

ПРОКОП'ЄВ М. В., магістрант; МАРЧЕВСЬКИЙ В. М., к.т.н., проф.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

КІНЕТИКА ПРЕСУВАННЯ ПАПЕРОВОГО ПОЛОТНА НА БАШМАЧНОМУ ПРЕСІ

Проаналізовано конструкції башмачних пресів. Запропоновано принципово нову конструкцію. Розроблено математичну модель пресування паперового полотна на башмачному пресі з новими умовам однозначності, що дає можливість розрахувати кількість видаленої вологи та сухість полотна після пресування.

Ключові слова: папероробна машина, паперове полотно, зневоднення, пресова частина, башмачний прес.

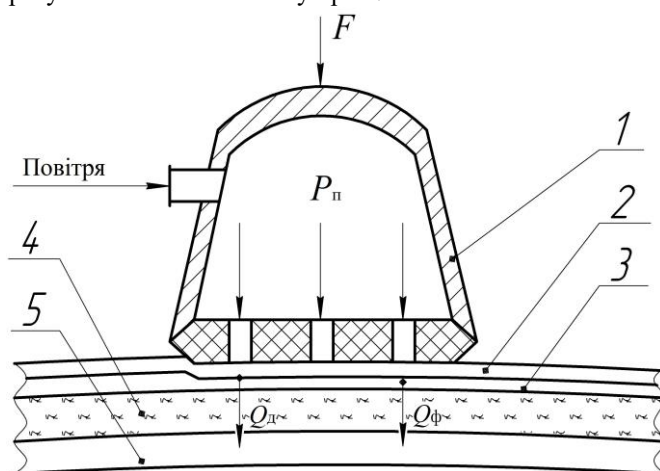
© Прокоп'єв М. В., Марчевський В. М., 2013.

Постановка проблеми. Преси вітчизняних папероробних машин забезпечують сухість полотна після пресової частини близько 35...40 %, чого недостатньо, оскільки на досушування паперу витрачається велика кількість теплової енергії у вигляді пари [1]. Тому розроблення преса, що зможе забезпечити суттєве збільшення сухості, є актуальним.

Одним із шляхів підвищення сухості паперу є застосування башмачного преса, в якому завдяки збільшенню довжини зони пресування зростає його тривалість, завдяки чому сухість полотна перед сушильною частиною збільшується до 50...55 %.

Конструкція преса фірми Voith, що містить башмак, вал і стрічковий транспортер, є надійною, проте має суттєвий недолік. Щоб подолати тертя, у замкнутий об'єм транспортера подають мастило, що забруднює полотно. Аналогічний недолік має конструкція башмачного преса фірми Beloit. Розроблена авторами конструкція позбавлена цього недоліку, оскільки тертя зменшує повітряна подушка.

Метою статті є встановлення кінетичних закономірностей та основних технологічних параметрів пресування на башмачному пресі.



1 – башмак; 2 – сітка; 3 – паперове полотно; 4 – сукно;
5 – вал жолобчатий; P_n – тиск, що створює повітря;
 Q_d – деформаційний потік; Q_f – фільтраційний потік

Рис. 1 – Тиски в захваті розробленого преса

Виклад основного матеріалу. На звичайних пресах створюється значний градієнт загального і значно менший градієнт гідравлічного тиску. У розробленій конструкції завдяки застосуванню стиснутого повітря градієнт гідравлічного тиску є більшим (рис. 1). Під дією сили F руйнується структура паперового полотна, з яких видалається вода, що під дією гідравлічного тиску фільтрується в сукно, а з нього – в жолобки вала. Наслідком цього є два потоки відпресованої води – фільтраційний Q_f і деформаційний Q_d , які можна описати рівнянням Дарсі-Герсеванова [2]:

$$u - \varepsilon u_c = -k \partial P / \partial z$$

де u – швидкість фільтрування, м/с; ε – пористість; u_c – швидкість стиснення паперового полотна, м/с; k – коефіцієнт фільтрування, м/с; P – тиск, м; z – товщина паперу, м.

Це рівняння разом з рівняннями нерозривності описує фізичні процеси, що відбуваються в папері та сукні в захваті преса. Враховуючи зміну пористості, після ряду перетворень отримуємо:

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{(1 + \varepsilon_{cp}) k_{cp}}{a_{сж,ср} \rho_v} \frac{\partial^2 P}{\partial z^2},$$

де ε_{cp} – середня пористість; $a_{сж,ср}$ – середній коефіцієнт стиску сукна і паперу посередині зони контакту; k_{cp} – середній коефіцієнт фільтрування; ρ_v – густина води, кг/м³; P – тиск у захваті преса, Па.

Умови однозначності: $\begin{cases} x = (0; a), & p_i = \Omega x \\ x = a, & p_i = \Omega a = \text{const} \end{cases}$, де Ω – кутовий коефіцієнт захоплення, Па/м; a –

довжина вхідної ділянки преса, м; x – змінна довжина вхідної ділянки преса, м.

Одержане рівняння з умовами однозначності дозволяє визначити градієнт тиску в захваті. Визначивши його, можна за рівнянням Дарсі розрахувати кількість вологи, що видалається з паперу:

$$Q = - \left\{ B \rho_B k_{\perp} \int_0^t \frac{\partial P}{\partial z} \Big|_{z=\delta} dt - B \rho_B k_{c_{\perp}} \int_0^t \frac{\partial P}{\partial z} \Big|_{z=\delta_c} dt \right\}, \text{ де } k_{\perp} = \frac{k_6 k_{c_{\perp}} \delta}{k_{c_{\perp}} \delta_6 + k_6 \delta_c}.$$

Інтегруючи наведене вище рівняння, у розрахунку на 1 м ширини полотна, після перетворень і спрощень одержимо залежність для визначення кількості видаленої вологи:

$$Q = \frac{2,4 \gamma_B \rho H_{\max} a_0}{\delta t \nu} \left(\frac{k_{\perp}}{\omega_1} + \frac{k_{c_{\perp}} \cos \pi \varphi}{\omega_2} \right)$$

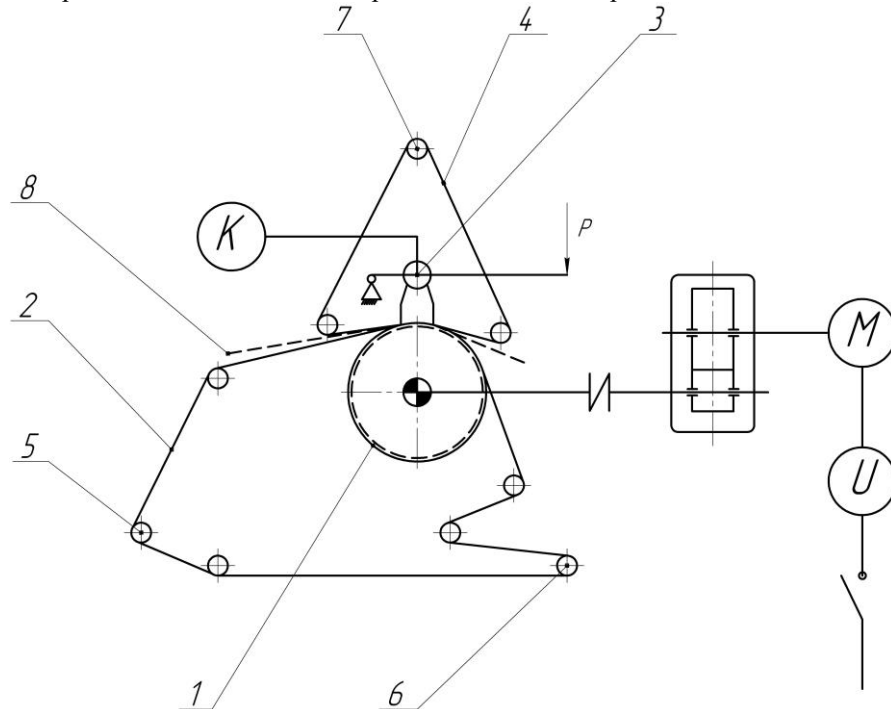
де ν – швидкість машини, м/с; a_0 – довжина площадки контакту, м; t – тривалість зневоднення, с; $\omega_1 = (a_1 \pi / \delta)^2$; $a_1 = \sqrt{\frac{(1 + \varepsilon_{cp}) k_{\perp}}{a_{сж.ср} \rho_B}}$; $\omega_2 = (a_2 \pi / \delta)^2$; $a_2 = \sqrt{\frac{(1 + \varepsilon_c) k_{\perp}}{a_{сж.с} \rho_B}}$; $\varepsilon_c, a_{сж.с}$ – фактичні пористість і коефіцієнт стиску сукна й паперу в захваті преса.

Сухість паперу після пресування:

$$C_k = \frac{g_6 C_H 100}{g_6 - 1000 \rho_B C_H Q},$$

де g_6 – маса квадратного метра паперу, г/м²; C_H – початкова сухість паперу, кг/кг.

Для перевірки адекватності математичної моделі розроблено установку (рис. 2), що дозволяє здійснювати пресування на розробленому пресі. Під час її роботи паперове полотно 8 проводиться сукном у захват преса, де під дію механічного тиску і тиску повітря, що подається компресором в башмак 3, з паперового полотна видаляється волога. Установка дозволяє вимірювати тривалість пресування, механічний тиск і тиск повітря в захваті, сухість паперового полотна до і після преса, швидкість паперового полотна в захваті.



1 – вал жолобчатий; 2 – сукно пресове; 3 – башмак; 4 – сітка; 5 – вал сукноведучий; 6 – вал сукнонатяжний; 7 – вал сітковедучий; 8 – полотно паперове

Рис. 2 – Схема башмачного преса

Висновки. Проаналізовано конструкції башмачних пресів. Запропоновано принципово нову конструкцію. Розроблено математичну модель пресування паперового полотна на башмачному пресі з новими умовам однозначності, що дає можливість розрахувати кількість видаленої вологи та сухість паперового полотна після пресування.

Подальші дослідження слід спрямувати на перевірку адекватності розроблених моделей та розроблення алгоритму розрахунку преса.

Список використаної літератури

1. Чичаев В. А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства : в 2-х т. / В. А. Чичаев, М. Л. Глезин, В. А. Екимова – М. : Лесн. пром-ть, 1981. – Т. 2 : Бумагоделательные машины. – 264 с.
2. Новиков Н. Е. Прессование бумажного полотна / Н. Е. Новиков. – М. : Лесн. пром-ть, 1972. – 240 с.

Надійшла до редакції 12.03.2013.