

УДК 62-526+686.1.056.3+676.84.051

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЇВ ПІДЙОМУ СТОСІВ КАРТОННИХ ЗАГОТОВОК У ПОЛІГРАФІЧНОМУ ОБЛАДНАННІ

П. В. Топольницький, А. Б. Коломієць, А. І. Шустикевич

*Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна*

Розглянуто та проаналізовано сучасні пристрої підйому стapelного стола, навантаженого стосом картонних аркушевих заготовок у складі друкарського і післядрукарського обладнання. Виявлено недоліки у їхній роботі, викликані дискретним рухом, що впливає на точність позиціонування заготовок та можливість негативного впливу на динамічні характеристики машин. Розроблена конструкція, у якій застосований частотний перетворювач для керування роботою двигуна приводу механізму підйому стола, забезпечує режим його плавного руху. Виконано вибір перетворювача згідно з характеристиками обладнання. Виведено аналітичні залежності, на основі яких проведено розрахунки кінематичних і енергосилових параметрів пристрою, що визначили характер і величину впливу швидкості роботи поліграфічного обладнання та товщини картонних заготовок на потужність і швидкість піднімання навантаженого стapelного стола.

Ключові слова: *друкарська машина, штанцювальний прес, стapelний стіл, картон, стос, частотний регулятор, підйом, двигун, швидкість, потужність, товщина.*

Постановка проблеми. Огляд сучасних конструкцій самонакладів друкарських машин та штанцювальних пресів виявив, що в них переважно використовуються пневматичні (з каскадною і послідовною подачею листів) і фрикційні самонаклади [1]. Багато невеликих вітчизняних поліграфічних підприємств для виготовлення картонних розгорток дотепер активно використовує аркушеві друкарські машини плоскоциліндрового і тигельного типу. Це обладнання після модернізації і переоснащення пристосовують для виготовлення пакувань з картону.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Механізм переміщення стapelного стола призначений для автоматичного піднімання стосу картону до пристрою відокремлення аркушів залежно від зменшення рівня стосу і швидкості роботи машини. У сучасних машинах, які розраховані з урахуванням друку на папері, діапазон товщин менший (від 0,06 до 0,5 мм), а піднімання стapelного стола здійснюється храповим механізмом періодично, залежно від зменшення допустимого рівня стосу. У разі більшої товщини картону і швидкості роботи друкарської машини підйом стapelного стола здійснюватиметься дискретно, що впливатиме на динаміку роботи машини.

Модернізація конструкцій подібних пристроїв у складі обладнання поліграфічних підприємств є актуальним завданням, що підтверджується розробками провідних фірм галузевого машинобудування та дослідженнями науковців у цьому напрямку [2].

Виявлено, що подібні пристрої застосовують для полегшення роботи персоналу, наприклад, для підйому стосу паперу / картону до віброзіштовхувачів у складі комплексів одноножових різальних машин [3–4]. Їх використовують у складі компактних мобільних пристосувань на операціях перевантаження стосів готової продукції із зони операційного обладнання на піддоні для транспортування на склад [5]. Удосконалення цих пристроїв також гостро потребує визначення оптимально-раціональної швидкості підйому і потужності двигуна для урухомлення навантажених столів [6].

Мета статті. Дослідження присвячене удосконаленню пристроїв підйому стосів аркушів картону або заготовок у друкарському і післядрукарському обладнанні. Кінцевою метою є забезпечення плавного підйому навантаженого стапельного стола зі швидкістю, що залежить від товщини картону.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розроблена конструкція приводу піднімання стапеля має на меті спрощення конструкції приводу та уникнення старт-стопного режиму підйому стапельного стола [7].

Плавне регулювання частоти обертання двигуна, що забезпечуватиме відповідне піднімання стапельного стола під час використання різного за товщиною картону, яке супроводжується зміною швидкості роботи друкарської машини, можливе шляхом застосування у приводі машини частотного регулятора швидкості.

Регулятор швидкості або інвертор – це пристрій, який перетворює вхідну напругу 220 В / 380 В частотою 50 Гц у вихідну імпульсну напругу шляхом широкоімпульсної модуляції, яка формує в двигуні синусоїдальний струм частотою від 0 Гц до 400 Гц або навіть до 1600 Гц. Отже, якщо плавно збільшувати частоту та амплітуду напруги, що подається на обмотки асинхронного електродвигуна, можна забезпечити плавне регулювання швидкості обертання вала електродвигуна.

Проведений пошук частотних регуляторів швидкості дозволив підібрати оптимальний прилад з потрібними параметрами. Для приводу стапельного стола вибраний регулятор швидкості марки VS mini J7, який випускає відома фірма Omron/Yaskawa (Японія), з такими параметрами [8]:

- вхідна напруга: 3 фази, 380В ~ 460В, 1 або 3 фази 220 В;
- потужність: від 0,1 до 4 кВт;
- вихідна частота: 0,1 ... 400 Гц;
- час розгону / гальмування: 0 ... 999 с;
- ступінь захисту: IP20.

На рис. 1 подано загальний вигляд обраного частотного регулятора швидкості марки J7 обраної моделі CIMR-J7AZ20P4 (0,55 кВт).



Рис. 1. Регулятор швидкості VS mini марки J7

Початковими параметрами для розрахунку параметрів двигуна приводу піднімання стапельного стола є продуктивність роботи друкарської машини $n_v = 12000$ об/год; максимальний формат аркуша картону 56×76 см; фізичні властивості картону – його товщина і щільність. Попередньо для розрахунків приймали, що товщина картону може змінюватися в межах від 0,3 (щільний картон) до 3,0 мм (гофрований картон з типом гофри В та С), з масою 1 м^2 – від 250 г/м^2 до 2000 г/м^2 .

Розрахунок виконуємо згідно з рекомендаціями [9]. Спочатку визначаємо масу одного аркуша картону:

$$m_{\text{л}} = A \cdot B \cdot m,$$

де A і B – габаритні розміри аркуша картону; m – маса 1 м^2 картону.

$$m_{\text{л}1} = 0,56 \cdot 0,76 \cdot 250 = 106,4 \text{ г} = 0,106 \text{ кг};$$

$$m_{\text{л}2} = 0,56 \cdot 0,76 \cdot 2000 = 851,2 \text{ г} = 0,851 \text{ кг}.$$

Згідно з конструкцією висота стапеля складає 1100 мм. У процесі друкування на друкарських машинах або висікання картонних розгорток на штанцювальному обладнанні стіл переміщається догори на 1000 мм. З урахуванням цього визначимо максимальну кількість аркушів картону в стосі:

$$Z = \frac{S}{\Delta},$$

де S – переміщення стапельного стола; Δ – товщина картону.

$$Z_1 = \frac{S}{\Delta_1} = \frac{1000}{0,3} = 3333 \text{ штук};$$

$$Z_2 = \frac{S}{\Delta_2} = \frac{1000}{3,0} = 333 \text{ штук}.$$

Швидкість переміщення стапельного стола розраховуємо за формулою:

$$V = \frac{S}{t}, \quad (1)$$

де t – час, за який відбувається переміщення навантаженого стапеля.

Цей час залежить від товщини картону і швидкості роботи друкарської машини:

$$t = \frac{3600 \cdot Z}{n_v} = \frac{3600 \cdot S}{\Delta \cdot n_v} \quad (2)$$

Підставляючи залежність (2) в (1), отримаємо:

$$V = \frac{S \cdot \Delta \cdot n_v}{3600 \cdot S} = \frac{\Delta \cdot n_v}{3600} \quad (3)$$

Як бачимо з наведеної формули, швидкість переміщення стапельного стола залежить від товщини картону, який буде задруковано або відштанцьовано, та частоти обертання головного вала машини. Підставляємо числові значення в дану формулу:

$$V_1 = \frac{\Delta_1 \cdot n_v}{3600} = \frac{0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 12000}{3600} = 0,001 \text{ м/с};$$

$$V_2 = \frac{\Delta_2 \cdot n_v}{3600} = \frac{3,0 \cdot 10^{-3} \cdot 12000}{3600} = 0,01 \text{ м/с}.$$

Визначаємо масу стосу під час використання різного за товщиною картону:

$$m_{cm1} = m_{л1} \cdot Z_1 = 0,106 \cdot 3333 = 353,3 \text{ кг};$$

$$m_{cm2} = m_{л2} \cdot Z_2 = 0,851 \cdot 333 = 283,4 \text{ кг}.$$

Сила тяжіння стосу картону:

$$F = m_{cm} \cdot g; \quad (4)$$

$$F_1 = m_{cm1} \cdot g = 353,3 \cdot 9,81 = 3466 \text{ Н};$$

$$F_2 = m_{cm2} \cdot g = 283,4 \cdot 9,81 = 2780 \text{ Н}.$$

Потужність приводу, необхідна для піднімання стапельного стола:

$$N = F \cdot V. \quad (5)$$

Після підстановки (3) і (4) у (5) отримаємо наступну формулу:

$$N = \frac{m_{л} \cdot S \cdot g}{\Delta} \cdot \frac{\Delta \cdot n_v}{3600} = \frac{m_{л} \cdot S \cdot g \cdot n_v}{3600} \quad (6)$$

Отримана формула доводить, що потужність приводу пристрою переміщення стапельного стола прямопропорційно залежить від властивостей картону, який використовують під час друкування / штанцювання картонних розгорток, та швидкості роботи друкарської машини або штанцювального преса. Величина переміщення стапельного стола S є сталим параметром технічних умов роботи для конкретної машини.

Підставляємо у формулу (6) числові дані і отримуємо:

$$N_1 = \frac{m_{л1} \cdot S \cdot g \cdot n_v}{3600} = \frac{0,106 \cdot 1,0 \cdot 9,81 \cdot 12000}{3600} = 3,47 \text{ Вт};$$

$$N_2 = \frac{m_{л2} \cdot S \cdot g \cdot n_v}{3600} = \frac{0,851 \cdot 1,0 \cdot 9,81 \cdot 12000}{3600} = 27,8 \text{ Вт}.$$

Проведені розрахунки показали, що для переміщення стапельного стола під час друкування або штанцювання картонної продукції потрібно витратити незначну за величиною потужність. Відношення потужності при обробленні максимального і мінімального за товщиною картону становить 8 разів.

Проведемо аналітичне дослідження впливу частоти обертання головного вала друкарської машини і різних типів картону на потужність та швидкість піднімання стапельного стола. Початковими параметрами для розрахунку були:

- товщина картону – від 0,3 до 3,0 мм, його щільність – від 250 до 2000 г/м²;
- швидкість роботи друкарської машини – від 0 до 12000 об/год.

Ми розрахували кінематичні параметри для зазначених початкових даних. На рис. 2 і 3 подано графічні залежності швидкості переміщення стапельного стола від товщини картону та частоти обертання головного вала, що мають прямолінійний характер. На рис. 3 подано графіки для двох різних за товщиною картонів. Як бачимо з графіків, із збільшенням товщини картону відповідно зростає і необхідна швидкість підйому стапеля із стосом.

Подібні графічні залежності отримано для оцінки потужності, потрібної для переміщення завантаженого стапельного стола (рис. 4 і 5), та пораховано за формулою (6) для обраних початкових значень. Отримані графіки свідчать про вплив на потужність приводу механізму підйому стапельного стола швидкості роботи машини та фізичних властивостей картону. Зростання частоти обертання головного вала машини та щільності картону призводить до відповідного збільшення потужності, що витрачається на підйом навантаженого стапеля аркушеживильного пристрою.

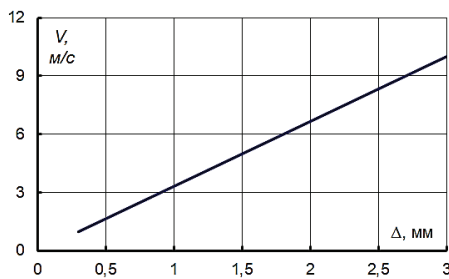


Рис. 2. Залежність швидкості переміщення стапельного стола від товщини картону

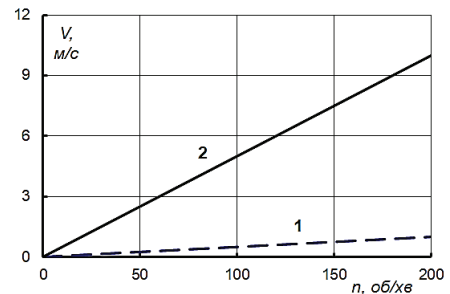


Рис. 3. Залежність швидкості переміщення стапельного стола від частоти обертання головного вала: 1 – $\Delta = 0,3$ мм; 2 – $\Delta = 3,0$ мм

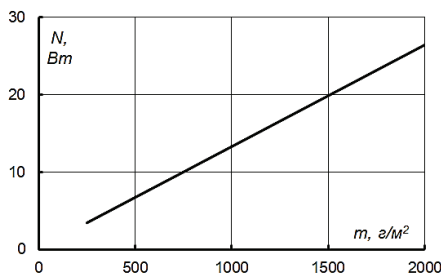


Рис. 4. Залежність потужності, потрібної для переміщення стапельного стола, від маси картону

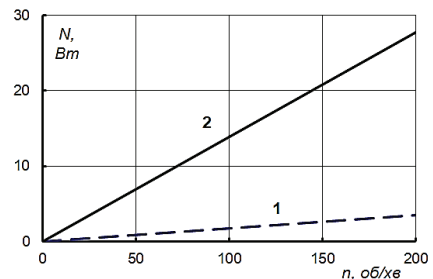


Рис. 5. Залежність потужності, потрібної для переміщення стапельного стола, від частоти обертання головного вала: 1 – $m = 250$ г/м²; 2 – $m = 2000$ г/м²

Висновки. Під час дослідження розроблено структурну і кінематичну схеми приводу піднімання стапельного стола друкарських і висікальних машин [7], а також обрано пристрій для регулювання швидкості підйому навантаженого картонного стапельного стола. Виведені аналітичні залежності дозволили виконати подальші дослідження. Розрахунки кінематичних та енергосилових параметрів пристрою довели вплив швидкості роботи друкарського і післядрукарського обладнання та товщини картонних аркушів на потужність і швидкість піднімання навантаженого стапельного стола. Виявлено, що із збільшенням швидкості n_v і товщини Δ (або маси 1 м^2 картону m) відповідно зростає потужність N приводу пристрою та необхідна швидкість V піднімання стапельного стола.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Друкарське устаткування / Чехман Я. І., Сенкус В. Т., Дідич В. П., Босак В. О. Львів : УАД, 2005. С. 291.
2. Kay M. G. Material Handling Equipment. Fitts Department of Industrial and Systems Engineering. Raleigh : North Carolina State University, 2012. P. 67. URL: https://people.engr.ncsu.edu/kay/Material_Handling_Equipment.pdf (дата звернення: 11.10.2022).
3. Pile lifting drive for a sheet processing machine. Patent EP0799784A2. B65H 1/18, B65H 31/18. MAN Roland Druckmaschinen AG, European Patent Office, 15.03.1997.
4. Loading Assistant Easy Load 7S. *Direct industry*. URL: <https://pdf.directindustry.com/pdf/polar-mohr/loading-assistant-easy-load-7s/196395-877497.html> (дата звернення: 11.10.2022).
5. Farayibi P. K., Abioye T. E., Ayodeji O. Z. Development of an automated mechanical lift for material handling purposes. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*. 2020. DOI: 10.1080/20421338.2020.1765478.
6. da Costa, J. M., Teixeira L. F., Ferreira A. G., Ferreira M. F. S. 2017. Development of a Parking Duplicator Mechanical Device Driven with Pulley. 2017 Brazilian Technology Symposium 1: 1–5.
7. Привід плавного підйому стапельного стола аркушевих друкарських і висікальних машин : пат. 85443 Україна. В41J 23/00 / Главацький А. С., Шустикевич А. І. ; заяв. №а200704265 ; опубл. 26.01.2009, Бюл. № 2. 2009 р.
8. Устройство VS mini J7 : руководство пользователя. Electronlab. URL: https://electronlab.com.ua/files/_prod/Omron-ia_436/CIMR-J7AZ.pdf (дата звернення: 11.10.2022).
9. Katterfeld A. et al. Conveying and Construction Machinery. In: Grote, KH., Hefazi, H. (eds) Springer Handbook of Mechanical Engineering. Springer Handbooks. Springer, Cham. 2021. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-47035-7_20.

REFERENCES

1. Chekhman, Ya. I., Senkus, V. T., Didych, V. P., & Bosak, V. O. (2005). Drukarske ustatkuvannia. Lviv : UAD (in Ukrainian).
2. Kay, M. G. (2012). Material Handling Equipment. Fitts Department of Industrial and Systems Engineering. Raleigh : North Carolina State University, 67. Retrieved from https://people.engr.ncsu.edu/kay/Material_Handling_Equipment.pdf (data zvernennia: 11.10.2022) (in English).

3. Pile lifting drive for a sheet processing machine. Patent EP0799784A2. B65H 1/18, B65H 31/18. MAN Roland Druckmaschinen AG, European Patent Office, 15.03.1997 (in English).
4. Loading Assistant Easy Load 7S. *Direct industry*. Retrieved from <https://pdf.directindustry.com/pdf/polar-mohr/loading-assistant-easy-load-7s/196395-877497.html> (data zvernennia: 11.10.2022) (in English).
5. Farayibi, P. K., Abioye, T. E., Ayodeji, O. Z. (2020). Development of an automated mechanical lift for material handling purposes. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*. DOI: 10.1080/20421338.2020.1765478 (in English).
6. da Costa, J. M., Teixeira, L. F., Ferreira, A. G., & Ferreira, M. F. S. (2017). Development of a Parking Duplicator Mechanical Device Driven with Pulley. 2017 Brazilian Technology Symposium 1: 1–5 (in English).
7. Pryvid plavnoho pidiomu stapelnogo stola arkushevykh drukarskykh i vysikalnykh mashyn : pat. 85443 Ukraina. B41J 23/00 / Hlavatskyi A. S., Shustykevych A. I. ; zaiav. №a200704265 ; opubl. 26.01.2009, Biul. № 2. 2009 r. (in Ukrainian).
8. Ustrojstvo VS mini J7 : rukovodstvo pol'zovatelja. Electronlab. Retrieved from https://electronlab.com.ua/files/_prod/Omron-ia_436/CIMR-J7AZ.pdf (data zvernennia: 11.10.2022) (in Russian).
9. Katterfeld, A. et al. (2021). Conveying and Construction Machinery. In: Grote, KH., Hefazi, H. (eds) Springer Handbook of Mechanical Engineering. Springer Handbooks. Springer, Cham. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-47035-7_20 (in English).

doi: 10.32403/1998-6912-2022-2-65-104-111

STUDY OF THE PARAMETERS OF CARDBOARD BLANKS' STACK LIFTING DEVICES IN THE PRINTING EQUIPMENT

P. V. Topolnitskyi, A. B. Kolomiets, A. I. Shustykevych

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
shustandiv@gmail.com*

An inspection and analysis of the existing devices for lifting the slipway table, loaded with a stack of cardboard sheet blanks as part of the printing and post-printing equipment, is carried out. Disadvantages are found in their work, which are caused by discrete movement, which affects the accuracy of positioning the workpieces and can have a negative effect on the dynamic characteristics of the machines.

The design of the device for lifting a loaded slipway table, which provides it with stepless movement, is developed. Therefore, it is proposed to use the frequency controller of the speed of rotation of the motor shaft to control the operation of the drive's engine of the slipway table lifting mechanism. This is important in the case of simultaneous lifting of the table and changing the speed of the printing press or stamping press. It is

also necessary to achieve the effect when using a wide range of printing materials – from paper to corrugated cardboard.

The converter is selected according to the equipment characteristics. The selected device can perform high-quality work with a power from 0.1 to 4 kW. It meets the needs of most known printing and post-press equipment, where a need to lift a stack of paperboard sheet blanks exists.

Analytical dependencies are derived, on the basis of which calculations of kinematic and power parameters of the device are carried out. It has been proven that the drive power of the slipway table's movement device is directly dependent on the physical and geometric properties of the cardboard used during printing or die-cutting.

The results of the study determined the nature and magnitude of the influence of the mentioned parameters of the printing equipment and the cardboard blanks on the kinematics and power characteristics of lifting the loaded slipway table. The studies are useful for designing new or upgrading existing equipment.

Keywords: *printing machines, die-cutting presses, slipway table, cardboard, stack, frequency regulator, lift, engine, speed, power, thickness.*

Стаття надійшла до редакції 13.10.2022.

Received 13.10.2022.