

УДК 686.1.05; 676.84.052

**А. Б. Коломиец, Я. Б. Стецив**  
Украинская академия книгопечатания

### **СИНТЕЗ НОВЫХ МЕХАНИЗМОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОЛУФАБРИКАТОВ В САМОНАКЛАДАХ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО И УПАКОВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Существующие устройства перемещения полуфабрикатов в самонакладах полиграфического и упаковочного оборудования габаритные и металлоемкие, их быстродействие ограничено значительными нагрузками.

Предложены новые эффективные устройства перемещения широкого спектра полуфабрикатов продукции в самонакладах полиграфических и упаковочных машин, отличием которых является применение рычажного кулачково-кулисного механизма с программированным движением ведомого звена.

Разработаны математические модели и проведены аналитические исследования геометрических, кинематических и энергосиловых характеристик этих механизмов. Исследовано влияние различных законов периодического движения толкателя на профили копира. Аналитические расчеты подтвердили снижение нагрузок при одновременном сохранении технологически необходимых параметров движения и производительности оборудования.

Определены рациональные геометрические, кинематические и энергосиловые параметры устройства перемещения полуфабрикатов в зависимости от необходимых технологических требований и технических условий. Наиболее эффективным для выполнения необходимых технических условий является использование гармонических и полных неоднородных законов движения с разбегом согласно циклоидному закону и выбегу по гармоническому закону.

Разработанный комплект программ для синтеза усовершенствованного механизма с визуализацией движения схемы и автоматизированного построения 3D-модели позволяет повысить качество и оперативность проектирования устройств. Экспериментальные исследования подтвердили математические модели механизма.

**Ключевые слова:** самонаклад, полуфабрикат, синтез, закон периодического движения, кинематика, профиль, автоматизированное проектирование, модель, исследование.

**A. B. Kolomiets, Ya. B. Stetsiv**  
Ukrainian Academy of Printing

### **SYNTHESIS OF NEW MECHANISMS FOR SEMI-FINISHED ITEMS MOVING IN FEEDERS OF PRINTING AND PACKAGING EQUIPMENT**

There were analyzed existing means for semi-finished items' transporting in feeders of printing and packaging equipment. The mechanisms are huge and metal consuming, their speed is limited due to high loads.

New efficient devices were proposed for moving of a wide range of semi-finished items in the feeder of printing and packaging machines, which difference is the usage of lever cam-rocker mechanisms with programmable adjustment of the slave link's movement.

Mathematical models were developed and analytical research of geometric, kinematic and energy-power characteristics of these mechanisms was performed. Synthesis of the devices was considered for various structural schemes – combined mechanisms and single lever cam-rocker mechanism. Usage of different laws for working link movement was tested. Analytical calculations proved a reduction of loadings while the technologically necessary parameters of motion and productivity are kept.

Main recommendations were worked out in relation to accelerate a design of the improved feeder construction with the aim of reduction of the device's dimensions, dynamic loading and energy consumption. Usage of harmonic and full uniform laws with cycloid law running start and harmonic law overrun are most efficient to fulfill necessary technical conditions.

A set of programs was created for a synthesis of the extended mechanism with visualization of the device kinematic scheme motion, so as special functions were worked in AutoCAD environment for 3D-model building. Computer modeling can increase the quality and efficiency of the device design. Experimental studies have confirmed the adequacy of the analytical determination of the parameters.

**Key words:** feeder, semi-finished item, synthesis, law of periodic motion, kinematic, profile, computer aided design, model, research.

**Введение.** Подавляющее количество операций в полиграфическом и упаковочном производствах связано с необходимостью накопления полуфабрикатов в самонакладах для их последующего поштучного перемещения в зону обработки. Тип полуфабрикатов, различающихся по виду материала, массе, формату, форме, определяет специфические условия, заставляющие разработчиков технологического оборудования обосновывать структурное и техническое строение самонакладов. Пневматические, фрикционные, механические самонаклады успешно функционируют в составе печатных машин, послепечатного оборудования, штанцевальных прессов и фальцевально-склеивающих автоматов [1, 2].

Практика эксплуатации полиграфических и упаковочных машин (ПУМ) свидетельствует, что при заданных технологических и технических условиях практически невозможно повысить их производительность. Причина – недостаточная эксплуатационная надежность и долговечность самонакладов [3]. Анализ научных разработок и публикаций в этом направлении обнаружил, что устройства перемещения полуфабрикатов в существующих самонакладах укомплектованы крупногабаритными энергоемкими механизмами.

Перспективным методом создания новых эффективных компактных устройств перемещения полуфабрикатов является применение кулачково-рычажных механизмов с программированием движения его звеньев [4]. Это позволяет обеспечить заданный закон движения исполнительного органа устройств. Разработка математических моделей, усовершенствование метода синтеза таких механизмов, создание программного обеспечения и исследование методики профилирования средств программирования движения звеньев позволяет обосновать рациональное построение и повысить качество проектирования самонакладов ПУМ.

Создание и обоснование научно-практических наработок для усовершенствования устройств перемещения полуфабрикатов в самонакладах актуально для усовершенствования ПУМ.

**Основная часть.** Авторы предложили новые универсальные средства перемещения полуфабрикатов из самонакладов в зону последующей обработки [5], также разработана методика синтеза механизмов и исследованы их геометрические, кинематические и энергосиловые параметры. В разработанном устройстве перемещения полуфабрикатов движение исполнительного звена согласно заданному закону (ЗПД) обеспечивает контур рычажного кулачково-кулисного механизма (РККМ) с программируемым движением ведомого звена.

Ведомое звено (коромысло) РККМ со средствами изменения его длины при усовершенствовании шарнирного четырехзвенника (ШЧМ) фактически преобразовывается в кулису. Для реализации новых средств перемещения полуфабрикатов разработаны принципиальные схемы приводов толкателей в составе самонакладов ПУМ.

В устройстве движение от кривошипа 1 (рис. 1) через шатун 2 передается кулисе 3 и коромыслу 7, от которого через шатун 8 приводится в движение каретка 9 с толкателями. В определенную часть цикла движения ролик 5, установленный на кулисном камне 4, попадает на криволинейную направляющую 6 и начинает перемещаться по ней. Качательное движение кулисы 3 и соединенного с ней коромысла 7 изменяется из-за дополнительного перемещения кулисного камня 4 вдоль кулисы 3. В крайнем правом положении толкатель 9 может иметь «приближенную паузу», задаваемую программируемым профилем.

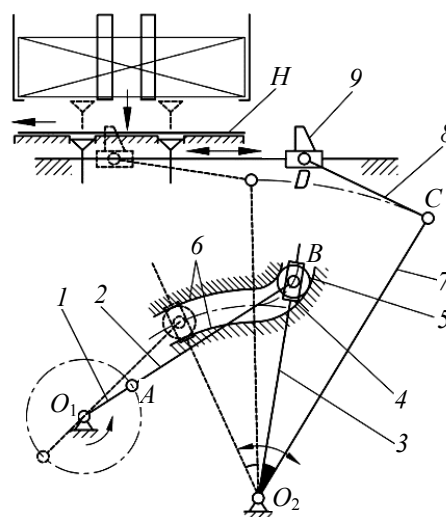


Рис. 1. Кинематическая схема предлагаемого механизма

Применение РККМ позволяет выполнить ряд технологических задач при одновременном сохранении производительности оборудования: уменьшить габариты звеньев в исполнительных механизмах; уменьшить нагрузку на главный валу; упростить конструкцию [6].

Расчеты показывают, что применение предлагаемого механизма в самонакладах книжных блоков машин-автоматов для трехсторонней обрезки позволит увеличить их производительность. Уменьшение металлоемкости и усовершенствование циклограммы работы достигается также и для самонакладов картонных разверток машин-автоматов для изготовления бумажных стаканчиков и контейнеров [7].

Возможно применение РККМ для усовершенствования механизмов перемещения листа в печатных машинах.

Синтез РККМ для проектирования устройств перемещения полуфабрикатов в самонакладах, основным результатом которого является создание необходимого ЗПД исполнительного звена механизма, зависит от ожидаемых технических результатов [8]:

- для синтеза РККМ задается ЗПД ведомому звену (кулисе), далее определяют геометрические размеры механизма или меняют ЗПД, строят профиль корректирующего кулачка;

- для синтеза комбинированного кулачково-ползунного механизма, содержащего контур РККМ, задают необходимый ЗПД ползуна и размеры кривошипно-ползунного контура, определяют модифицированный ЗПР на коромысле. Следующие шаги синтеза повторяют предыдущий случай;

- для синтеза РККМ с прогнозируемым движением ведомого звена (например, для паузы в одном из крайних положений перемещения исполнительного звена) задают центральной профилем кулачка, составленным из сопряженных кривых (полилинии), и аппроксимируют ее.

Подробный порядок синтеза комбинированного механизма с РККМ:

- задают технологически необходимый ЗПД ведомого звена каретки  $E$  (рис. 2), ее ход  $S_\Sigma$  и крайнее положение  $S_0$ , частоту вращения  $n$  главного вала, по конструктивным соображениям и из условия удаления от заклинивания – размер  $e$ , длины звеньев тяги  $DE$   $L_{ш}$  и коромысла  $R_k$ ;

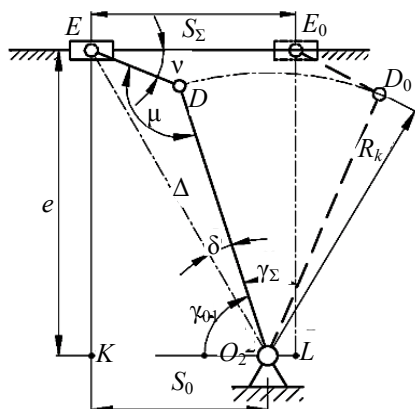


Рис. 2. Расчетная схема коромыслово-ползунного контура РККМ

- определяют угловые положения  $\gamma_i$  коромысла  $O_2D$  коромыслово-ползунного механизма, его угловые скорость и ускорение;

- рассчитывают размеры кривошипа  $r$  (рис. 2) и шатуна РККМ из условия обеспечения параметров необходимого закона движения кулисы  $O_2B$ ;

- синтезируют центральной профилем кулачка;
- изменяют (в случае необходимости) геометрические размеры, а также анализируют параметры при рабочем или холостом ходе толкателей.

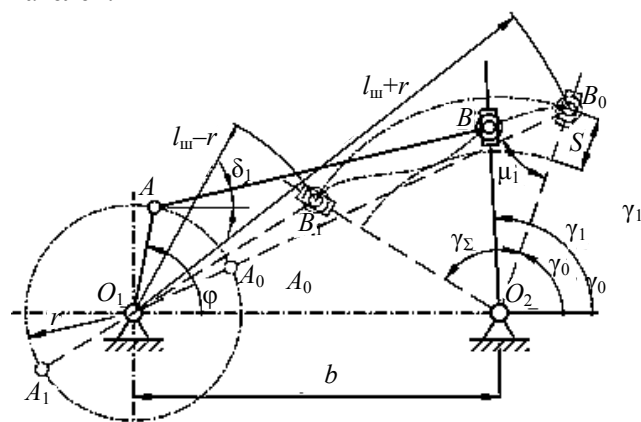


Рис. 3. Расчетная схема кулачково-кулисного контура РККМ

При синтезе коромыслово-ползунного контура (КПМ) в составе комбинированного механизма (рис. 3) сначала задаем положение ползуна  $E$  в инвариантном виде согласно необходимого ЗПР [9]:

$$s_i = S_0 - a_k \cdot S_\Sigma,$$

где  $a_k$  – позиционный инвариант перемещения.

Начальное положение коромысла КПМ

$$\gamma_{01} = \delta_0 + \arctg(e / S_0),$$

где  $\delta_0$  – значение вспомогательного угла в начальном положении.

Текущий угол передачи в КПМ:

$$\mu = \arccos \left( \frac{L_{ш}^2 + R_k^2 - (e^2 + s_i^2)}{2 \cdot L_{ш} \cdot R_k} \right).$$

Находим угол давления

$$\nu_0 = \mu + \gamma_{01} - \pi$$

и проверяем работоспособность механизма по условию удаления от заклинивания.

Текущее положение коромысла КПМ:

$$\gamma_i = \pi + \delta_0 - \arctg \left( \frac{e}{|S_0|} \right).$$

В результате расчета контура КПМ в комбинированном механизме получаем трансформированный ЗПД на коромысле КПМ (рис. 4).

Классификация ЗПД представлена согласно рекомендаций К. В. Тира [10] и Э. А. Саввина [11]. Циклоидные ЗПД ползуна обеспечиваются ЗПД коромысла в виде искаженной неоднородной наклонной синусоиды. Гармоничные ЗПД («К<sub>0</sub>», «0000») ползуна – зависимостью в виде

непрерывной функции типа  $c_k = C \cdot [1 - (2k)^u]$ , где  $C$  – константа пика ускорений;  $u$  – коэффициент степени (рис. 4).

Параметры движения коромысла КПМ и соединенной с ним кулисы ВККМ позволяют осуществить заключительный этап синтеза ВККМ, при котором определяют координаты центрального профиля кулачка как пересечение лучей положений ведомой кулисы, заданных согласно трансформированному ЗПД, с крайней точкой шатуна (рис. 3).

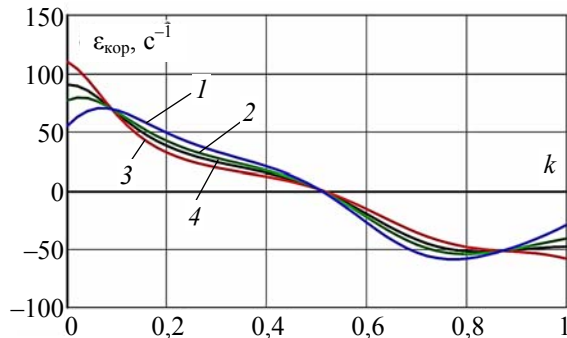


Рис. 4. Графики зависимости углового ускорения коромысла КПМ от относительного времени  $k$  для гармоничных ЗПР: 1 –  $K_0$ ; 2 – 0000; 3 – 1,3; 4 – 1,5

Для расчета координат центрального профиля кулачка РККМ находим углы передачи  $\mu_1$  между шатуном и кулисой

$$\mu_1 = \arcsin\left(\frac{\lambda_1 \cdot \sin(\gamma_L) + \sin(\varphi - \gamma_L)}{\lambda_2}\right)$$

и угла наклона шатуна

$$\delta_1 = \gamma_L - \mu_1.$$

Здесь текущий угол кулисы  $\gamma_L = \gamma_i$ , относительная длина базы  $\lambda_1 = b / r$ , относительная длина шатуна  $\lambda_2 = l_{ш} / r$ . Обязательно следует проверить условия обеспечения работоспособности кулачкового и рычажного механизмов [12].

Инвариант текущего радиус-вектора центрального профиля кулачка

$$\rho_i(\phi) = \frac{\sin(\phi)}{\sin(\gamma_L)} + \sqrt{\lambda_2^2 + (\lambda_1 + A)^2 - 2\lambda_1\lambda_2A \cdot \cos(\delta_1)},$$

$$A = \frac{\sin(\phi - \gamma_L)}{\sin(\gamma_L)}.$$

Действительное значение радиус-вектора центрального профиля кулачка

$$\rho(\phi) = \rho_i(\phi) \cdot r.$$

Профили кулачка при прямом и обратном ходах кулисы существенно отличаются. При

исследовании синтезированных профилей копира для РККМ обнаружено, что границы возможных наборов геометрических параметров существования механизма невелики. Например, для постоянных параметров  $r = 0,040$  м;  $\lambda_1 = 3,5$ ;  $\lambda_3 = 3$  и ЗПР « $K_0$ » – РККМ ограничен изменением относительной длины шатуна от  $\lambda_2 = 4,025$  до  $\lambda_2 = 4,575$  (рис. 5).

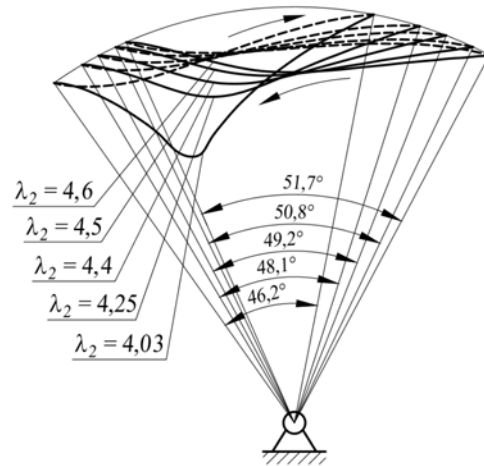


Рис. 5. Центровые профили копира для разных значений  $\lambda_2$

Меньшее значение  $\lambda_2$  ограничено случаем разрыва кинематической связи и характеризуется появлением на кривой центрального профиля обострения профиля. Следует заметить, что характер и параметры профиля при обратном ходе кулисы постоянные для всех значений относительной длины шатуна  $\lambda_2$ .

Характер центральных профилей зависит от выбранного ЗПД, геометрических размеров звеньев РККМ, угла  $\gamma_2$  качания кулисы (рис. 6).

Для группы гармоничных ЗПР (« $K_0$ », 1,4 и подобных) профиль кулачка плавный, при большинстве наборов параметров он не имеет заострений.

Для группы циклоидных ЗПД (например, « $C_0$ », Шуна, 2,12) профили для прямого движения напоминают синусоиду с заострением в конце прямого хода кулисы. Из-за этого невозможно создание рабочего профиля кулачка. Профиль при обратном движении кулисы почти прямой с небольшими отклонениями в крайних положениях (в пределах 0,1 мм и меньше). Таким образом, для циклоидных ЗПД профили можно строить только, если рабочий (нагруженный) ход толкателей происходит в течение качания кулисы РККМ в обратном направлении.

Для полидинамических ЗПД (например, 3,8) кривые профилей подобны предыдущей группе ЗПД. Соответственно, исполнение профиля для прямого движения на практике фактически невозможно из-за его подрезания.

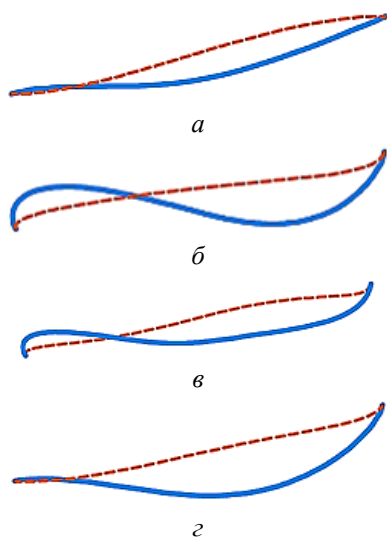


Рис. 6. Центровые профили копира для разных ЗПД ползуна при прямом (1) и обратном (2) направлениях движения кулисы для ЗПД: а –  $K_0$ ; б –  $C_0$ ; в – Pd 3,8; г –  $\Pi_6$

Во избежание нежелательных профилей кулачка (без подрезания) и одновременного получения рациональных характеристик движения рабочего органа механизма было предложено применять неоднородные ЗПД. Например, на участке разбега использовать один из циклоидных ЗПД, а на участке выбега — гармоничный ЗПД. Предложено использовать неоднородные ЗПД (например, ЗПД Стоддарта –  $\Pi_6$  [13]) для одновременного получения трудоспособных профилей кулачка и недопущения явления «мягкого удара» в начале движения ведомого звена.

При анализе кинематических характеристик полученного РККМ проводили сравнение с существующим механизмом на основе кривошипно-коромыслового ШЧМ с соответствующим размахом ведомого звена. С помощью разработанных программ при проведении параметрических исследований определяли оптимальные геометрические параметры РККМ, позволяющие получать центровые профили с относительно большими радиусами кривизны при одновременном соблюдении условия минимизации размеров механизма. Результаты расчета кривых профиля (матрицы точек) экспортировали на внешние текстовые ASCII-файлы для дальнейшего построения положений РККМ в программе САПР. При синтезе РККМ был принят заданным наперед угловой размах ведомой кулисы.

При движении исполнительного органа устройства согласно полидинамическим ЗПД достигается приближенная пауза или участки с постоянной скоростью в его движении. Применение циклоидных ЗПР (например, «Ш») позволило бы получить существенное уменьшение пиков ускорения. Однако полученные цен-

тровые профили копира при прямом движении кулисы содержат участки, которые не удовлетворяют условию удаления от заострения рабочего профиля.

Применение гармоничных ЗПР, например 1,5 (рис. 7) подтверждает их преимущества благодаря снижению инерционных нагрузок. Они прямо зависят от величины углового ускорения толкателей в начале рабочего хода (в момент выталкивания полуфабриката из магазина) и в конце цикла работы самонаклада.

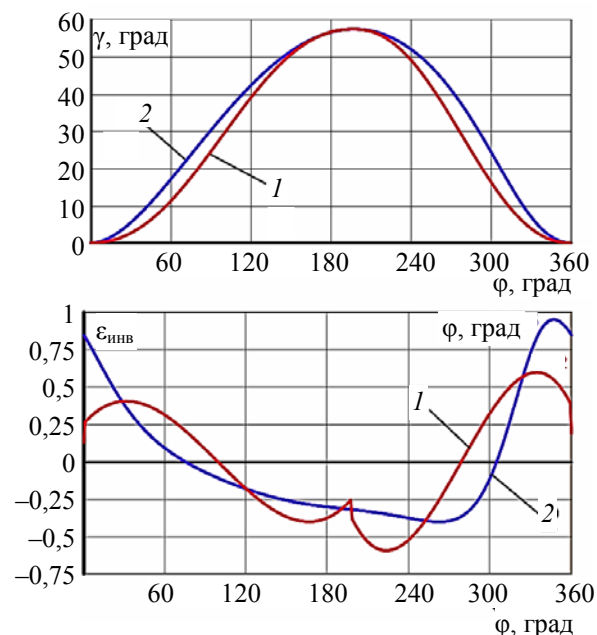


Рис. 7. Графики углового перемещения  $\gamma_L$  и ускорения  $\epsilon$  ведомого звена синтезированного РККМ (1) и базового ШЧМ (2) для ЗПД 1,5

Комбинирование ЗПД позволяет получить необходимый положительный результат одновременно: и в характеристиках движения кулисы, и в геометрических параметрах центрового профиля кулачка.

Экспериментальные исследования подтвердили математические модели механизма [14].

**Заключение.** Предложены новые эффективные устройства перемещения полуфабрикатов в самонакладах полиграфических и упаковочных машин, отличаем которых является применение кулачково-рычажных механизмов с программируемым движением ведомого звена в течение цикла. Их новизна и оригинальность подтверждены патентом. Разработаны математические модели и проведены аналитические исследования геометрических, кинематических и энергосиловых характеристик комбинированного механизма с РККМ.

Предложенный метод синтеза механизма устройств перемещения полуфабрикатов позволяет, в зависимости от технических условий,

уменьшить габариты (по сравнению с существующими устройствами) на 14–31%; уменьшить энергоемкость на 12–38% и обеспечить реализацию необходимых ЗПД на исполнительном звене (например, цикловой паузы до 80°).

Эффективным для снижения нагрузок и габаритов конструкции является применение полных неоднородных ЗПД, где разбег согласно ЗПД циклоидального типа завершается выбегом согласно ЗПД гармонического типа.

### Литература

1. Пергамент Д. А. Брошюровочно-переплетное оборудование: учебник. М.: МПИ, 1990. 452 с.
2. Хведчин Ю. Й. Брошюровально-палітурне устаткування: у 2 ч. Ч. 2. Палітурне устаткування. Львів: УАД, 2007. 392 с.
3. Пальчевський Б. О., Крестьянполь О. А., Бондарчук Д. В. Розрахунок функціональних пристроїв пакувальних машин: навчальний посібник. Луцьк: ЛуНТУ, 2011. 296 с.
4. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин: учебник для студ. вузов; 4-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1988. 640 с.
5. Патент № 103240 (Україна). МПК (2013.01) В65В 41/00, В65Н 5/00, F16Н 21/00. Пристрій для виведення плоских напівфабрикатів / О. М. Полюдов, І. І. Регей, А. Б. Коломієць, Я. Б. Стеців. №а 201113964; заявл. 13.05.2013; опубл. 25.09.2013, бюл. № 18. 4 с.
6. Коломієць А. Б., Регей І. І., Стеців Я. Б. Перспективи застосування механізмів із змінним коромислом у самонакладах напівфабрикатів // Технологічні комплекси. 2011. № 2 (4). С. 88–93.
7. Регей І. І. Споживче картонне пакування: матеріали, проектування, обладнання для виготовлення. Львів: УАД, 2011. 142 с.
8. Коломієць А. Б., Угрин Я. М., Стеців Я. Б. Удосконалення пристроїв подачі аркушевих матеріалів програмованим коректуванням законів руху // Технологічні комплекси. 2012. №1, 2 (5, 6). С. 127–131.
9. Полюдов О. М., Кузнецов В. О., Коломієць А. Б. Розрахунки циклових механізмів поліграфічних і пакувальних машин на персональному комп'ютері (теорія, програми, інструкції): навчальний посібник. Львів: УАД, 2004. 94 с.
10. Тир К. В., Сенік Д. Н. Законы периодического движения общего назначения: методич. разработки. Львов: УПИ им. Федорова, 1974. 83 с.
11. Саввин Э. А. Синтез полидинамических законов периодического движения // Критериальные расчеты цикловых механизмов. 1974. Вып. 6. 76 с.
12. Главацкий А. С. Кути тиску і радіуси кривизни центральної кривої в кулачково-важільних механізмах // Поліграфія і видавнича справа. 1966. № 6. С. 105–109.
13. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин: підручник. Київ: Наукова думка, 2002. 661 с.
14. Stetsiv Yaroslav. Experimental researches of mechanism with programmable movement of executive link for sheet semifinished items' feeder // Технологічні комплекси. 2014, no. 2 (10). С. 129–133.

### References

1. Pergament D. A. *Broshyurovochno-perepletnoye oborudovaniye* [Postpress equipment]. Moscow, MPI Publ., 1990. 452 p.
2. Khvedchin Yu. Y. *Broshyuruval'no-paliturne ustatkuvannya: u 2 ch. Ch. 2. Paliturne ustatkuvannya* [Postpress equipment: Part 2. Bookbinding]. Lviv, UAD Publ., 2007. 392 p.
3. Pal'chevs'kiy B. O., Krest'yanpol' O. A., Bondarchuk D. V. *Rozrakhunok funktsional'nikh pristroyv pakoval'nykh mashin: navchal'nyy posobnik* [Computation of packaging machines' functional devices: Tutorial]. Lutsk, LuNTU Publ., 2011. 296 p.
4. Artobolevskiy I. I. *Teoriya mekhanizmov i mashin* [Theory of mechanisms and machines]. Moscow, Nauka Publ., 1988. 640 p.
5. Polyudov A. M., Regey I. I., Kolomiets A. B., Stetsiv Ya. B. Устройство для перемещения плоских полуфабрикатов [A device for moving flat semi-finished items]. Patent UA, no. 201113964, 2013.
6. Kolomiets A. B., Regey I. I., Stetsiv Ya. B. Prospects of application for mechanisms with variable yoke in feeders of semi-finished items. *Tekhnologichny komplekxy* [Technological complexes], 2011, no. 2 (4), pp. 88–93 (In Ukrainian).
7. Regey I. I. *Spozhyvche kartonne pakovannya: materiali, proektuvannya, obladnannya dlya vigotovlennya* [Consumer cardboard packaging: Materials, design, equipment for manufacturing]. Lviv, UAD Publ., 2011. 142 p.
8. Kolomiets A. B., Ugryn Ya. M., Stetsiv Ya. B. Improvement of a sheet material feeding devices with programmable adjustment of the laws of motion. *Tekhnologichny komplekxy* [Technological complexes], 2012, no. 1, 2 (5, 6), pp. 127–131 (In Ukrainian).

9. Polyudov A. N., Kuznetsov V. A., Kolomiets A. B. *Rozrakhunki tsiklovikh mekhanizmiv poligrafichnikh i pakuval'nikh mashin na personal'nomu komp'yuteri (teoriya, programi, instruktsii): navchal'nyy posibnik* [Calculations of cyclic mechanisms of printing and packing machines on a personal computer (theory, programs, instructions)]. Lviv, UAD Publ., 2004. 94 p.

10. Tir K. V., Senyk D. N. *Zakony periodicheskogo dvizheniya obshchego naznacheniya: metodich. rozrabotki* [General purpose laws for periodic motion: methodical instructions]. L'vov, Iv. Fedorov UPI Publ., 1974. 83 p.

11. Savvin E. A. Synthesis of polydynamic laws for periodical motion. *Kriterial'nyye raschety tsiklovykh mekhanizmov* [Criteria calculations of cyclic mechanisms]. L'vov, Iv. Fedorov UPI Publ., 1974, no. 6, 76 p. (In Russian).

12. Glavats'kiy A. S. The angles and curvature radii of the pivot curve in the cam-lever mechanisms. *Poligrafiya i vidavnicha sprava* [Printing and publishing], 1966, no. 6, pp. 105–109 (In Ukrainian).

13. Kinit's'kiy Ya. T. *Teoriya mekhanizmiv i mashin* [Theory of mechanisms and machines]. Kiiv, Naukova dumka Publ., 2002. 661 p.

14. Stetsiv Yaroslav. Experimental researches of mechanism with programmable movement of executive link for sheet semi-finished items' feeder. *Tekhnologichny komplekсы* [Technological complexes], 2014, no. 2 (10), pp. 129–133 (In English).

#### Информация об авторах

**Коломиец Андрей Борисович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры компьютеризированных комплексов полиграфического и упаковочного производств. Украинская академия книгопечатания (79020, г. Львов, ул. Пидголоско, 19, Украина). E-mail: [akolomiets@yandex.ua](mailto:akolomiets@yandex.ua)

**Стецив Ярослав Богданович** – ассистент кафедры компьютеризированных комплексов полиграфического и упаковочного производств. Украинская академия книгопечатания (79020, г. Львов, ул. Пидголоско, 19, Украина). E-mail: [stetsiv.yaroslav@gmail.com](mailto:stetsiv.yaroslav@gmail.com)

#### Information about the authors

**Kolomiets Andrey Borysovich** – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Computerized Complexes of Printing and Packing Manufactures. Ukrainian Academy of Printing (19, Pidgolosko str., 79020, L'vov, Ukraine). E-mail: [akolomiets@yandex.ua](mailto:akolomiets@yandex.ua)

**Stetsiv Yaroslav Bogdanovich** – assistant, the Department of Computerized Complexes of Printing and Packing Manufactures. Ukrainian Academy of Printing (19, Pidgolosko str., 79020, L'vov, Ukraine). E-mail: [stetsiv.yaroslav@gmail.com](mailto:stetsiv.yaroslav@gmail.com)

Поступила 12.12.2016