

УДК 681.625+621.835+621.8.028.3

Гриценко Д. С., к.т.н.

НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського», м. Київ, Україна

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ АНАЛІТИЧНИХ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ МЕХАНІЗМУ ПРИВОДУ КОНВЕЄРУ ТАМПОДРУКАРСЬКОЇ МАШИНИ ТДМ-300

Hrytsenko D.

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine (dmytrogs@gmail.com)

COMPARATIVE ANALYSIS OF RESULTS OF ANALYTICAL AND EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE CONVEYOR MECHANISM OF PAD PRINTING MACHINE TDM-300

У статті здійснено порівняння результатів теоретичних і експериментальних досліджень кулачкового привода конвеєра тамподрукарської машини ТДМ-300. Проведено дослідження крутних моментів, визначених аналітично та експериментально, та здійснено порівняння отриманих результатів. Підтверджено результати аналітичних досліджень, які можливо використовувати для проведення розрахунків таких транспортувальних систем, при проектуванні, модернізації та удосконаленні конвеєрів тамподрукарських машин із кулачковим механізмом приводу.

Ключові слова: тамподрукарська машина; друкування; конвеєр; кулачковий механізм; експериментальні дослідження; крутний момент; максимальні навантаження; транспортування виробів.

Вступ

Постановка проблеми. Механізми періодичної дії широко використовуються у вузлах поліграфічних та інших машин, робочі ланки яких здійснюють періодичні рухи. Особливо актуально використовувати їх у циклових машинах, транспортувальних пристроях, потокових лініях для надання періодичного руху ланкам та ін.

У тамподрукарських машинах за допомогою транспортувальних пристроїв здійснюється подавання виробів у зону друку виробів різних габаритів. Також транспортувальні пристрої використовуються як опорна поверхня під час друку, що ставить додаткові вимоги до наявності коливань та вібрацій у період вистою та впливає на точність суміщення фарб на відбитку і, відповідно, визначає якість друкованої продукції.

За допомогою кулачкових механізмів періодичного повороту у якості приводу таких транспортувальних систем можливо забезпечити вимоги точного вистою веденої ланки завдяки фіксації по рівнорадіусній ділянці по двох роликах, плавності періодичного руху та можливості вибору найбільш сприятливого закону періодичного руху, а також необхідному співвідношенню періодів вистою та руху веденої ланки, можливість виконання геометричного та силового замикання кулачкової пари [1]. Такі механізми порівняно прості у виготовленні і експлуатації, а також забезпечують кут повороту веденої ланки від 180°.

На сьогодні немає експериментально підтвердженої методики проведених аналітичних досліджень транспортувальних систем конвеєрного типу виробів у зону друку тамподрукарських машин із кулачковим механізмом приводу. Тому актуальним є розроблення методики та рекомендацій по виготовленню таких транспортувальних систем, які базувались на виконаних експериментальних дослідженнях.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Здійснено аналітичні дослідження, на основі результатів яких можливо створювати кулачкові механізми періодичного повороту [2], що дозволяє спростити розрахунок нових і модернізацію існуючих механізмів, а також оптимізувати розміри конструкції.

Були проведені аналітичні дослідження динаміки кулачкового механізму приводу конвеєра тамподрукарської машини, які дають можливість аналітично визначити крутні моменти та максимальні навантаження, які діють на головному та веденому валах механізму приводу, в залежності від заданих технологічних та геометричних параметрів друкарської машини [3].

Для підтвердження працездатності запропонованої методики необхідно за проведеними аналітичними розрахунками провести дослідження на експериментальному стенді конвеєру тамподрукарської машини ТДМ-300. З використанням розробленої методики на основі тензометричних методів вимірювання, були поставлені та проведені експериментальні дослідження, порівняння яких з аналітичними наведено у даній статті.

Постановка задачі. Метою роботи є порівняння виконаних аналітичних розрахунків та проведених експериментальних досліджень кулачкового механізму приводу конвеєру тамподрукарської машини подавання виробів у зону друку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження були проведені на експериментальному стенді конвеєру тамподрукарської машини ТДМ-300 з параметрами: кулачок виготовлено із законом періодичного руху – «2.12», статичне навантаження – 1300 Н, маса вантажонесучої пластини – 3 кг, радіус ведучої зірки – 0,1 м, сумарний кут повороту коромислового диску – 90 град, цикловий кут повороту – 150 град (рис. 1).

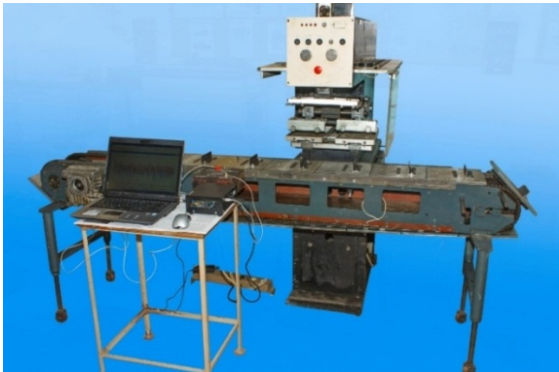


Рис. 1. Досліджуваний транспортувальний конвеєр тамподрукарської машини

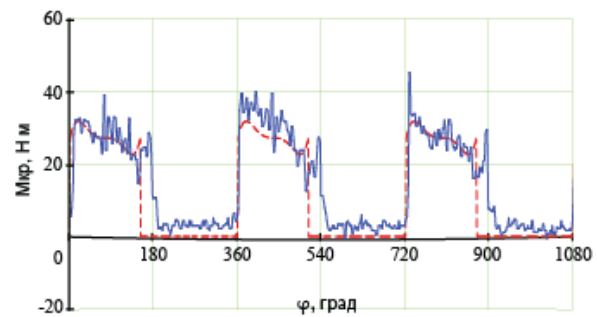
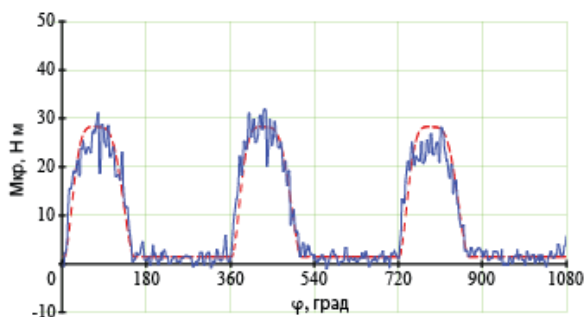
Експериментальні дослідження проводились з використанням тензOMETричних методів вимірювання механічних величин. Для запису залежності зміни величини деформації ланок механізму у часі було використано чотириканальну тензовимірювальну станцію. Для вимірювання механічних величин використовувалась повномостова схема, у якій усі плечі знаходились на ланках вимірювального обладнання. Таку схему рекомендується використовувати, оскільки вона дозволяє нівелювати вплив з'єднувальних ліній, струмоз'ємних чи комутаційних пристроїв [4]. Для кількісної оцінки записаних сигналів вимірюваних величин проводилось тарування, засноване на навантаженні відповідних ланок механізмів відомими

статичними навантаженнями, що створювалися вантажно-важільною системою.

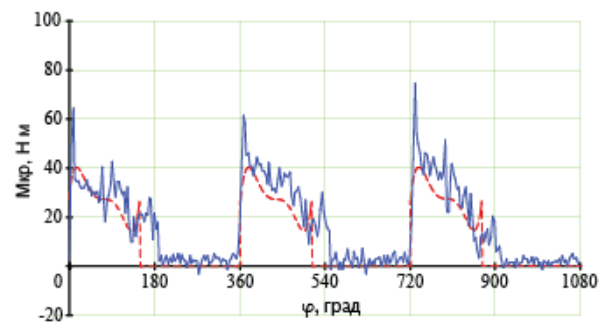
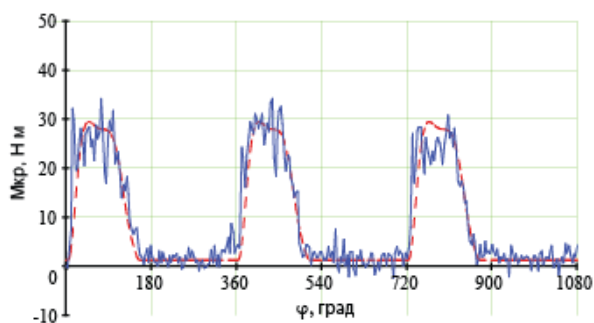
Отримання крутного моменту на експериментальному стенді здійснювалось за допомогою двигуна постійного струму, за допомогою якого через черв'ячний редуктор передався крутний момент на головний вал кулачкового механізму приводу.

Використовуючи представлену методику проведення аналітичних розрахунків конвеєру тамподрукарської машини із кулачковим механізмом приводу [3], було здійснено розрахунок транспортувального пристрою із параметрами існуючої експериментальної тамподрукарської машини ТДМ-300. Для порівняння результати теоретичних розрахунків представлені на одному графіку з експериментальними даними. Теоретичні і експериментальні дослідження виконувались для однакових швидкостей обертання головного валу кулачкового механізму приводу.

На рис. 2 а представлено графіки крутних моментів теоретичних розрахунків та експериментальних даних на головному та веденому валах кулачкового механізму приводу при швидкості обертання головного валу = 9,4 об/хв; 15,8 об/хв; 22,6 об/хв; 30 об/хв. На рис. 2 б–г представлено значення крутних моментів відповідно для швидкостей обертання головного валу:



а



б

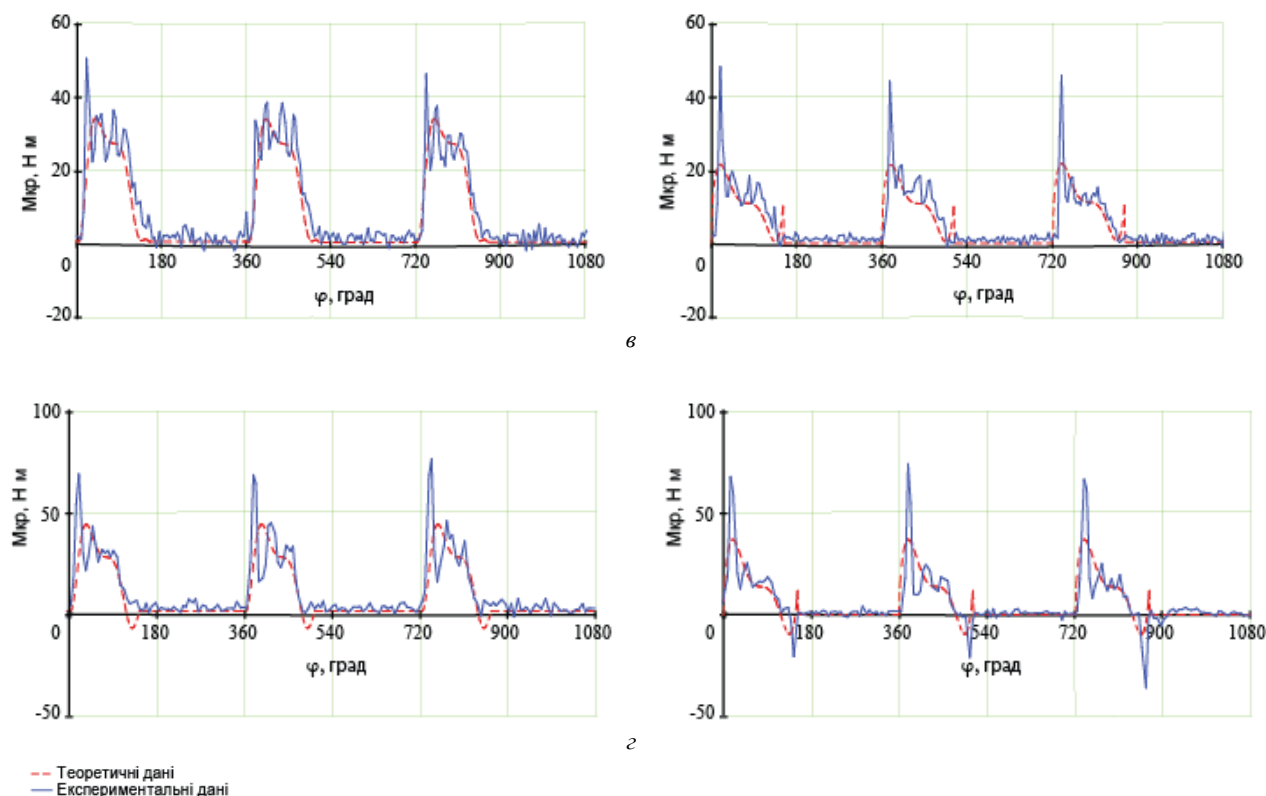


Рис. 2. Графіки крутних моментів на головному (зліва) і веденому (справа) валах при швидкості обертання головного валу: а) 9,4 об/хв; б) 15,8 об/хв; в) 22,6 об/хв; г) 30 об/хв

Порівняльний аналіз співставлення піків максимальних крутних моментів розрахункових та теоретичних досліджень, які виникають на головному та веденому валах кулачкового механізму приводу в залежності від зміни швидкості обертання головного валу, представлено відповідно на рис. 2 а і б.

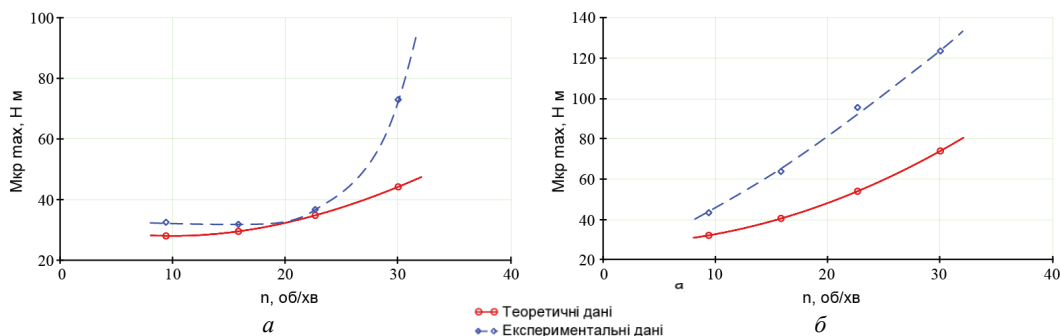


Рис. 3. Графіки піків крутних моментів на головному (а) та веденому (б) валах в залежності від швидкості обертання головного валу

Із наведених на рис. 3 графіків експериментальних досліджень видно, що на швидкості 20 об/хв відбувається ідеальне співпадіння теоретичних та експериментальних даних даної транспортувальної системи. Для інших значень відбувається збільшення величин крутних моментів, внаслідок чого погіршується точність позиціонування, спотворюються задані параметри періодичного руху, змінюються налаштування системи тощо.

Методами математичної статистики було оброблено отримані графіки у програмному середовищі MathCAD. Для цього було написано алгоритм, який в автоматичному режимі робив обробку у кожній точці біжучого фазового кута вимірюваних крутних моментів для різних швидкостей на головному та веденому валах. У результаті було отримано графіки, на яких зображено теоретичні та усереднені за допомогою функції Гауса (*ksmooth*) експериментальні дані, а також пунктирними лініями діапазон довірчого інтервалу, які представлені на рис. 4 а–г.

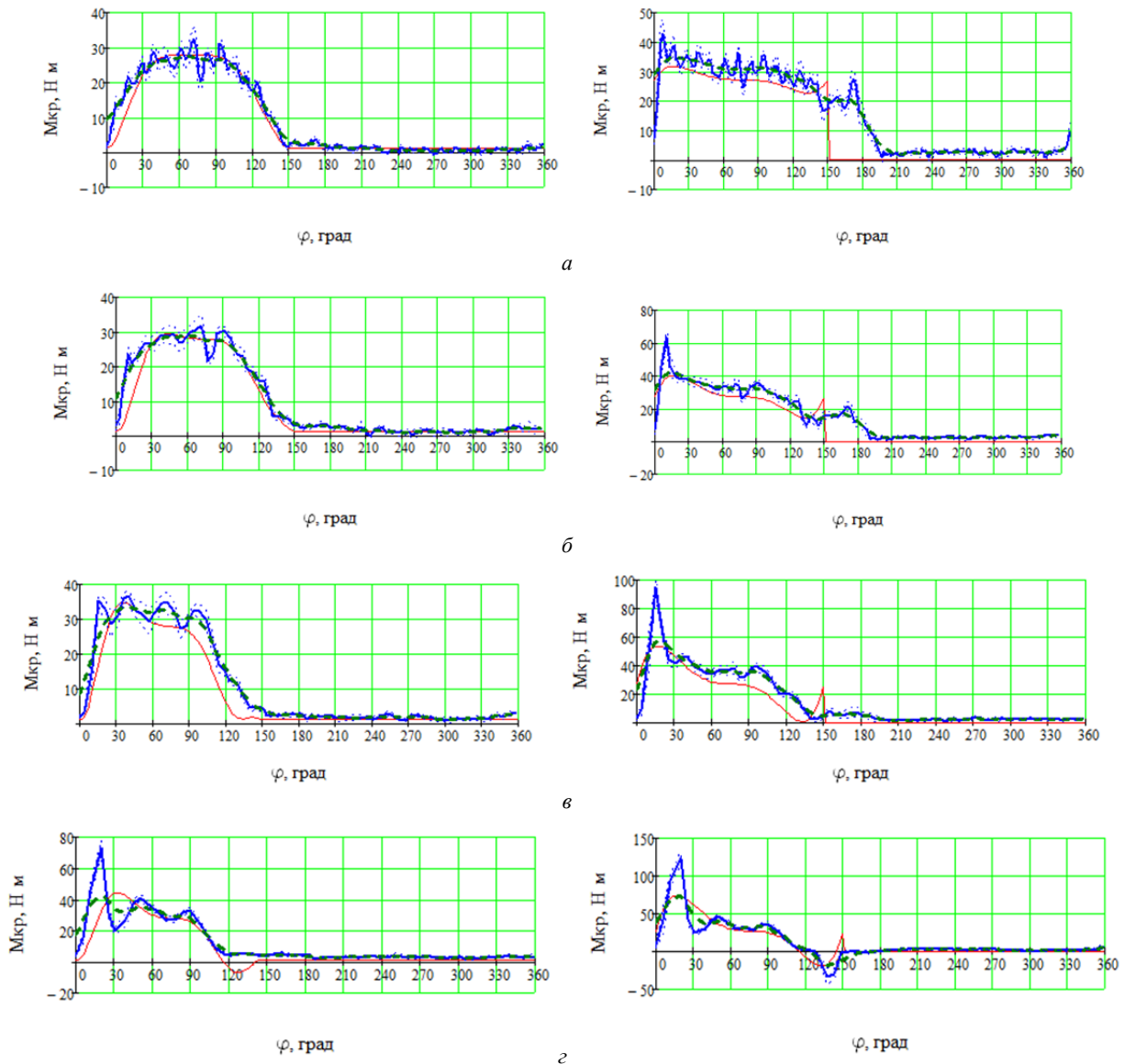


Рис. 4. Графіки усереднених значень експериментального та теоретичного досліджень крутних моментів на головному (зліва) та веденому (справа) валах при швидкості обертання головного валу: а) 9,4 об/хв; б) 15,8 об/хв; в) 22,6 об/хв; г) 30 об/хв

За результатами проведеної обробки усереднених експериментальних даних і теоретичних розрахунків для кожної швидкості обертання головного валу проведено розрахунок співпадіння теоретичних і отриманих експериментально значень на головному та веденому валах, які наведені у табл.

Таблиця

Співпадіння максимальних значень теоретичних та експериментальних даних

	Швидкість обертання головного валу, об/хв	Співпадіння максимальних значень, %	
		Головний вал	Ведений вал
1	9,4	1,7	9,4
2	15,8	1,6	4,8
3	22,6	3,1	7,1
4	30	1,1	0,4

Результати обробки експериментальних даних і їх співпадіння з аналітичними на головному та веденому валах у вигляді графіків представлені відповідно на рис. 5 а і б. Аналіз наведених графіків дає можливість зробити висновок, що проведені дослідження адекватні, відхилення співставлених даних знаходиться у допустимих межах (для головного валу – 3% і для веденого валу – 9%).

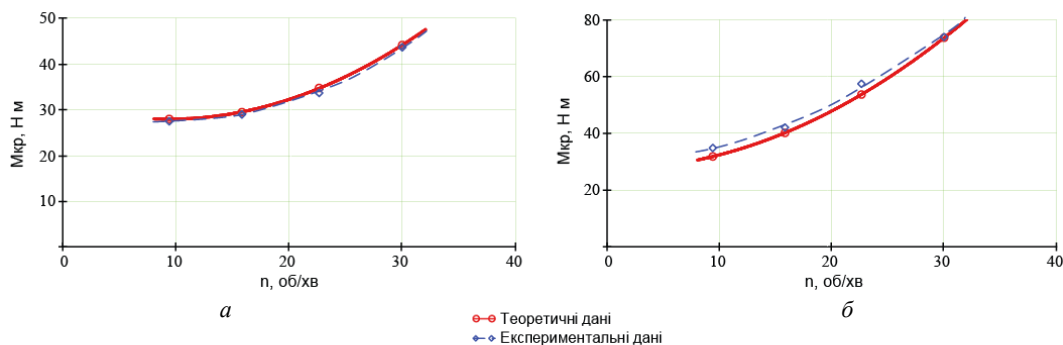


Рис. 5. Зміна теоретичних та експериментальних максимальних значень крутних моментів на головному (а) та веденому (б) валах в залежності від зміни швидкості обертання головного валу

Висновки. У даній статті здійснено підтвердження положень аналітичних розрахунків конвеєру тамподрукарської машини ТДМ-300 на основі порівняння результатів теоретичних та експериментальних досліджень. Для цього за допомогою сучасного програмного середовища MathCAD проведено усереднення результатів експериментальних досліджень методами математичної статистики із використанням коефіцієнта Стюдента та порівняно із теоретичними розрахунками. У результаті отримано збіг характеру зміни максимальних значень крутних моментів та пораховано їх співпадіння: для головного валу – в межах 3%, а для веденого – 9%. Проведені експериментальні дослідження підтверджують запропоновані аналітичні розрахунки, які можливо використовувати при проектуванні, розрахунках, модернізації та удосконаленні конвеєрів тамподрукарських машин із кулачковим механізмом приводу.

Анотація.

В статті проведено сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований кулачкового привода конвейера тампопечатной машины ТДМ-300. Проведено исследование крутящих моментов, определенных аналитически и экспериментально, и проведено сравнение полученных результатов. Подтверждены результаты аналитических исследований, которые можно использовать для проведения расчетов таких транспортирующих систем, при проектировании, модернизации и совершенствовании конвейеров тампопечатных машин с кулачковым механизмом привода.

Ключевые слова: тампопечатная машина, печать, конвейер, кулачковый механизм, экспериментальные исследования, крутящий момент, максимальные нагрузки, транспортировка изделий.

Abstract.

Purpose. The aim is to compare the results of theoretical and experimental studies of cam drive of conveyor of pad printing machine TDM-300 for feeding products in the area of printing.

Design/methodology/approach. Studies were conducted on the experimental stand of conveyor of a pad printing machine TDM-300. Experimental studies were conducted using a strain gauge measuring methods of mechanical quantities. It made the calculation of shipping unit of parameters of the existing experimental pad printing machine TDM-300. The results of theoretical calculations were compared with experimental data. Theoretical and experimental research were carried out for the same speeds of main shaft of cam drive mechanism.

Findings. At a speed of 20 rev/min is the perfect match of theoretical and experimental data of the shipping system. For other values there is an increase in the quantities of torque, resulting in worse positioning accuracy, distorted set options periodic motion, change system settings and more. The result is a match of the character of the maximum values change of torque; their matches were counted, for the main shaft – within 3%, for the slave shaft – 9%. The results of analytical studies are confirmed

Originality/value. Experimental studies confirm the proposed analytical calculations that can be used in the design, calculations, modernization and improvement of conveyor of pad printing machines with cam drive.

Keywords: pad printing machine, printing, conveyor, cam mechanism, experimental studies, torque, maximum loads, transportation of products.

Бібліографічний список використаної літератури

- Петрук А.І. Визначення раціональної структури механізмів періодичного повороту поліграфічних машин / А.І. Петрук, Д.С. Гриценко // Збірник наукових праць «Технологія і техніка друкарства». – К., 2007. – № 3–4. – С. 86–94.
- Шостачук Ю.О. Розрахунок кулачкового механізму періодичного повороту / Ю.О. Шостачук, Д.С. Гриценко // Збірник наукових праць «Технологія і техніка друкарства». – К., 2012. – №1(35). – С. 97–106.
- Гриценко Д.С. Динаміка привода крокового транспортера тамподрукарських машин / Д.С. Гриценко // Збірник наукових праць «Комп'ютерні технології друкарства». – Л., 2011. – № 25. – С. 264–273.
- Тензометрия в машиностроении. Справочное пособие / [Р.А. Макаров, А.Б. Ренский, Г.Х. Боркунский, М.И. Этингоф]; под ред. Р.А. Макарова. – М.: Машиностроение, 1975. – 288 с.

References

- Petruck, A.I. and Grytsenko, D.S. (2007), "Vyznachennya ratsionalnoyi struktury mehanizmv periodichnogo povorotu poligrafichnyh mashyn", *Zbirnyk naukovykh prats "Tehnologiya i tehnika drukarstva"*, no 3–4, Kyiv, pp. 86–94.
- Shostachuk, Yu.O. and Grytsenko, D.S. (2012), *Rozrahunok kulachkovogo mehanizmu periodychnogo povorotu*, *Zbirnyk naukovykh prats "Tehnologiya i tehnika drukarstva"*, Kyiv, no 1(35), pp. 97–106.
- Grytsenko, D.S. (2011), *Dynamika pryvoda krokovogo transportera tampodrukarskyh mashyn*, *Zbirnyk naukovykh prats "Komp'yuterni tehnologiyi drukarstva"*, Lviv, no 25, pp. 264–273.
- Makarov, R.A., Renskiy, A.B., Borkunskiy, G.H. and Etingof, M.I. (1975), *Tenzometriya v mashinostroenii*, *Spravochnoe posobie*, R.A. Makarova, (ed.), Mashinostroenie, Moscow, Russia.

Подана до редакції 14.03.2016