WHEN PRINTING ON PAPER WITH LOW DENSITY**

Х.А. БАБАХАНОВА, М.М. АБДУНАЗАРОВ, И.Г. ШИН, З.К. ГАЛИМОВА

Kh.A. BABAKHANOVA, M.M. ABDUNAZAROV, I.G. SHIN, Z.K. GALIMOVA

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности)

(Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Uzbekistan)

E-mail: halima300@inbox.ru; abdunazarov.1977@mail.ru;
i.g.shin04@gmail.com; z.galimova8282@mail.ru

Предложена методика расчета режимных параметров отделения и транспортировки бумаги с малой плотностью (пухлой) в самонакладе печатной машины. Использован силовой анализ условий отделения и транспортировки листа листоподающей системы офсетной печатной машины при печати на бумаге с малой плотностью. В результате моделирования нагружения отделяющего листа в виде равномерно распределенной нагрузки от массы листа на балку с шарнирно-подвижными опорами получена эпюра поперечных сил. Предложенная методика рекомендуется для использования в задачах управления, где требуется поддержание постоянства показателей качества оттисков, например, при управлении процессом печати на бумагах с различной плотностью.

A method for calculating the regime parameters for separating and transporting paper with a low density (puffy) in the feeder of a printing machine is proposed. A force analysis of the conditions for separation and transportation of a sheet of a sheet-feeding system of an offset printing machine was used when printing on paper with a low density. Simulating the loading of the separating sheet in the form of a uniformly distributed load from the mass of the sheet on the beam with hinged-movable supports, a diagram of transverse forces was obtained. The proposed technique is recommended for use in control tasks where it is required to maintain the consistency of print quality indicators, for example, when controlling the printing process on papers with different densities.

Ключевые слова: пухлая бумага, самонаклад, режимные параметры, сила вакуума, эпюра поперечных сил.

Keywords: fluffy paper, feeder, operating parameters, vacuum force, transverse force diagram.

В полиграфии офсетный способ печати широко распространен благодаря обеспечению высокой графической точности воспроизведения мелких деталей, хорошей передаче полутонов и использованию широкого спектра бумаг, в том числе дизайнерских [1]. Однако при печати переход и замена бумаги в зависимости от вида печатной продукции влияет на стабильное качество воспроизведения, причиной чего являются ее различные структурные свойства, значениями которых нельзя управлять при печати. Достичь постоянства единичных показателей качества оттисков возможно при управлении режимными параметрами печатной машины [2], [3]. Определение рациональных значений управляемых (режимных) параметров в зависимости от свойств запечатываемого материала позволит обеспечить соответствие оттиска оригиналу и бесперебойную работу печатной машины, что является актуальным.

Используемая при офсетной печати офсетная бумага с малой плотностью – пухлая ($1,25...2 \text{ см}^3/\text{г}$) – отличается от других тем, что придаёт изделию более привлекательный вид за счет своей толщины. Толщина такой бумаги массой $65 \text{ г}/\text{м}^2$ составляет $97...105 \text{ мкм}$, а у традиционной офсетной – $80...82 \text{ мкм}$. Кроме того, обеспечивается экономическая эффективность в 22% при замене офсетной $90 \text{ г}/\text{м}^2$ на пухлую бумагу $70 \text{ г}/\text{м}^2$ [4]. Однако при печати на пухлой бумаге возникают проблемы при подаче листов самонакладом печатной машины, что объясняется рыхлой, менее жесткой структурой бумаги, где связь между волокнами ослаблена. Неравномерные подъем и передвижение листов приводит к перекосу при подаче в печатный аппарат, то есть перекосу всего изображения. Для обеспечения точной и бесперебойной подачи листов в печатный аппарат необходимо в соответствии со свойствами

бумаги управлять режимными параметрами самонаклада, являющегося частью листопроводящей системы печатных машин [5].

Обычно при печати на бумаге среднего формата толщиной до $0,6 \text{ мм}$ пневматический самонаклад печатной машины оснащается двумя отделяющими и двумя транспортирующими присосами [6]. На высокоскоростных печатных машинах пара отделяющих присосов, размещенных на штанге и опускающихся кулачково-рычажным механизмом вниз, отделяет листы за заднюю кромку за счёт созданного вакуума и активного всасывания воздуха из окружающей среды [7]. Практика эксплуатации листовых печатных машин показала, что надежное без перекосов отделение листа от стопы возможно при регулировании давления отделяющих подпружиненных присосов, которые установлены подвижно относительно рабочей камеры [8-9].

Отсюда следует, что для равномерной подачи пухлой бумаги самонакладом в печатный аппарат необходимо определить минимальное давление (силу) вакуума для отделения задней кромки листа и толкающую силу для перемещения до приемных роликов, чтобы обеспечить наименьшее воздействие на лист стопы.

В связи с этим целью исследования является определение условий отделения и транспортировки пухлой бумаги [10...12] путем расчета расхода воздуха на каждый отделяемый лист с учетом объема пространства под листом, образовавшегося при подъеме его задней кромки на высоту H (рис. 1). При этом объем пространства условно определен в виде суммы объемов простых геометрических фигур в форме призмы и пирамиды.

В настоящей работе для силового анализа и обоснования режимных параметров пневматического самонаклада примем до-

пушения, принятые при расчете потребляемого количества воздуха и его расхода в час. Так, применительно к среднему формату листа условно считаем, что участок $a+b=L/6$ (рис. 1, а), а участок $b+c+b=B/2$ (рис. 1, б), L , B – соответственно длина и ширина листа.

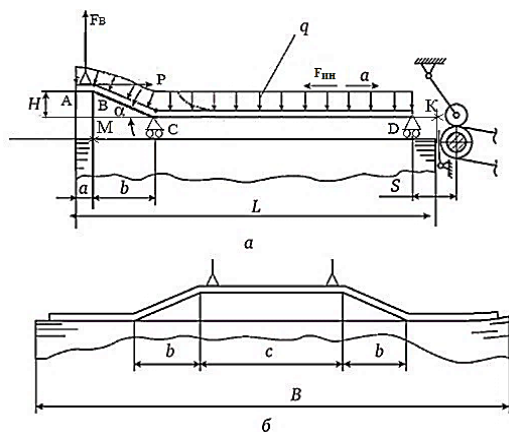


Рис. 1

Поток сжатого воздуха, поступающего в листоотделяющие присосы, создаст силу вакуума F_v . Данная сила осуществляет подъем присосов примерно на высоту 30...40 мм, а подпружиненная часть присосов (рис. 2) приподнимается на 10 ...15 мм.

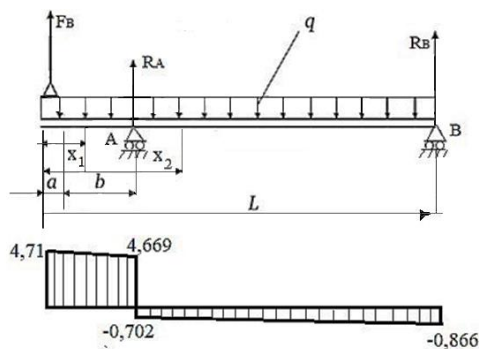


Рис. 2

В процессе подъема присосов после захвата задней кромки верхнего листа стопы происходит локальная упругая деформация бумаги и прямолинейный профиль листа приобретает контур ломаной линии ABC (рис. 1, а). Для создания данного контура необходимо смещение точки К в положение точки D, т.е. $DK=BC-MC$. Это перемещение возможно, если преодолеть силу трения между листами.

Силы, действующие на лист при его перемещении транспортирующими присо-

сами, определяются распределенной нагрузкой q от веса бумаги, толкающим усилием P , приложенным в точке В, а также противодействующей перемещению листа силой инерции $F_{ин}$, зависящей от ускорения и массы листа.

По мере перемещения задней кромки листа вперед под действием усилия P увеличивается деформация участка ВС и упругие силы, вызываемые этой деформацией, обеспечивают перемещение горизонтального участка CD. При достаточной жесткости упругой линии ВС на изгиб она способна выдержать усилие P и сохранить свою форму. Если упругая линия обладает недостаточной жесткостью, то лист бумаги выгибается, теряет устойчивость и возникает сбой в его подаче. Только при достаточной жесткости упругой линии бумага способна выдержать ускорение задней кромки листа и толкающая сила P превазойдет силу энергии листа.

При отделении задней кромки листа отделившимися присосами образуется упругая изогнутая линия ABC (рис. 1), кривизна которой зависит от высоты подъема H и длины горизонтального участка CD, ориентировочно равной $5/6$ длины L листа [13].

Основываясь на конструкции и работе подпружиненных присосов, можно составить условие отделения листа от стопы:

$$F_v > P_T + F_y + F_{тр}, \quad (1)$$

где F_v – сила вакуума, создаваемая в подпружиненном присосе, Н; P_T – сила тяжести края листа при отделении, Н; F_y – сила упругости пружины, Н; $F_{тр}$ – сила трения между листами, Н.

Если пренебречь силой трения (сцепления) $F_{тр}$ в (1) ввиду низкой шероховатости бумаги, то, предварительно выразив составляющие выражения (1), можно установить соотношение между давлением вакуума p и плотностью ρ бумаги.

Силу F_v , создаваемую вакуумом, определим по формуле:

$$F_v = p \frac{\pi d_1^2}{4}, \quad (2)$$

где d_1 – внутренний диаметр гильзы, соединенной воздуховодом с вакуумной сетью самонаклада, м; p – давление вакуума, Па (Н/м^2).

Для определения силы тяжести поднимаемого края листа бумаги необходимо учесть его контур, состоящий из прямолинейного и наклонного участков. В соответствии с рис. 1 площади поднимаемых участков края листа определяются из соотношений:

прямолинейного

$$A_1 = ac = d_2c,$$

наклонного

$$A_2 = \frac{b}{\cos\alpha} 2b = \frac{2b^2}{\cos\alpha}, \quad (3)$$

где d_2 – диаметр сменной шайбы, м; α – угол наклона касательной к упругой линии.

С учетом поверхностной плотности бумаги сила тяжести на каждом участке равна

$$P_1 = \frac{\rho d_2 c g}{1000}, \quad P_2 = \frac{2\rho b^2 g}{1000}, \quad (4)$$

где ρ – поверхностная плотность бумаги, г/м^2 ; g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

Таким образом, сила тяжести поднимаемого участка края листа составит

$$P_T = P_1 + P_2 = \frac{\rho d_2 c g}{1000} + \frac{2\rho b^2 g}{\cos\alpha \cdot 1000} = \frac{\rho}{1000} \left(d_2 c g + \frac{2b^2 g}{\cos\alpha} \right). \quad (5)$$

Сила упругости пружины F_y зависит от жесткости пружины k (Н/м) и абсолютной деформации (сжатия в данном случае) $\Delta\ell$:

$$F_y = k\Delta\ell. \quad (6)$$

После подстановки (2), (3) и (4) в выражение (1) получим зависимость давления вакуума p от плотности ρ бумаги в виде

$$p = \frac{\rho}{250} \left(d_2 c g + \frac{2b^2 g}{\cos\alpha} \right) + 4k\Delta\ell \quad \pi d_1^2. \quad (7)$$

Выполним расчет основных параметров, связанных с отделением задней кромки листа отделяющимися присосами, при сле-

дующих данных: $p=0,6$ бар – давление, создаваемое вакуумом; $d_1=10$ мм – внутренний диаметр гильзы; $d_2=35$ мм – диаметр сменной шайбы; $L=74$ см – длина листа; $V=52$ см – ширина листа; $\rho=0,65$ г/м^2 – поверхностная плотность бумаги; $(a+b)=L/6$ – суммарная длина поднимаемого участка в продольном направлении; $(2b+c) = V/2$ – суммарная длина поднимаемого участка в поперечном направлении; $Q = 15000$ л.отт./ч – производительность машины; $S = 10$ см – перемещение кромки листа до приемных роликов; $\alpha = 10^0$ – угол подъема края листа при отделении; $k=58,86 \dots 78,48$ Н/м – жесткость пружин.

Сила, создаваемая вакуумом:

$$F_B = \rho \frac{\pi d_1^2}{4} = 6 \cdot 10^4 \frac{3.14 \cdot 0.01^2}{4} = 4.71,$$

где учтено, что 1 бар = 10^5 Па (Н/м^2).

Площади поднимаемых участков края листа, м^2 :

$$A_1 = ac = d_2c = 0,035 \cdot 0,084 = 0,00294,$$

$$A_2 = \frac{2b^2}{\cos\alpha} = \frac{2 \cdot 0,088^2}{0,985} = 0,0157.$$

Сила тяжести бумаги соответственно на прямолинейном и наклонном участках края листа:

$$P_1 = \frac{\rho d_2 c g}{1000} = \frac{65 \cdot 0,035 \cdot 0,84 \cdot 9,81}{1000} = 0,002,$$

$$P_2 = \frac{2\rho b^2 g}{1000} = \frac{2 \cdot 65 \cdot 0,088^2 \cdot 9,81}{1000} = 0,01.$$

Тогда суммарная сила тяжести составит

$$P = P_1 + P_2 = 0,012.$$

Здесь принято во внимание, что

$$\begin{aligned} a + b &= d_2 + b = \frac{L}{6} = \frac{0,74}{6} = 0,123, \\ b &= 0,123 - 0,035 = 0,088, \\ b + c + b &= \frac{B}{2}, \quad c = \frac{B}{2} - 2b = \\ &= \frac{0,52}{2} - 2 \cdot 0,088 = 0,084. \end{aligned}$$

Определение минимального давления вакуума p для отделения задней кромки ли-

ста бумаги с малой плотностью ($\rho=65\text{г/м}^2$):

$$p = \frac{\frac{65}{250} (0,035 \cdot 0,084 \cdot 9,81 + \frac{2 \cdot 0,088^2 \cdot 9,81}{0,985} + 4 \cdot 68,87 \cdot 0,01)}{3,14 \cdot 0,01^2} = 8899,34 \text{ Па} = 0,0889934 \text{ бар} \cong 0,1 \text{ бар}.$$

Полученное значение давления вакуума не учитывает силу трения между листами при их отделении. Поэтому расчетное значение давления должно быть увеличено ($p > 0,1$ бар).

После подъема края листа на высоту H происходит перехват задней кромки листа транспортирующими присосами и перемещение отделенного листа в приемные ролики.

Для данного перемещения необходимо приложение силы P (рис. 1), толкающей лист до момента касания с приемными роликами. С целью обеспечения нормальной транспортировки листа должно быть выполнено условие:

$$P > F_{\text{ин}}, \quad (8)$$

где P – толкающее усилие, H ; $F_{\text{ин}}$ – сила инерции, H .

Сила инерции $F_{\text{ин}}$, несмотря на относительно небольшую массу бумаги, имеет важное значение, так как ускорение передней кромки листа достигает значений до 40 м/с^2 при производительности печатной машины 15000 л.отт./ч [11].

Так как сила инерции равна

$$F_{\text{ин}} = ma,$$

выразив массу m бумаги (печатного листа) через поверхностную плотность ρ (г/м^2) и ее площадь $S = B \cdot L$ (B – ширина, L – длина), получим

$$F_{\text{ин}} = \frac{\rho B L a}{1000}, \quad (9)$$

где a – ускорение, м/с^2 .

В связи с этим условие (8), выражающее надежность транспортирования листа, принимает вид

$$P > \frac{\rho B L a}{1000}. \quad (10)$$

Таким образом, для определения толкающей силы P при известных параметрах бумаги необходимо предварительно рассчитать ускорение a края передней кромки листа, которое зависит от производительности Q (л.отт./ч) печатной машины и расстояния S , проходимого им (рис. 1).

Часовую производительность машины, представляемую в виде

$$P_{\text{час}} = \frac{N}{t}, \text{ л. отт./ч},$$

выразим через секундную производительность:

$$P_{\text{с}} = \frac{N}{3600}, \text{ л. отт./с}. \quad (11)$$

Величина, обратная секундной производительности (11), покажет время t , за которое лист преодолевает с ускорением a (м/с^2) расстояние S :

$$t_1 = \frac{3600}{N}. \quad (12)$$

При допущении равноускоренного движения листа при начальной скорости $V_0=0$ получим

$$S = \frac{a t_1^2}{2} = \frac{a \left(\frac{3600}{N}\right)^2}{2}.$$

Откуда выражение для ускорения кромки переднего края листа равно

$$a = 2S \left(\frac{N}{3600}\right)^2. \quad (13)$$

Если подставить полученную зависимость (11) в (7), то толкающее усилие P , обеспечивающее надежное и качественное транспортирование листа, выразится соотношением:

$$P > S \left(\frac{N}{3600} \right)^2 \frac{\rho BL}{500}. \quad (14)$$

Приведем расчет толкающей силы после подъема задней кромки листа при следующих данных: $\rho = 65 \text{ г/м}^2$; $B = 52 \text{ см}$; $L = 74 \text{ см}$; $Q = 15000 \text{ л.отт./ч}$.

В соответствии с условием (9) и (10) для расчета толкающей силы необходимо определить силу инерции. Для этого следует предварительно выразить массу листа через плотность и его площадь:

$$m = \frac{\rho BL}{1000}.$$

Чтобы найти ускорение листа, с которым происходит перемещение на расстояние $S=10 \text{ см}$ до контакта с приемными валиками, следует найти время (10), предварительно выразив производительность часовую через секундную (9)

Из допущения равноускоренного движения листа при начальной скорости $V_0 = 0$ получим

$$\begin{aligned} \sum M_A = 0, \quad F_B \left(\frac{a}{2} + b \right) - q(a+b) \frac{a+b}{2} + q[L - (a+b)] \frac{[L-(a+b)]}{2} + R_B[L - (a+b)] = 0, \\ R_B = \frac{F_B \left(\frac{a}{2} + b \right) - q \frac{(a+b)^2}{2} + q \frac{[L-(a+b)]^2}{2}}{L - (a+b)}, \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \sum M_B = 0, \quad q[L - (a+b)] \frac{[L - (a+b)]}{2} + R_A[L - (a+b)] - q(a+b) \\ \left(L - \frac{a+b}{2} \right) + F_b \left(L - \frac{a}{2} \right) = 0, \end{aligned}$$

$$R_A = \frac{-F_B \left(L - \frac{a}{2} \right) + q(a+b) \left(L - \frac{(a+b)}{2} \right) + q \frac{[L-(a+b)]^2}{2}}{L - (a+b)}. \quad (16)$$

С учетом принятых допущений для усредненного формата листа $a+b=L/6$ и

$$\begin{aligned} S &= \frac{at^2}{2}, \quad a = \frac{2 \cdot S}{t^2} = 2S \left(\frac{N}{3600} \right)^2, \\ a &= 2 \cdot 0,1 \cdot \left(\frac{15000}{3600} \right)^2 = 3,47. \end{aligned}$$

Тогда сила инерции составит

$$F_{ин} = ma = \frac{\rho BL a}{1000} = \frac{65 \cdot 0,52 \cdot 0,74 \cdot 3,47}{1000} = 0,087.$$

Таким образом, толкающая сила должна быть $P \geq 0,087 \text{ Н}$.

Подъем края листа задней части осуществляется силой вакуума F_B . В качестве опор приняты шарнирно подвижные (рис. 2), так как в момент подъема листа его передний край перемещается влево на некоторое расстояние [14], [15].

В начальный момент времени ось балки (листа) представляет прямую линию, и в процессе подъема появляется криволинейный участок (ломаная линия) в пределах длины a и b .

Найдем реакции в опорах A и B в начальный момент подъема и сравним с силой вакуума F_B . Для этого составим уравнения моментов относительно каждой опоры в соответствии с условием равновесия:

$a \approx d_2$ преобразуем зависимости для R_A и R_B :

$$R_B = \frac{F_B \left(\frac{q}{2} + \frac{L}{6} - d_2 \right) - q \frac{L}{72} + q \frac{25L^2}{72}}{\frac{5}{6}L} = \frac{F_B(L - 3d_2) + 2qL^2}{5L},$$

$$R_A = \frac{-F_B(L - \frac{d_2}{2}) + q \frac{L}{6} (L - \frac{L}{12}) + q \frac{(L - \frac{L}{6})^2}{2}}{\frac{5}{6}L} = \frac{-F_B(6L - 3d_2) + 3qL^2}{5L}.$$

Таким образом, получены зависимости для реакций опор R_A и R_B

$$R_A = \frac{-F_b(6L - 3d_2) + 3qL^2}{5L},$$

$$R_B = \frac{F_b(L - 3d_2) + 2qL^2}{5L}. \quad (17)$$

Реакции в опорах зависят от силы вакуума F_b , равномерно распределенной нагрузки (погонной нагрузки) q , диаметра сменной шайбы d_2 и длины листа L . Равномерно распределенную нагрузку q от силы тяжести листа следует представить в виде $\rho Bg/1000$ (Н/м):

$$q = \frac{\rho Bg}{1000} = \frac{65 \cdot 0,52 \cdot 9,81}{1000} = 0,332.$$

$$R_A = \frac{-4,71 \cdot (6 \cdot 0,74 - 3 \cdot 0,035) + 3 \cdot 0,332 \cdot 0,74^2}{5 \cdot 0,74} = -5,371,$$

$$R_B = \frac{4,71 \cdot (0,74 - 3 \cdot 0,035) + 2 \cdot 0,332 \cdot 0,74^2}{5 \cdot 0,74} = 0,907.$$

Для определения поперечных сил Q проводим сечения x_1 и x_2 . Составляем уравнения для поперечной силы на каждом

из участков с учетом пределов их изменения.

Сечение x_1 :

$$Q(x_1) = F_b - q \cdot x_1; 0 \leq x_1 \leq a + b \text{ или } 0 \leq x_1 \leq 0,123 \text{ м};$$

при $x_1=0$ $Q(x_1) = F_b = 4,71$ Н;

$$q = \frac{\rho Bg}{1000} = \frac{65 \cdot 0,52 \cdot 9,81}{1000} = 0,332 \frac{\text{Н}}{\text{м}},$$

при $x_1=0,123$ м $Q(x_1) = 4,71 - 0,332 \cdot 0,123 = 4,669$ Н.

Сечение x_2 :

$$Q(x_2) = F_b - qx_2 - R_A; a + b \leq x_2 \leq L - (a + b) \text{ или } 0,123 \leq x_2 \leq 0,617 \text{ м};$$

при $x_2=0,123$ м $Q(x_2) = 4,71 - 0,332 \cdot 0,123 - 5,371 = -0,702$ Н;

при $x_2=0,617$ м $Q(x_2) = 4,71 - 0,332 \cdot 0,617 - 5,371 = -0,866$ Н.

При определении поперечной силы на первом участке (в сечении x_1) принято, что сила приложена на конце балки. Если приложить эту силу F_b на отрезке $a/2$, то поперечная сила составляет 0,006 Н, что позволяет ее пренебречь. По эпюре поперечной силы виден характер ее изменения вдоль балки (листа) в момент поднятия и отрыва от нижних листов.

В Ы В О Д Ы

При офсетной печати использование широкого спектра бумаг с различной плотностью приводит к проблемам при подаче листа в печатную машину, например, из-за двойных листов или неподачи бумаги со стола самонаклада печатная машина часто останавливается. Для устране-

ния этого явления, для равномерной подачи бумаги пухлой с малой плотностью самонакладом в печатный аппарат в работе предложена методика расчета режимных параметров отделения и транспортировки листа бумаги. В результате определены значения минимального давления (силы) вакуума для отделения листа – 0,1 бар (без учета сил трения между листами) и толкающей силы для перемещения при наименьшем воздействии на лист стопы до приемных роликов – 0,087 Н, способствующие оптимизации процесса печати при наименьшем воздействии на бумагу с рыхлой структурой. Предложенная методика рекомендуется для использования в задачах управления, где требуется поддержание постоянства показателей качества оттисков, например, при управлении процессом печати на бумагах с различной плотностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуляев С.А., Тихонов В.П. *Офсетная печать*. М.: МИПК им. Ивана Федорова, 2009.
2. Деджидас Л., Дистри Т. *Листовая офсетная печатная машина: механизмы, эксплуатация, обслуживание / пер. с англ. В. Дудичев, Н. Герценштейн, Е. Климова*. М.: ЦАПТ, 2007.
3. Мюллер П. *Офсетная печать. Проблемы практического использования / под ред. Б.Кагана*. М.: Книга, 1988.
4. <https://www.sonoragroup.ru/index.php/home-ru/33-forclients-ru>
5. Анкуда Д.А. *Полиграфические машины, автоматы и поточные линии*. Минск: БГТУ, 2018.
6. Митрофанов В.П. и др. *Печатное оборудование*. М.: МГУП, 1999.
7. Вирченко А.И., Колонтай И.И. *Печатное оборудование*. Минск: БГТУ, 2004.
8. Штоляков В.И., Румянцев В.Н. *Печатное оборудование*. М.: МГУП, 2011.
9. Штоляков В.И., Вартанян С.П., Федосеев А.Ф., Перова А.А. *Листовые офсетные печатные машины КБА*. М.: МГУП, 2007.
10. Силенко П.Н. *Динамика бумажного листа в транспортных системах полиграфических машин*. М.: МГУП, 1999.
11. Могинов Р.Г. *Динамика равнения бумажного листа в печатных машинах: Дис. ... д-ра техн. наук*. М., 2001.
12. Могинов Р.Г. *Исследование продолжительности первого контакта листа с упорами при его равнении // Изв. вуз. ППИ ИД*. М.: МГУП, 2001. № 1-2. С. 21...27.

13. Могинов Р.Г. *Теоретические основы и расчет листопитающей системы печатных машин*. М.: БИНОМ, 2008.

14. Снежин А.А. *Техника построения эпюр на стержнях, балках и рамах. Ч.2*. Ульяновск: УЛГТУ, 2011.

15. Реут Л.Е. *Плоский поперечный изгиб*. Минск: БНТУ, 2016.

REFERENCES

1. Gulyaev S.A., Tikhonov V.P. *Offset printing: textbook*. M.: MIPK them. Ivan Fedorov, 2009. 224 p.
2. Degidas L., Distri T. *Sheet-fed offset printing machine: mechanisms, operation, maintenance / per. from English*. V. Dudichev, N. Gertsenstein, E. Klimova. M.: TsAPT, 2007. 488 p.
3. Muller P. *Offset printing. Problems of practical use / ed. B. Kagan*. M.: Book, 1988. 207 p.
4. <https://www.sonoragroup.ru/index.php/home-ru/33-forclients-ru>
5. Ankuda D.A. *Printing machines, automatic machines and production lines*. Minsk: BSTU, 2018. 140 p.
6. Mitrofanov V.P. and others. *Printing equipment: textbook*. M.: MGUP, 1999. 443 p.
7. Virchenko A.I., Kolontay I.I. *Printing equipment: textbook manual for students of the specialty «Printing equipment and information processing systems»*. Minsk: BSTU, 2004. 234 p.
8. Shtolyakov V.I., Rummyantsev V.N. *Printing equipment: textbook*. M.: MGUP, 2011. 519 p.
9. Shtolyakov V.I., Vartanyan S.P., Fedoseev A.F., Perova A.A. *Sheet-fed offset printing presses KBA: tutorial / Moscow state un-t printing*. M.: MGUP, 2007. 140 p.
10. Silenko P.N. *Paper sheet dynamics in transport systems of printing machines*. M.: MGUP, 1999. 166 p.
11. Moginov R.G. *Dynamics of alignment of a paper sheet in printing machines: Abstract of diss. doc. tech. sciences*. M., 2001.
12. Moginov R.G. *Investigation of the duration of the first contact of the sheet with the stops during its alignment // Izv. universities. PPI ID*. M.: MGUP, 2001. No. 1-2. S. 21...27.
13. Moginov R.G. *Theoretical foundations and calculation of the sheet feeding system of printing machines*. M.: BINOM, 2008. 352 p.
14. Snezhin A.A. *Technique for constructing diagrams on rods, beams and ramax. Part 2. Guidelines for practical and self-study in the course «Strength of materials»*. Ulyanovsk: UIGTU, 2011. 110 p.
15. Reut L.E. *Flat transverse bending: manual on the academic discipline «Mechanical material»*. Minsk: BNTU, 2016. 263 p.

Рекомендована кафедрой технологии полиграфического и упаковочного производства Ташкентского института текстильной и легкой промышленности. Поступила 25.12.22.