

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИСУШУВАННЯ У СТРУМИННОМУ ДРУЦІ

*Промодельовано вплив різних факторів на швидкість висушування фарбо відбитків у струменевому друці.*

*Promodelavano influence of different factors on speed of drying of farbo imprints in a stream seal.*

### 1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Стрімкий ріст технологій струминного друку спричинив ріст вимог до якості відбитків та підвищення продуктивності роботи плотера. Вирішальних значення має процес висушування відбитків для їх наступного опрацювання.

Технології висушування відбитків в струминному друці випереджають теорію, а технологічні фактори і умови, проведення самого процесу висушування відбитків на сьогоднішній день залишаються недостатньо вивченими і систематизованими.

### 2. АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз публікацій щодо цієї проблеми показує відсутність систематизованих теоретичних та експериментальних досліджень в галузі висушування відбитків в струминному друці, зокрема цілий ряд статей має науково-популярний та рекламний характер.

### 3. МЕТА РОБОТИ

Використовуючи теорію висушування розробити модель кінетики сушіння відбитків в струминному друці в 1-му та 2-му періодах та визначити загальний час сушіння сумарно в 2-х періодах.

### 4. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Однією з найважливіших стадій багатьох виробництв деревообробної, хімічної, паперово-целюлозної, харчової, поліграфічної та інших галузей промисловості є процес сушіння, на реалізацію якого

---

<sup>1</sup>Українська академія друкарства

використовують понад 30, а в окремих випадках до 70 відсотків усіх енергетичних затрат.

Зазначене стосується сушіння паперових і картонних виробів, паперового рулонного матеріалу, зокрема в поліграфічній промисловості при закріпленні контрастних речовин, вивчення кінетики сушіння яких має велике значення при прогнозуванні процесу.

Як буде показано нижче, сушіння досліджуваного матеріалу складається як з першого так і з другого періодів. Можна передбачити, що у нашому випадку механізм сушіння має характер- випаровування, проходить на поверхні матеріалу, а пара, яка утворюється дифундує в навколишнє середовище. Таким чином, характер протікання процесу сушіння визначається механізмом перенесення концентрації розчинника, енергетикою випаровування і механізмом перенесення вологи в навколишнє середовище через граничний шар, який розміщений біля самої поверхні матеріалу. Потік розчинника в матеріалі описується рівнянням [1].

$$j = a_m \rho_0 \Delta U - a_m^T \rho_0 \Delta T - K_p \Delta P, \quad [1],$$

де  $a_m$  - коефіцієнт дифузії розчинника

$\rho_0$  - густина сухого матеріалу

$K_p$  - величина, що характеризує молярне перенесення розчинника під впливом градієнту тиску

$a_m^T$  - коефіцієнт термодифузії у вологому тілі

$\Delta P$  - градієнт парціального тиску парів розчинника

В ізотермічних умовах і при малих перепадах температури в граничному шарі розчинника різницю хімічних потенціалів можна замінити різницею парціальних тисків [2].

$$\gamma_n = \alpha_p (P_H - P_C), \quad [2],$$

де  $\alpha_p$  - коефіцієнт масообміну

Підведення тепла до поверхні матеріалу в період постійної швидкості в процесі конвекційного теплообміну описується рівнянням:

$$g_n = \alpha_g (t_c - t_n), \quad [3]$$

де  $g_n$  - густина потоку тепла;

$\alpha_g$  - коефіцієнт теплообміну;

$t_c$  - температура теплоносія;

$t_n$  - температура поверхні.

Тобто, у період постійної швидкості сушіння між залежностями теплообміну і масообміну існує взаємозв'язок. При конвекційному сушінні матеріалів в умовах першого періоду на швидкість протікання процесу, як відомо, впливають швидкість підведення тепла до поверхні матеріалу, що висушується і швидкість відведення випаровування розчинника з його поверхні.

Швидкість підведення тепла до поверхні матеріалу характеризується коефіцієнтом тепловіддачі " $\alpha$ " і різницею температур теплоносія і поверхні матеріалу. Основна складність виникає при визначенні " $\alpha$ ". Внаслідок складної залежності коефіцієнта тепловіддачі від великого числа факторів, неможливо отримати розрахункову залежність для розрахунку " $\alpha$ ". Лише шляхом узагальнення дослідних з допомогою теорії подібності можна отримати узагальнене рівняння для типових випадків тепловіддачі, яке дозволяє розрахувати  $\alpha$  для умов конкретної задачі. Однак для визначення коефіцієнта тепловіддачі необхідно знати температурний градієнт біля стінки матеріалу.

Вихідною залежністю для узагальнення даних по тепловіддачі є загальний закон розподілення температур в потоці, який виражається диференціальним рівнянням конвекційного теплообміну [1], яке отримується виходячи з наступних міркувань.

Виділимо в потоці теплоносія елементарний паралепіпед з ребрами  $d\alpha$ ,  $dy$ ,  $dz$ . Приймемо, що густина теплоносія  $\rho$ , коефіцієнт теплопровідності  $\alpha$  і питома теплоємність  $c_p$  постійні. Температура потоку міняється вздовж граней паралепіпеда. Проекції швидкості руху потоку  $W$  на осі координат  $\alpha, y, z$  складають відповідно  $W_x, W_y, W_z$ . Все тепло, що підводиться до потоку іде на зміну ентальпії.

Тепло переноситься в потоці шляхом конвекції і теплопровідності.

Нехай вздовж осі  $x$  через грань  $dy dz$  за час  $d\tau$  в паралепіпед поступає шляхом конвекції кількість тепла

$$Q_\alpha = \rho W_x dy dz C_p t d\tau \quad (3)$$

Кількість тепла, що виділяється шляхом конвекції за цей же час через протилежну грань паралепіпеда

$$Q_{\alpha+dx} = Q_{\alpha} + dQ_x = \rho W_x dydz C_p t d\tau + C_p \left[ t \frac{\partial(\rho W_x)}{\partial x} + \rho W_x \frac{\partial t}{\partial x} \right] dx dy dz d\tau \quad (4)$$

Різниця

$$dQ_x = Q_x - Q_{x+dx} = -C_p \left[ t \frac{\partial(\rho W_x)}{\partial x} + \rho W_x \frac{\partial t}{\partial x} \right] \times dx dy dz d\tau \quad (5)$$

Аналогічні залежності отримаємо по осі y і z.

Загальна кількість тепла, що підводиться в паралелепіпед конвекцією за час  $d\tau$  :

$$dQ_{\text{конв}} = dQ_x + dQ_y + dQ_z \quad (6)$$

Сумуючи складові отримуємо

$$dQ_{\text{конв}} = -\rho C_p \left( \frac{\partial t}{\partial x} W_x + \frac{\partial t}{\partial y} W_y + \frac{\partial t}{\partial z} W_z \right) dV d\tau \quad (7)$$

Кількість тепла, що вноситься в паралелепіпед за час  $d\tau$  шляхом теплопровідності складає

$$dQ_{\text{менл}} = \alpha \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) dV d\tau \quad (8)$$

Сумарна кількість тепла, що підводиться конвекцією і теплопровідністю

$$\begin{aligned} dQ_{\text{кон}} + dQ_{\text{менл}} &= -\rho C_p \left( \frac{\partial t}{\partial x} W_x + \frac{\partial t}{\partial y} W_y + \frac{\partial t}{\partial z} W_z \right) dV d\tau \\ &= \alpha \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) dV d\tau \end{aligned} \quad (9)$$

Підведене тепло рівне відповідній зміні ентальпії паралелепіпеда:

$$dQ = C_p \rho dV \frac{\partial t}{\partial \tau} d\tau \quad (10)$$

В кінцевому результаті отримаємо

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \frac{\partial t}{\partial x} W_x + \frac{\partial t}{\partial y} W_y + \frac{\partial t}{\partial z} W_z = a \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right), \quad (11)$$

де  $a = \frac{\lambda}{c\rho}$  - коефіцієнт теплопровідності

Рівняння (9) виражає в найбільш загальному виді розподілення температур в рухомому середовищі. Аналітичний розв'язок рівняння (9) в загальному вигляді не можна отримати. Рівняння (9) може бути перетворене шляхом використання теорії подібності [2] з отриманих безрозмірних комплексів-критеріальних рівнянь.

Зокрема із рівняння (9) отримуємо критеріальне рівняння виду

$$N_u = \mathcal{F} \left( R_e, P_r, \frac{L_1}{L_0}, \frac{L_n}{L_0} \right) \quad (12)$$

де  $N_u = \frac{\alpha d}{\lambda}$

Критеріальні рівняння представляють у вигляді

$$N_u = \frac{\alpha d}{\lambda} = C Re^m Pe \left( \frac{l}{a} \right)^n \quad (13)$$

де  $c, m, n, p$  – величини, що визначаються із досліду

Диференціальне рівняння конвекційного масообміну має вигляд

$$W_x \frac{\partial c}{\partial x} + W_y \frac{\partial c}{\partial y} + W_z \frac{\partial c}{\partial z} = D \left( \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) \quad (14)$$

і виражає закон розподілення концентрації даного компоненту в рухомому середовищі при встановленому потоці масообміну.

В диференціальному рівнянні (12) масообміну в рухомому середовищі окрім концентрації, змінною являється швидкість потоку. Тому його необхідно розглядати сумісно з диференціальним рівнянням Нав'є-Стокса і рівнянням нерозривності потоку.

Рівняння Нав'є-Стокса має вигляд

$$\begin{cases} \rho \frac{dW_x}{d\tau} = -\frac{\partial P}{\partial x} + \mu \nabla^2 W_x \\ \rho \frac{dW_y}{d\tau} = -\frac{\partial P}{\partial y} + \mu \nabla^2 W_y \\ \rho \frac{dW_z}{d\tau} = -\rho_g - \frac{\partial P}{\partial z} + \mu \nabla^2 W_z \end{cases} \quad (15)$$

Рівняння нерозривності потоку якщо  $\frac{\partial \rho}{\partial \tau} = 0$  має вигляд

$$\frac{\partial(\rho W_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho W_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho W_z)}{\partial z} = 0 \quad (16)$$

Однак ця система рівнянь не має аналітичного розв'язку і для отримання розрахункових залежностей по масообміну використовують перетворення диференціального рівняння масообміну у рухомому середовищі застосовуючи теорію подібностей і отримують критеріальні рівняння для розрахунку коефіцієнта масообміну.

Якщо все тепло необхідне для випаровування вологи, підводиться із навколишнього середовища тільки шляхом конвекційного теплообміну, а температура матеріалу постійна ( $\frac{dt}{d\tau} = 0$ ), тоді інтенсивність випаровування пропорційна густині потоку тепла на поверхні тіла [1]:

$$j_n = \frac{g_n}{r} = \frac{N}{100} R_V \frac{\rho_0}{r} = \left( \frac{dw}{d\tau} \right) * \frac{R_V \rho_0}{100r}, \quad (17)$$

де  $N$  – швидкість сушіння в період постійної швидкості, %/с;

$$N = \left( \frac{dw}{d\tau} \right). \quad (18)$$

$R_V$  - відношення об'єму тіла до його поверхні;

$\rho_0$  - густина сухого тіла;

$r$  - питома теплота випаровування.

В разі сушіння матеріалу у першому періоді інтенсивність процесу можна порівняти до інтенсивності випаровування розчинника з вільної поверхні.

Такий тепло-масообмінний процес описується рівнянням:

$$g_n = \alpha_n(t_c - t_n) = N_u g \frac{\lambda_b}{l}(t_c - t_n) \quad (19)$$

$$j_n = \alpha_p(P_n - P_c) = N_u m \frac{D_p}{l}(P_n - P_c), \quad (20)$$

де  $\lambda_b$  - коефіцієнт теплопровідності розчинника;

$D_p$  - коефіцієнт дифузії пари в повітрі, віднесений до різниці тисків;

$l$  – довжина поверхні тіла вздовж потоку газу.

Індeksi “n” і “c” означають поверхню тіла і навколишнє середовище.

У періоді постійної швидкості сушіння температура матеріалу постійна і все тепло передане матеріалові, йде на випаровування розчинника, тому згідно закону збереження енергії можна записати:

$$g_n = j_n r \quad (21)$$

$$\text{або } g_n = r \rho_0 R_V N \frac{1}{100}, \quad (22)$$

де  $r$  – питома теплота пароутворення;

$N$  – швидкість сушіння в першому періоді.

За величиною швидкості сушіння  $N$  можна визначити інтенсивність теплообміну  $g_n$ , і навпаки, знаючи інтенсивність теплообміну  $g_n$ , можна визначити швидкість сушіння  $N$ .

Виходячи з викладених вище міркувань, у роботі А.В.Ликова наведена претаріальна залежність для розрахунку постійної швидкості:

$$K_{igo} = K_{imo} L_u K_0. \quad (23)$$

Теплообмінний і масообмінний критерії Кірпічова рівні:

$$K_{ig} = \frac{g_n R_V}{\alpha T_c} \quad \text{і} \quad (24)$$

$$K_{im} = \frac{J_n R_V}{a_m \rho_0 U_0}, \quad (25),$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт теплопровідності розчинника

В періоді постійної швидкості інтенсивність тепло і масообміну постійні ( $g = const$  і  $j = const$ ), і тому критерії  $K_{ig}$  і  $K_{im}$  для

періоду постійної швидкості позначають відповідно через  $K_{igo}$  і  $K_{imo}$ . Рівняння (9) можна представити у вигляді

$$K_{igo} = K_{imo} L_u K_0, \quad (26),$$

$$\text{де } L_u = \frac{a_m}{a}; K_0 = \frac{rU_0}{cT_c};$$

$a$  – коефіцієнт теплопровідності розчинника;

$c$  – питома теплоємність розчинника.

Масообмінний критерій Кірпічова для періоду постійної швидкості буде рівний

$$K_{imo} = \frac{R^2 v N}{a_m W_0}. \quad (27)$$

Рівняння (10) і (11) являються основними співвідношеннями для періоду постійної швидкості.

Згідно рівняння 14

$$\frac{g_n R_V}{\lambda T_c} = \frac{a_m}{a} \frac{R^2 v N}{a_m W_0} \frac{r U_0}{c T_c}. \quad (28)$$

Наведена залежність (16) є складною для практичного користування. Причини незручності полягають у тому, що вона повинна бути доповнена рівнянням для розрахунку  $g_n$  і  $j_n$ , а точніше для розрахунку коефіцієнтів масовіддачі і тепловіддачі, які в свою чергу залежать не тільки від швидкості руху теплоносія, але й від фізичних властивостей газового потоку розчинника, його геометрії і методу контактування з потоком.

В критерій  $K_i$  входить величина швидкості сушіння в першому періоді, яка в свою чергу залежить від  $g_n$ , а коли брати в основу швидкість сушіння  $N$  в періоді постійної швидкості, то необхідно мати залежності, які описують її взаємозв'язок з параметрами сушіння. Крім того, такі фізичні величини, які входять в критерій як  $\lambda, a_m, a, U_0, c$  будуть змінюватись в часі із зміною концентрації розчинника.

В зв'язку з цим виникає необхідність в ряді додаткових залежностей, необхідних для використання рівняння (14) в інженерних розрахунках при прогнозуванні кінетики сушіння в першому періоді.



Виходячи із сказаного вище узагальнення результатів кінетики сушіння в умовах падаючої швидкості будується на приблизному рівнянні сушіння для другого періоду і узагальненні швидкості сушіння у першому періоді у вигляді степеневої функції. Рівняння сушіння у другому періоді має вигляд:

$$\frac{-dw}{d\tau} = K(W - W_p) \quad (29)$$

$$K = \frac{N}{W_{kp} - W_p} = HN \quad (30)$$

де  $K$  – коефіцієнт сушіння, який залежить від режиму сушіння і прямо пропорційний швидкості сушіння у першому періоді, 1/с ;

$N$  – відносний коефіцієнт сушіння який залежить від властивостей матеріалу і початкової концентрації розчинника, 1/%.

Інтегрування рівняння (17) дає можливість отримати залежність:

$$\frac{W - W_p}{W_{kp} - W_p} = \exp(-k(\tau - \tau_{kp})) = \exp(-HN(\tau - \tau_{kp})), \quad (31)$$

де  $W_{kp}$  - критична концентрація розчинника, % (визначається графічно)

$W_p$  - рівноважна концентрація розчинника, %.

Щоб визначити значення коефіцієнта  $k$  рівняння (19) необхідно ставити у координатах  $\lg(W - W_p) - t$

Отримаємо залежність

$$\lg(W - W_p) = \lg(W_{kp} - W_p) = \lg(W_{kp} - W_p) = -\frac{1}{2,3} K(\tau_2 - \tau_1)$$

$$K = \frac{2,3[\lg(W_1 - W_p) - \lg(W_2 - W_p)]}{\tau_2 - \tau_1}, \quad (32)$$

де  $W_1, W_2$  - відповідно текучі значення концентрації розчинника у другому періоді в момент часу  $\tau_1$  і  $\tau_2$  відповідно.

Для визначення коефіцієнта  $k$ , як уже згадувалося необхідно побудувати кінетичну криву в напівлогарифмічних координатах.

Тангенс кута нахилу прямої буде чисельно рівний коефіцієнту сушіння (рівняння 20).

Кінетика сушіння матеріалу у першому періоді описується рівнянням:

$$W = W_0 - N\tau \quad (33)$$

$$N = \frac{W_0 - W}{\tau} \quad (34)$$

де  $W_0$  - початкова концентрація розчинника, %

$W$  - текуча концентрація розчинника, %

$\tau$  - текучий час, с

Рівняння (21) дійсне для умов:

$$W \geq W_{KP}$$

При досягненні  $W_{KP}$

$$W_0 - W = N\tau_{KP} \quad (35)$$

Час, якому відповідає  $W_{KP}$  визначаємо з рівняння

$$\tau_{KP} = \frac{W_0 - W_{KP}}{N} \quad (36)$$

Для узагальнення результатів кінетики сушіння у другому періоді необхідно визначити відносний коефіцієнт  $H$  із графічної залежності  $K = \int(N)$

Кінетичне рівняння матиме вигляд

$$\left[ \frac{W - W_P}{W_{KP} - W_P} = e^{-K(\tau - \tau_{KP})} = e^{-HN(\tau - \tau_{KP})} \right] \quad (37)$$

Залежність дійсна для умови  $W \leq W_{KP}$ . Для того, щоб скористатися рівнянням (26) необхідно визначити залежність швидкості сушіння у першому періоді від параметрів процесу, яка в загальному вигляді може бути представлена рівнянням:

$$N = At^m W^n S^k \quad (38)$$

де  $A, m, n, k$  - відповідно коефіцієнти пропорційності і показники степеней;

$W$  - швидкість руху теплоносія, м/с;

$t$  - температура теплоносія, °C;

Залежність дійсна для умови  $W \geq W_{KP}$ .

Узагальнення результатів кінетики сушіння першого періоду при зміні концентрація розчинника від початкової  $W_0$  до критичної  $W \geq W_{KP}$  дозволило отримати залежність  $W = \oint(t, W, s)$ , тобто залежність швидкості в першому періоді  $N$  від температури, швидко-

сті руху теплоносія і площі змочування пігментом, яка описується рівнянням:

$$N = 9,26 \cdot 10^{-2} t^{0,4} W^{0,5} S^{-0,7} \quad (39)$$

Загальний вигляд якого описано залежністю (27). Швидкість сушіння в першому періоді  $N$  в загальному вигляді представлена рівнянням (21).

Для узагальнення кінетики сушіння у другому періоді використовується рівняння (19). Однак для його використання необхідно визначити коефіцієнти сушіння  $k$  (рівняння(20)), відносний коефіцієнт сушіння  $H$  і критичну концентрацію розчинника  $W_{KP}$ . Для досягнення цієї мети кінетичні криві побудовані в координатах  $\lg(w - w_p) - \tau$  – рис.4. З отриманої графоаналітичної залежності за величиною  $tg\alpha$ , згідно рівняння 20 визначені коефіцієнти сушіння  $k$ . Величина  $W_{KP}$ , яка визначається ординатою злому кривих (рис.9) для досліджуваного матеріалу складає приблизно 18 %. Рівноважна концентрація розчинника (рис 1,2,3) приблизно рівна 2 % (в межах температур, при яких велися дослідження: 15-75 °с).

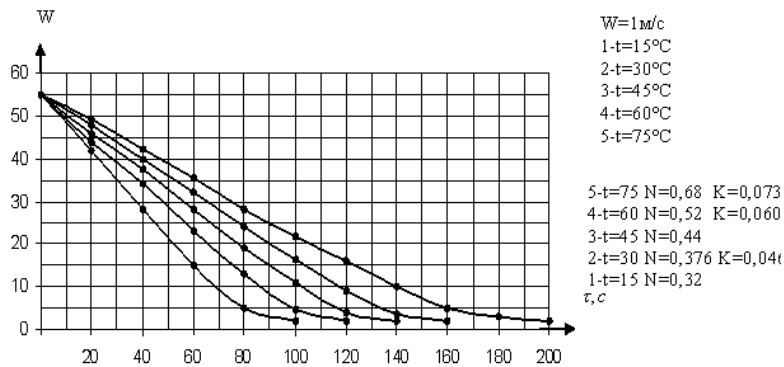


Рис. 1. Вплив температури на кінетику сушіння

Для знаходження відносного коефіцієнта сушіння  $H$  представимо графічну залежність  $K = \psi(N)$  (рис.5). Виходячи з того, що  $K = HN$ , відносний коефіцієнт сушіння  $H$  визначають за величиною  $tg\alpha$ . Для досліджуваного матеріалу  $H = 0,1$ ; 1%.

Таким чином, знаючи відносний коефіцієнт  $H$ , отримуємо можливість описати кінетику сушіння у другому періоді в діапазоні зміни концентрації розчинника  $W_{KP} - W_P$ , згідно рівняння (19).

$$\frac{W - W_P}{W_{KP} - W_P} = e^{-K(\tau - \tau_{KP})} = e^{-HN(\tau - \tau_{KP})} = \exp(-9,26 \cdot 10^{-2} H t^{0,4} W^{0,5} S^{-0,7} (\tau - \tau_{KP})) \quad (40),$$

де  $W_{KP}$  - критична концентрація розчинника, %;

для досліджуваного матеріалу  $W_{KP} = 18\%$  ;

$K$  - відносний коефіцієнт сушіння,  $\frac{1}{c}$ ;  $K = HN$

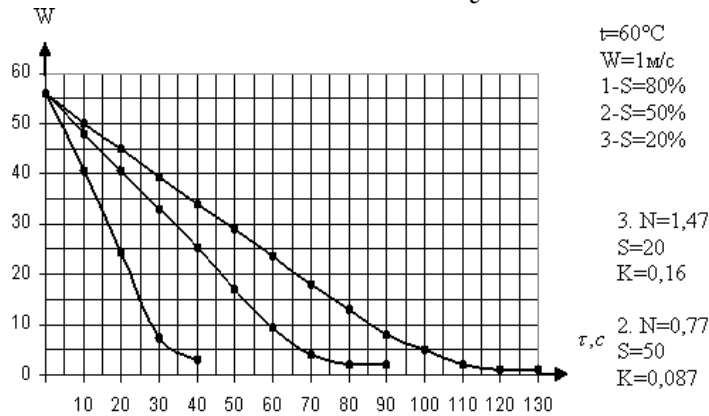


Рис. 2. Вплив площі задрукування матеріалу на кінетику сушіння

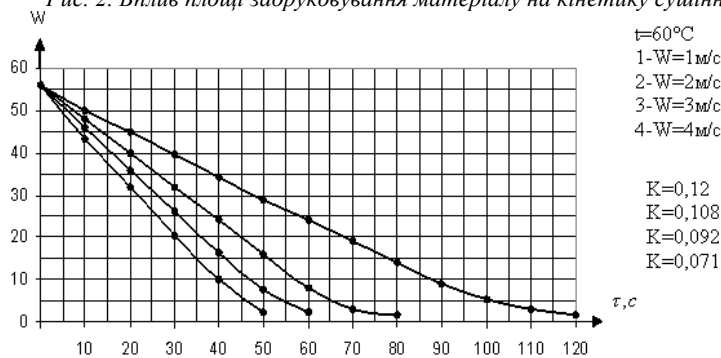


Рис. 3. Вплив швидкості руху теплоносія на кінетику сушіння

$$N = 9,26 \times 10^{-2} \times t^{0,4} W^{0,5} \times S^{-0,3}$$

Таким чином рівняння (28) і (29)-являються розрахунковими залежностями для визначення  $W = f(\tau, t, w, s)$  як у першому так і в другому періодах кінетики сушіння досліджуваного матеріалу.

Час сушіння матеріалу в першому періоді від  $W_0$  до  $W_{kp}$  визначається з рівняння (24),

$$\text{тобто} \quad \tau_{kp} = \frac{W_0 - W_{kp}}{9,26 \cdot 10^{-2} t^{0,4} W^{0,5} S^{0,7}} \quad (41)$$

а час сушіння в другому періоді з  $W_{kp}$  до  $W_p$ , тобто до досягнення кінцевого часу сушіння  $\tau_k$  визначається з рівняння (29).

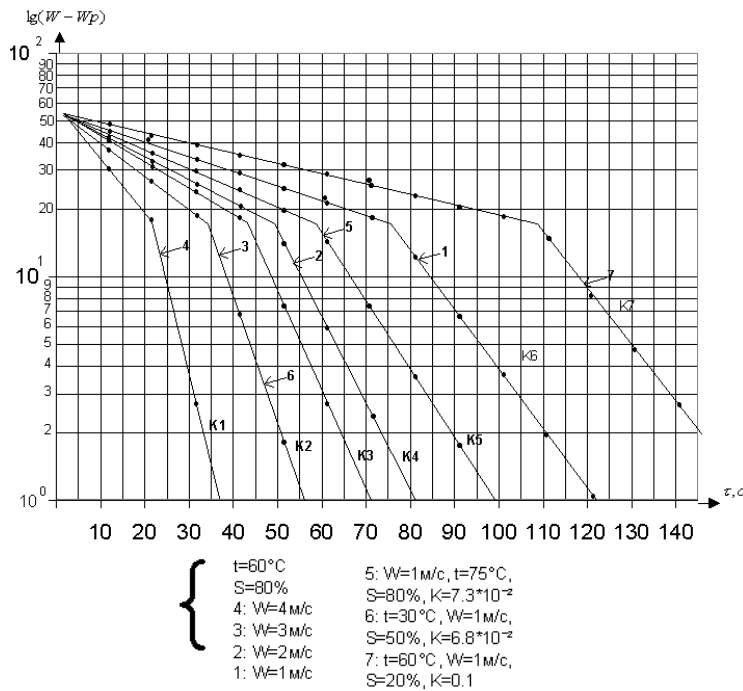


Рис. 4. Визначення коефіцієнта сушіння  $k$  і  $W_{kp}$

Загальний час сушіння може бути визначений і за залежністю [1].

$$\tau = \frac{W_0 - W_p}{N} - \frac{1}{HN} [1 + 2,3 + \lg H(W - W_p)] \quad (42)$$

Для нашого випадку загальний час сушіння до досягнення кінцевої концентрації розчинника 3-4 % при рівноважній-2 % рівняння матиме вигляд:

$$\tau = \frac{W_0 - W_P}{9,26 \cdot 10^{-2} t^{0,4} \omega^{0,5} S^{-0,7}} + \frac{1}{0,1 \cdot 9,26 \cdot 10^{-2} t^{0,4} \omega^{0,5} S^{-0,7}} \times [1 + 2,3 \lg 0,1(W - W_P)] \quad (43)$$

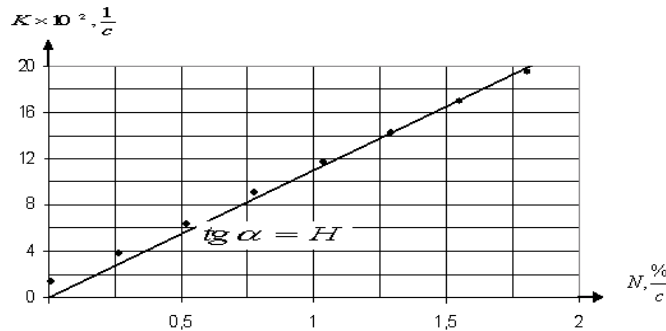


Рис. 5. Визначення кінетичного коефіцієнта  $H = 18 \times 10^2 / 1,8 = 0,1 \times 1\%$

## 5. ВИСНОВОК

На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень отримані розрахункові залежності, які описують кінетику сушіння в 1-му та 2-му періодах ( зміну вмісту розчинника в часі ) до досягнення рівноважного стану і визначені кінетичні коефіцієнти: для 2-го періоду сушіння— коефіцієнт сушіння  $K$ , відносний коефіцієнт сушіння  $H$ , коефіцієнт пропорційності і показники степенем  $m$ ,  $n$  і  $k$ , які описують кінетику сушіння в 1-му періоді.

А також був визначений загальний час сушіння в 1-му і 2-му періодах (сумарно) для досліджуваного матеріалу, що дало змогу одержані результати ввести в базу даних комп'ютера і за допомогою розробленої нами цифрової системи автоматизовано керувати процесом висушування відбитків у струминному друці, досягти високої якості продукції, збільшити продуктивність роботи плотера та здешевити її собівартість.

1. Лыков В. А. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967.- 599с. 2. Шот Р. І., Стрепко І. Т. Теплові процеси в поліграфії: Навчальний посібник. – Львів: Фенікс, 1998.-202 с. 3. Лыков А. В. Сб. «Тепло- и массообмен в капиллярнопористых телах», Минск, 1965. – 432 с. 4. Лыков А. В. Теория сушки. М., Энергия, 1968, 472с. 5. Лыков А. В. Тепломасообмен (справочник), м., Энергия/ 1972 - 560 с.