

ДЕЯКІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРУЖИННИХ ПРОГРАМНИХ РОЗВАНТАЖУВАЧІВ ЦИКЛОВИХ МЕХАНІЗМІВ ІЗ ГНУЧКОЮ ЛАНКОЮ

Поліграфічні машини-автомати, яким властиве нерівномірне споживання потужності протягом кінематичного циклу внаслідок реверсивного характеру руху мас виконавчих ланок, укомплектовуються зрівноважувальними пристроями програмного розвантаження циклових механізмів (ПРЦМ).

У цій статті ми наводимо результати деяких експериментальних досліджень пружинних ПРЦМ з гнучкими ланками і програмоносієм для підтвердження основних положень аналітичного дослідження, яке описано в [1], а також даємо оцінку його ефективності на різних швидкісних режимах.

Дослідження проводили на універсальному стенді кафедри поліграфічних машин УПІ ім. І. Федорова. Стенд відтворював роботу досліджуваних механізмів при інерційному їх навантажуванні.

Стенд (рис. 1) складається з головного вала 1, встановленого на підшипниках ковзання, і ведучого та веденого валів 2, 3, встановлених на підшипниках кочення.

Рух від головного вала передається на ведучий через зубчасту передачу 4, 5 і на ведений вал через кінематично-замкнутий кулачково-коромисловий механізм 6, 7.

Кутову швидкість головного вала змінювали у широких межах за допомогою безступінчастого регулятора швидкості марки УРС, встановленого послідовно з двигуном.

Крутні моменти на ведучому і веденому валах реєстрували наклеєні на вали фольгові датчики з базою в 10 мм, які включались у диференціальну мостову схему і були збалансовані так, щоб по обох ланцюгах протікав струм однакової сили. Зміна опорів датчиків при деформації валів викликала дисбаланс струму, який після підсилення на шестиканальному підсилювачі ТУ-6М подавався на гальванометри осцилографа Н-700 і фіксувався на фотострічці. Границі фазових кутів знаходили за допомогою відміток на фотострічці від замикання і розмикання мікроконтактів у крайніх положеннях коромисла.

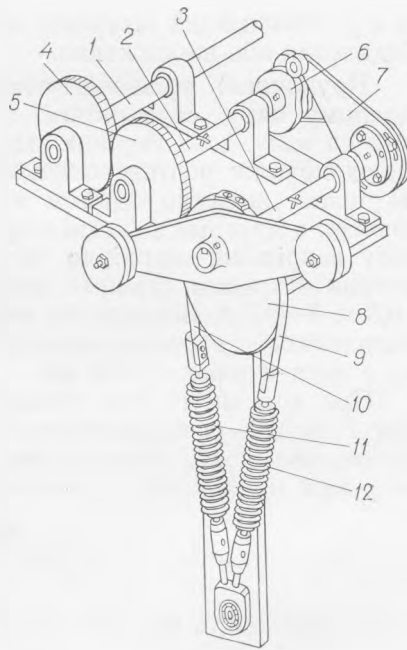


Рис. 1. Стенд для дослідження пружинних ПРЦМ із гнучкою ланкою.

Нерівномірність кутової швидкості записували на фотострічці тахометром, а числа обертів головного вала фіксували стробоскопом.

Тарування датчиків для реєстрації крутних моментів проводили за допомогою тарувального моменту, який скручував вали. Величину моменту реєстрували на плівку датчики і осцилограф. Тарувальний момент прикладали на веденому валу в місці закріплення інерційної маси за допомогою важеля довжиною 1000 мм, до якого послідовно підвищували вантажі. При тому момент, який складався з ваги самого важеля, не враховувався, що досягалося шляхом відповідного збалансування моста.

Експерименти проводили при таких швидкостях ведучого валу: від $n=240$ об/хв до $n=340$ об/хв через кожні 10 ± 1 об.

Для виконавчого механізму як об'єкт дослідження був використаний безвистійний кулачково-коромисловий механізм з базовою віддаллю 233 мм і довжиною коромисла 185 мм.

Кутове переміщення веденого вала становило $\gamma_{\Sigma} = 15^\circ$, фазові кути наближення і віддалення виконавчого кулачка $\varphi_{\Pi} = \varphi_{\text{В}} = 180^\circ$, зведений момент інерції ведених мас $J = 18,45 \text{ кг см сек}^2$.

Закон зміни прискорень веденої ланки — косинусоїдальний.

Момент від сил інерції ведених мас визначали:

$$M_{\text{ин}} = J \cdot \frac{c_k \cdot \gamma_{\Sigma}}{T^2} = J \cdot \frac{c_k \cdot \gamma_{\Sigma} \cdot \pi^2}{\varphi_{\text{В}} \cdot 30^2} \cdot n^2, \quad (1)$$

де c_k — позиційний інваріант подібності прискорення; T — період циклу віддалення або наближення.

Пружинний зрівноважуючий пристрій ПРЦМ, встановлений на веденому валу, складається з програмоносія 8, жорстко закріпленого на валу, двох гнучких сталених стрічок 9, 10 товщиною $d=0,2$ мм і двох пружин розтягу однакової жорсткості 11, 12, причому стрічки закріплені жорстко одними кінцями на неробочому профілі програмоносія, а другими зв'язані з пружинами, протилежні кінці яких в свою чергу закріплені шарнірно на станині. Програмоносієм служить ексцентрик з трьома сталими величинами ексцентриситету $b=0,2 \text{ r}$; $b=0,5 \text{ r}$; $b=0,7 \text{ r}$. Віддаль від точки закріплення пружин до осі хитання програмоносія вибрана конструктивно і становить $a=700$ мм, радіус круга ексцентрика $r=100$ мм.

При коливному русі веденого вала стрічка намотується з одного боку і сходить з протилежного по профілю програмоносія, відповідно деформуючи попередньо натягнуті пружини. Відновлювальний момент, створений пружинами відносно осі хитання, визначається як і в [1]

$$M_a = 2 \cdot c \cdot r^2 \cdot \gamma_1 \cdot \frac{\alpha [\alpha + \beta \chi_n \sqrt{(\alpha - \beta)^2 - 1}]}{(\alpha - \beta)^2}, \quad (2)$$

де c — жорсткість пружин; $\alpha = \frac{a}{r}$ — відносна базова віддаль; $\beta = \frac{b}{r}$ — відносний ексцентриситет програмоносія; $\chi_n = \frac{x_n}{r}$ — коефіцієнт монтажної деформації пружини.

Прирівнюючи максимальні значення моментів (1) і (2) по заданому числу обертів і ексцентриситеті програмоносія $b=0,2 \text{ r}$, визначаємо жорсткість пружин c . Наприклад, при $\chi_n=0,1$ і $n=260$ об/хв $c=64 \text{ кг/см}$.

Ця жорсткість відповідає розрахунковому режиму на ведучому валу, при якому моменти від сил інерції мас і моменти, створені пружинами, рівні, але обернені за знаком, забезпечуючи максимальне зрівноваження в кожній фазі кінематичного циклу.

Результати експериментальних досліджень зведені в карти двох серій осцилограм. Одна з карт з ексцентриситетом програмоносія $b=0,7 r$ показана на рис. 2.

На серії I записані крутні моменти на ведучому — верхня крива, веденому — середня крива й нерівномірність ходу — нижня крива для виконавчого механізму без застосування ПРЦМ. Штриховою лінією показана розрахункова крива крутного моменту на веденому валу.



Рис. 2. Осцилограми запису процесу зрівноважування.

Серія I — до зрівноваження; серія II — після зрівноваження; $M_{зр1}$, $M_{кр1}$ — моменти на ведучому валу; $M_{зр2}$, $M_{кр2}$ — моменти на веденому валу; δ — нерівномірність ходу.

Записування проводили на восьми швидкісних режимах. Швидкісний режим позначений цифрою, що стоїть зліва від відповідної осцилограми, і означає оберти ведучого валу за 1 хв. На осцилограмах нанесена сітка вертикальних прямих, віддаль між якими відповідає часу тривалістю 0,1 с. Відмітки над осцилограмами характеризують зміну фазових кутів.

Дійсна крива крутних моментів не збігається з розрахунковою внаслідок впливу торсійних крутильних коливань валопровода. Частоту власних коливань веденого валу визначали шляхом прикладання моментального моменту і записували на плівку паралельно з відмітчиком часу. Встановлена експериментально власна частота коливань дорівнює 32 Гц і відповідає частоті коливань, які накладаються на криві крутних моментів, одержаних у процесі експериментування.

Характерним для всіх осцилограм є ріст амплітуди крутильних коливань з підвищенням числа циклів.

На рис. 3 показана залежність величини амплітуди крутильних коливань від числа обертів головного вала. Відношення амплітуд максимального моменту, одержаного експериментально, до моменту, визначеного теоретично, оцінювали коефіцієнтом динамічності

$$K_{\pi} = \frac{M_{\text{кр max}_1}}{M_{\text{кр max}_T}} \text{ і становило } 1,1\text{—}1,2.$$

На серії II (рис. 2) показані крутні моменти, аналогічні серії I, але при сумісній роботі виконавчого механізму з ПРЦМ.

З осцилограм цієї серії видно, що крутні моменти в період сумісної роботи виконавчого механізму і ПРЦМ значно менші, ніж при роботі одного виконавчого механізму. Ефективність зрівноваження визначається коефіцієнтом зрівноваження

$$K_{\text{зр}} = \frac{M_{\text{кр max}_1}}{M_{\text{зр max}_1}},$$

де $M_{\text{кр max}_1}$ — максимальний крутний момент до зрівноваження; $M_{\text{зр max}_1}$ — максимальний крутний момент при сумісній роботі виконав-

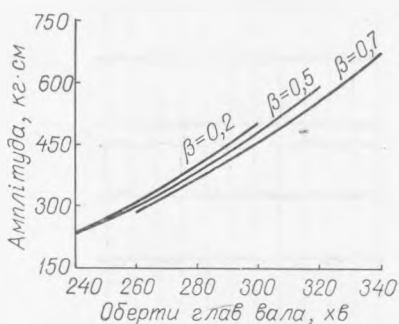


Рис. 3. Графік залежності амплітуди крутильних коливань веденого вала від числа обертів.

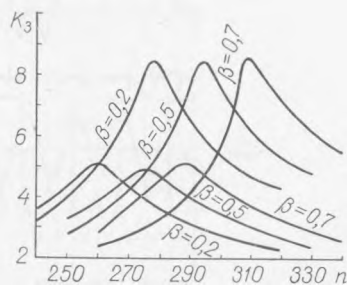


Рис. 4. Графіки коефіцієнтів зрівноваження на трьох швидкісних режимах.

чого механізму і зрівноважувального пристрою. Коефіцієнти зрівноваження у вигляді кривих — нижні для ведучого і верхні для веденого валів зображені на графіку рис. 4. Зсув екстремумів кривих по абсцисі, де відкладені числа обертів, відповідає різним величинам зміщення центру програмоносія круга відносно осі хитання за інших рівних умов.

Як видно з графіка, коефіцієнти максимального зрівноваження при різних величинах ексцентриситету програмоносія досягають однакових значень $K_{\text{зр}}=8,5$ для ведучого та $K_{\text{зр}}=5$ для веденого валів. Незбігання щодо швидкісного режиму пояснюється додатковим моментом від сил інерції мас (коромисла з роликами, ступиці тощо), які розміщені між датчиками веденого і ведучого валів і не фіксуються першими. Нерівномірність ходу при сумісній роботі виконавчого механізму і зрівноважувального пристрою зменшується в 2,5—3 рази.

Отже, експериментальні дослідження підтвердили правильність запропонованої методики розрахунку вказаних ПРЦМ і можливість кількісної підналадки зрівноважувального пристрою шляхом зміни величини ексцентриситету програмоносія при зміні швидкісного режиму зі збереженням при цьому максимального коефіцієнта зрівноваження.

Застосування вказаних ПРЦМ на виробничих машинах-автоматах дозволить поліпшити динаміку механізмів і збільшити робочі швидкості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ключковський М. В. Розрахунок деяких програмних розвантажувачів циклових механізмів із гнучкою ланкою.— «Поліграфія і видавнича справа», 1973, № 9.
2. Полюдов А. Н. Экспериментальное исследование уравновешивающего кулачкового механизма с пружинным нагрузителем.— «Сборник трудов. НИИПолиграфмаш», 1963, № 24.
3. Раевский Н. П. Методы экспериментального исследования механических параметров машин. М., Изд-во АН СССР, 1952.

M. V. KLUCHKOVSKI

SOME EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF SPRING-ACTUATED PROGRAM UNLOADERS OF CYCLIC MECHANISMS WITH FLEXIBLE LINK

Summary

The experimental investigation of the effectivity of application of spring-controlled program dischargers in the cyclic mechanisms with an eccentric as a program-carrier were experimentally investigated on a special stand. The analytical investigations of the achievement of maximum balancing of redundant moments of inertia forces at the change of velocity conditions by means of the displacement of program-carrier centre, are confirmed.
