

## **АВТОМАТИЧНИЙ РЕГУЛЯТОР АМОРТИЗАТОРІВ СИЛ ІНЕРЦІЇ ТАЛЕРА ДВООБЕРТОВИХ ПЛОСКОДРУКАРСЬКИХ МАШИН (АРА)**

Не раз робились спроби вдосконалення повітряних амортизаторів сил інерції талера двооберткових плоскодрукарських машин шляхом введення різних систем примусового ручного та автоматичного регулювання величини протитиску повітря.

Проте ця проблема ще далеко не розв'язана. Необхідна наполеглива теоретична і експериментальна робота, що забезпечить дальше вдосконалення систем з наближенням до повного зрівноваження сил інерції талера незалежно від швидкості роботи машин. Нижче наводиться критичний огляд систем повітряних амортизаторів, що застосовуються в діючих двооберткових машинах, а також описані автоматичні регулятори амортизаторів типу АРА, експериментально випробувані кафедрою поліграфічних машин УПІ.

### **СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ПРОТИТІСКУ СТИСНУТОГО ПОВІТРЯ В ЦИЛІНДРАХ АМОРТИЗАТОРІВ**

Відомо, що з метою регулювання тиску повітря в циліндрах застосовуються пневмодинамічні клапани, які відсікають повітря тим швидше, чим вища швидкість руху поршнів. Це забезпечується відповідним добором пружин, маси і геометричних параметрів клапанів.

Оскільки дія повітряного потоку, що протікає через кільцеву щілину клапана, пропорційна квадрату швидкості повітря, яка змінюється відповідно до швидкості поршнів, то відрізок часу між відсічкою повітря і входом поршня в циліндр прагне до нуля при максимальних робочих швидкостях машини і видовжується при зменшенні швидкостей.

Досить досконала конструкція клапанів з примусовим автоматичним програмним керуванням здійснена фірмою «Міле» (США). Тут відсічні клапани механічно керуються від коноїдного кулачка, закріпленого на валу, що обертається синхронно з головним валом. Відцентровий регулятор зміщує відповідно розрахований коноїдний кулачок вздовж осі вала, змінюючи фази початку відсічки повітря в циліндрах амортизаторів залежно від швидкості роботи машини. По цьому шляху пішли й конструктори Рибінського заводу поліграфічних машин при створенні швидкісної двооберткової машини ПД-3.

Другим напрямком у пошуках методу регулювання тиску повітря в циліндрах амортизаторів слід визнати системи, в яких із зниженням

робочих швидкостей об'єм стиснутого повітря не зменшується, а навпаки — збільшується. Це досягається шляхом підключення до об'ємів циліндрів додаткових об'ємів, які заповнюються разом з ними атмосферним повітрям, що відсікається поршнями. Шведська фірма «Гірфінг» застосовує з цією метою додатковий циліндр з підресореним поршнем, який утримується в передньому положенні за допомогою фіксатора, керованого робітником.

Відсутність автоматичної дії і різкий ступінь переходу від основного об'єму до збільшеного  $\epsilon$ , безперечно, надоліком цієї системи.

### СИЛИ, ЩО ДІЮТЬ НА ТАЛЕР

В період роботи повітряних амортизаторів початок стиску повітря звичайно випереджує початок реверсу і появу інерційних сил. При цьому на талер при вибігу в напрямі руху діють такі сили:

а) технологічний опір фарбового апарата, що приводиться в рух від талера ( $P_\phi$ );

б) сила опору від тертя ( $P_{тр}$ ) при русі талера, який спирається на роликову каретку;

в) сила інерції талера

$$P_{ин} = m_T \omega_k^2 \cdot X_T, \quad (1)$$

де  $m_T$  — приведена маса талера,

$\omega_k$  — кутова швидкість кривошипа,

$X_T$  — переміщення талера від початку вибігу;

г) протитиск повітря в циліндрах:

$$P_{ам} = 2 F p_o \left[ \frac{1}{(1 - \chi)^n} - 1 \right], \quad (2)$$

де  $\chi$  — відносне переміщення поршня в циліндрі довжиною  $L$  і площиною січення  $F$ ,

$n$  — показник політропи.

Тиск повітря в циліндрах, як це випливає із формули (2), є функцією розміщення поршня в циліндрі ( $\chi = \frac{x}{L}$ ) і показника політропи ( $n$ ), що залежить від конкретних умов (якість та стан ущільнень, умови тепловіддачі, температура повітря й інше). Як показують експерименти, величина  $n$  звичайно коливається в межах  $1,3 < n < 1,4$ .

В таблиці наведені значення коефіцієнта  $\xi = \frac{P_{ин}}{p_o}$  (при  $p = 1 \text{ кг/см}^2$ ) величина  $\xi$  чисельно дорівнює величині тиску повітря в циліндрах в  $\text{кг/см}^2$ ) залежно від відносного переміщення поршня в циліндрі ( $\chi = \frac{x}{L}$ ) при різних значеннях показника політропи ( $n$ ).

Складовою вздовж лінії руху талера від взаємодії ролика рухомої ступки куліси з нерухомим пазовим кулачком її закривання і відкриття ( $P'_{cm}$ ) при дальшому розрахунку можна нехтувати.

В період вибігу талера справедливе рівняння для діючих сил:

$$P_\phi + P_{тр} + P'_{ам} - P_{ин} \pm R'_p = 0, \quad (3)$$

де  $R'_p$  — реакція з боку пальця кривошипа на рухому або нерухому кулісну ступку.

Значення коефіцієнта відносного тиску  $\xi = \frac{p}{p_0}$   
 як функції показника степеня політропи  $n$   
 і відносного переміщення поршня в циліндрі  $\chi = \frac{x}{L}$

$\chi$	Значення $\xi = \frac{p}{p_0}$					
	$n = 1,30$	$n = 1,32$	$n = 1,34$	$n = 1,36$	$n = 1,38$	$n = 1,40$
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,05	0,068	0,069	0,070	0,075	0,078	0,080
0,10	0,147	0,151	0,155	0,158	0,159	0,160
0,15	0,232	0,238	0,240	0,244	0,249	0,252
0,20	0,338	0,342	0,350	0,356	0,360	0,368
0,25	0,455	0,462	0,440	0,480	0,490	0,500
0,30	0,584	0,600	0,610	0,620	0,632	0,645
0,35	0,750	0,765	0,782	0,798	0,812	0,828
0,40	0,945	0,960	0,982	1,000	1,025	1,042
0,45	1,180	1,202	1,223	1,260	1,285	1,310
0,50	1,460	1,501	1,518	1,570	1,610	1,642
0,55	1,820	1,872	1,920	1,962	2,008	2,060
0,60	2,280	2,354	2,412	2,475	2,535	2,610
0,65	2,902	2,982	3,073	3,150	3,250	3,444
0,70	3,780	3,890	4,010	4,140	4,260	4,400
0,75	5,060	5,250	5,400	5,600	5,678	5,950
0,80	7,100	7,360	7,660	7,910	8,200	8,520
0,85	10,750	11,250	11,600	11,920	12,700	13,180
0,90	18,950	19,900	20,900	21,900	23,000	24,010
0,95	47,500	49,300	53,500	56,500	60,600	64,800
1,00	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$

В період розгону, у зв'язку із зміною напрямку руху талера, сили  $P_\phi + P_{mp}$  у формулі (3) змінюють знак, а тому у відповідних фазах справедлива рівність:

$$P'_{ам} - P_{in} - (P_\phi + P_{mp}) \pm R'_p = 0. \quad (4)$$

Віднімаючи (4) від (3), знайдемо для відповідних фаз:

$$P'_{ам} - P_{ам} + 2(P_{mp} + P_\phi) \pm R'_p \mp R''_p = 0. \quad (5)$$

Тиск у циліндрах амортизаторів за період реверса практично все більше відхиляється від номінального в бік зменшення через втечу повітря внаслідок нещільності поршнів у циліндрах (зношення поршневих кілець, риски на стінках циліндрів і тому подібне), а також через теплові втрати. Втрати скорочуються із підвищенням швидкостей реверса. Так, при всіх рівних умовах і тій же установці поршнів з підвищенням числа циклів машини з 28,3 до 39,5 за хвилину спостерігалось збільшення тиску повітря в циліндрах з 5,8 до 6,3  $kg/cm^2$ .

Тому  $P''_{ам} < P'_{ам}$ , внаслідок чого у відповідних положеннях поршнів при розгоні і вибігу

$$R''_p = R'_p + (P'_{ам} - P''_{ам}) + 2(P_{mp} + P_\phi). \quad (6)$$

При зміні напрямку швидкості руху талера діючі на нього сили міняються стрибком, відповідно змінюючи тиск на палець кривошипа від величини  $R'_p$  до величини  $R''_p > R'_p$  за формулою (6).

З рівняння (3) для повного зрівноваження сил інерції талера ( $R = 0$ ) при вибігу необхідно мати протитиск повітря

$$P'_{ам} = P_{ін} - (P_{\phi} + P_{тр}),$$

а в тій же фазі розгону (при  $R''_p = 0$ )

$$P''_{ам} = P_{ін} + (P_{\phi} + P_{тр}).$$

Однак через втечу повітря і втрату ним теплової енергії протитиск його при вибігу більший, ніж при розгоні ( $P''_{ам} < P'_{ам}$ ). Внаслідок цього для повного зрівноваження сил інерції талера необхідна додаткова подача стиснутого повітря в циліндри амортизатора.

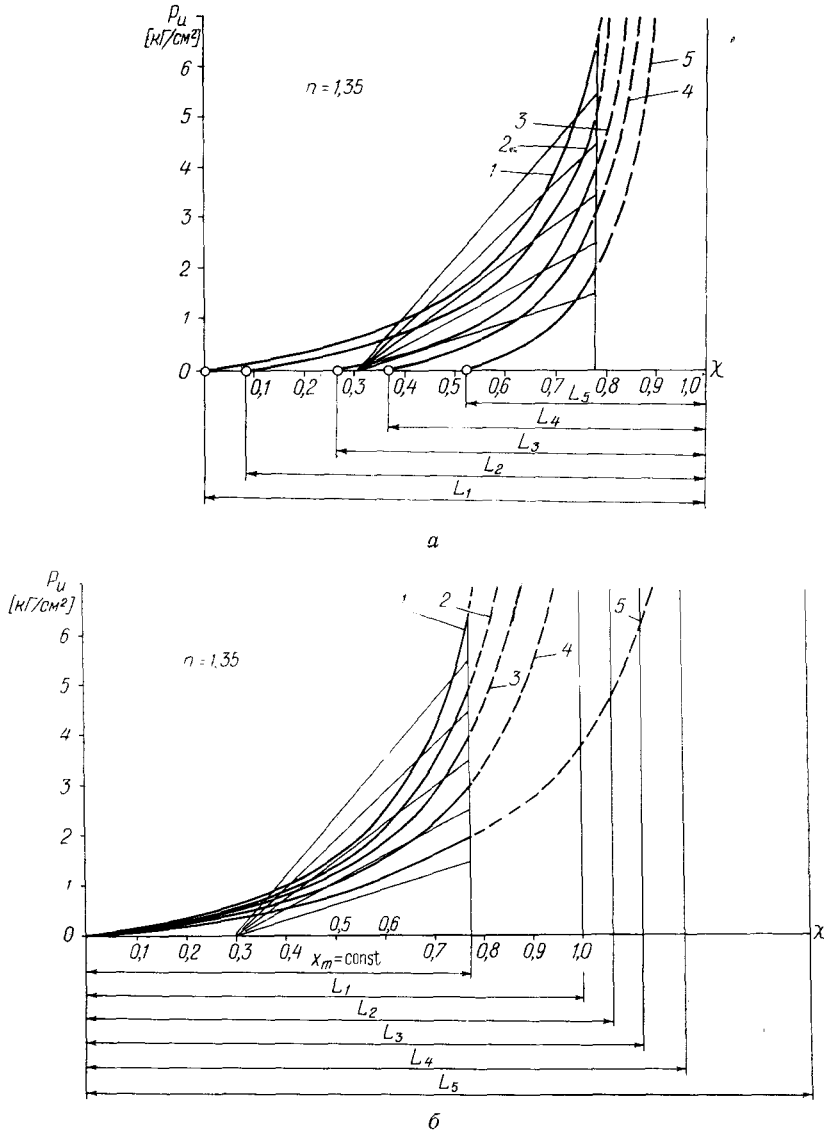


Рис. 1. Графіки зміни тиску повітря в циліндрах амортизаторів.  
 а — у випадку програмованого регулювання фази початку відсічки повітря;  
 б — у випадку програмованого регулювання шляхом збільшення розрахункового об'єму циліндрів при зниженні робочих швидкостей (1–5 — політропи тиску повітря).

Зміна сил інерції із зміною робочої швидкості машини примушує застосовувати автоматичне регулювання повітряних амортизаторів із якнайбільшим наближенням до повного зрівноваження.

При програмованому регулюванні фази початку відсічки повітря в циліндрах амортизаторів (пневмодинамічні клапани, клапани, що керуються коноїдними кулачками з відцентровим регулятором) лінії функції  $p(\chi)$  ідуть все нижче при зменшенні об'єму повітря, що відсікається (рис. 1, а).

Відрахунок робочого переміщення поршня тут ведуть з моменту початку відсічки повітря в циліндрах.

Розрахункові відносні переміщення поршня в циліндрах

$$\chi = \frac{x}{L_i} = \frac{x}{L_0 - a_i},$$

де  $0 < x < L_i - l_0$ ;

$L_0$  — номінальна довжина циліндра;

$a_i$  — шлях поршня в циліндрі до початку відсічки повітря;

$l_0$  — відстань поршня до дна циліндра в крайньому положенні.

Максимальний тиск в кінці ходу поршня

$$p_m = p_0 \left[ \left( \frac{L_i}{l_0} \right)^n - 1 \right]. \quad (7)$$

Характер кривих  $p(\chi)$  при різних зміщеннях початку відсічки свідчить про погіршення ступеня зрівноваження порівняно з вихідним при такому ж способі автоматичного регулювання. Внаслідок малого об'єму відсіченого повітря в циліндрах відносний вплив втечі повітря при малих швидкостях машини різко зростає.

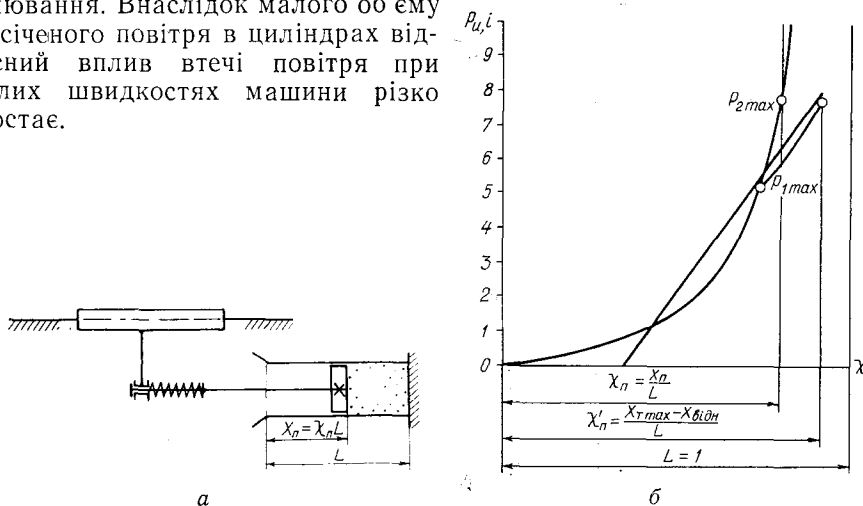


Рис. 2. Гасіння піків тиску повітря в циліндрах амортизаторів.

а — принципіальна схема дії гасителя; б — діаграма тиску повітря при наявності гасителя.

Більш перспективним є автоматичне регулювання амортизаторів із збільшенням розрахункового об'єму циліндрів при зниженні робочих швидкостей. На рис. 2, б показана схема програмованої зміни об'єму циліндрів шляхом приєднання до них додаткових камер необхідної ємкості в міру скорочення робочих швидкостей, а разом з ними сил інерції талера ( $n$  — число циклів машини). Збільшення об'єму відсіченого повітря при зменшенні робочих швидкостей скорочує відносний вплив втечі повітря і забезпечує більш м'яку роботу амортизаторів.

## ГАСИТЕЛЬ ПІКІВ ТИСКУ ПОВІТРЯ

При наближенні поршнів до крайнього положення криві стиску повітря піднімаються особливо круто, що утруднює наближення до повного зрівноваження сил інерції талера. Оптимальне регулювання, знайдене теоретично і перевірене практично, висвітлене в літературі [4].

Кращих результатів можна досягти при зменшенні наростання тиску повітря в циліндрах амортизаторів у положеннях талера, близьких до крайніх. З цією метою автори запропонували застосувати гасителі піків тиску повітря, що являють собою додаткові циліндри з поршнями, підтиснутими за допомогою пружин або стиснутого повітря. Об'єм над поршнем додаткового циліндра приєднаний до порожнини стиску повітря основних циліндрів. При досягненні в останніх певного розрахункового тиску поршень гасителя виявляється незрівноваженим і починає відповідно відходити, збільшуючи початковий об'єм основних циліндрів і пом'якшуючи далі підвищення тиску повітря.

Варіантом конструкції гасителів піків тиску повітря є підресорені штоки поршнів талера (рис. 2, а). Їх функції такі, як і описаних вище гасителів. Однак при цьому усуваються трубопроводи з неминучими втратами в них тиску повітря (тертя в трубах, опір при зміні напрямку труб, при переходах перерізів і т. д.).

Параметри такого гасителя піків тиску повітря визначаються необхідною зміною характеру вихідної політропи (рис. 2, б). Якщо максимальний тиск  $p_{2\max}$  при звичайному стиску повітря в циліндрах відповідає відносному переміщенню поршня в циліндрі  $\chi_n$ , то призначення гасителя — забезпечити цей же тиск у крайній точці переміщення талера.

Виражаючи цю умову математично, знайдемо:

$$\frac{1}{(1-\chi_n)^n} - 1 = \frac{1}{(1-\chi'_{\max})^n} - 1,$$

звідки

$$\chi_n = \frac{X_n}{L_u} = \frac{X_{\max} - X_{\text{відн}}}{L_u} = \chi'_{\max}, \quad (8)$$

або

$$X_{\text{відн}} = X_{\max} - X_n,$$

де  $X_n$  визначається розрахунком, виходячи з необхідного кінцевого тиску повітря в системі по вибраній системі зрівноваження;

$X_{\max}$  — максимальне переміщення талера від моменту початку відсічки повітря в циліндрах;

$X_{\text{відн}}$  — пружне зміщення підресореного поршня за період зміни тиску повітря в циліндрах від  $p_2$  (визначається попереднім натягом пружини) до  $p_{\max}$  (в кінці ходу талера).

Позначивши жорсткість пружини

$$c = \frac{P_n}{s_n} = \frac{P_k}{s_k},$$

де  $P_n$  — зусилля в початковий і  $P_k$  — в кінцевий момент переміщень штока поршня,

$s_n$  — попередня (монтажна) деформація,

$s_k$  — максимальна робоча деформація стиснутої пружини, запишемо:

$$P_n = c \cdot s_n; \quad P_k = c(s_n + X_{\text{відн}}),$$

звідки визначаються розрахункові параметри пружини:

$$c = \frac{P_k - P_n}{X_{\text{відн}}} = \frac{(p_{\max} - p_2)F}{X_{\max} - X_n}, \quad (9)$$

$$s_n = X_{\text{відн}} \cdot \frac{P_n}{P_k - P_n} = X_{\text{відн}} \frac{P_2}{P_{\text{max}} - P_2}.$$

За коефіцієнтом жорсткості  $s$ , максимальним навантаженням  $P_k$  і необхідною деформацією  $X_{\text{відн}}$  звичайним шляхом здійснюється підбір пружини (циліндричної спіральної або батареї тарільчатих пружин).

### АВТОМАТИЧНИЙ РЕГУЛЯТОР АМОРТИЗАТОРІВ ТАЛERA АРА-1<sup>1</sup>

На рис. 3, а зображена принципіальна схема автоматичного регулятора з пружинним гасителем, спроектованого кафедрою поліграфічних машин УПІ і виготовленого Рибінським заводом поліграфічних машин.

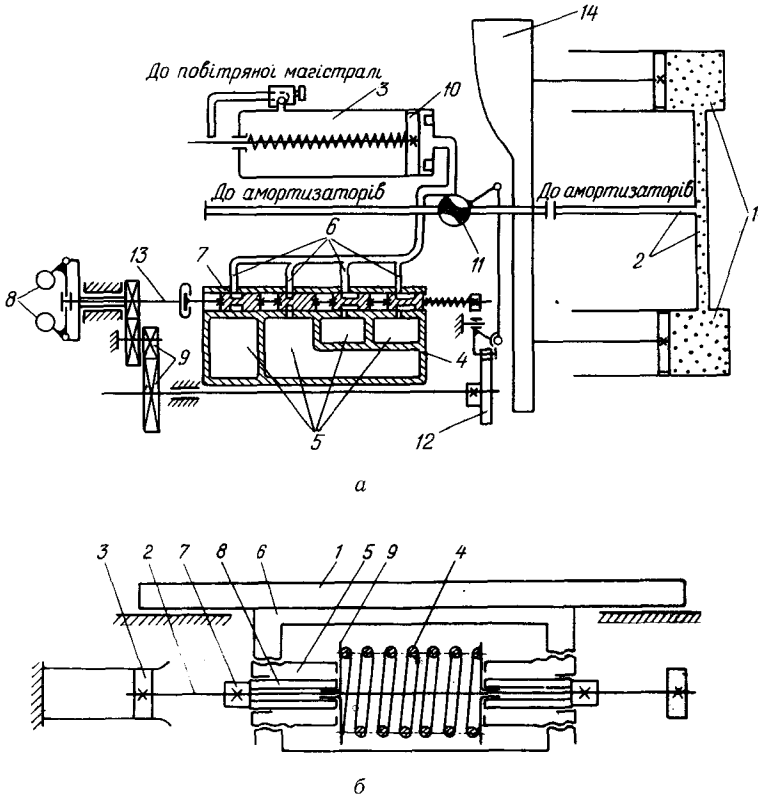


Рис. 3. Автоматичний регулятор повітряних амортизаторів.  
а — принципіальна схема установки; б — схема підресорених штоків поршнів.

Циліндри 1 повітряних амортизаторів (зображені з одного боку талера 14) з'єднані трубопроводом 2 з магазином 4 ємкостей 5 і гасителем 3, виконаним у вигляді циліндра з підпружиненим штоком поршня 10. Через систему повітропроводів 6 циліндри і амортизатори послідовно підключаються до ємкостей 5 золотниками 7. Відцентровий регулятор 8, кінематично зв'язаний з приводом 9 машини, керує золот-

<sup>1</sup> На цей регулятор автори одержали авторське свідоцтво № 140 436, видане Комітетом в справах винаходів і відкриттів при Раді Міністрів СРСР.

никами 7. Триходовий кран 11, керований кулачковим механізмом 12 і кінематично зв'язаний з головним валом двообертової машини, по чергово підключає передні або задні амортизаційні циліндри до магазина 4 емкостей 5.

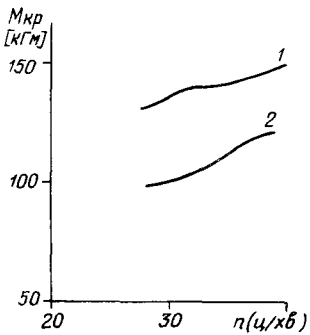
При зміні числа циклів машини переміщується (відповідно до заданої характеристики відцентрового регулятора 8) шток 13, а разом з ним і золотники 7. При цьому відбувається вимикання або підмикання окремих емкостей 5 магазина 4 до об'ємів циліндрів амортизаторів, внаслідок чого досягається автоматичне регулювання протитиску амортизаторів із зміною швидкості машини. Зразу ж після досягнення певного розрахункового тиску повітря в циліндрах ( $p_c = 4 \text{ кг/см}^2$ ) автоматично включається в роботу гаситель піків тиску. Переміщення поршня 10 в циліндрі 3 гасителя немовби збільшує початковий об'єм циліндрів амортизаторів, завдяки чому тиск повітря змінюється менш інтенсивно.

При експериментальній перевірці цього пристрою на двообертовій плоскодрукарській машині ДПП виявився несприятливий вплив повітропроводів при форсуванні роботи машини, пов'язаний з великими втратами енергії на тертя в трубах.

Встановлення підресорених штоків поршнів на талері<sup>1</sup> замість жорсткого їх закріплення (рис. 3, б) значно поліпшило роботу АРА.

З талером 1 штоки 2 поршнів 3 з'єднані рухомо і підресорені за допомогою пружин, що мають попередній натяг, здійснюваний різьбовими втулками 5, які закручуються в різьбові отвори кронштейнів 6. Протитиск повітря, що виникає в циліндрах амортизаторів, передається через поршні 3 і штоки 2 на гайки 7, а відтак через втулки 8 на тарілки 9 пружин 4. Таким чином, ці пружини працюють при передачі зусиль в однаковій мірі як зліва, так і справа. З початком стиску пружин 4 і відходом штоків 2 поршнів 3 об'єм стиску повітря в циліндрах скорочується менше, ніж при жорсткому закріпленні штоків на талері 1, внаслідок чого досягається краще зрівноваження сил інерції талера.

Рис. 4. Зведені діаграми максимальних крутних моментів на кривошипному валу приводу талера в залежності від числа циклів роботи машини.



На рис. 4 подані зведені діаграми зміни максимальних крутних моментів на кривошипному валу приводу талера в залежності від числа циклів роботи машини: 1 — при відсутності і 2 — при наявності установки АРА-1 з підресореними поршнями, одержані експериментальним шляхом (див. вище). З цих діаграм випливає, що максимальні навантаження на привід при застосуванні АРА-1 при 40 циклах за хвилину не перевищують навантажень на привід звичайної машини при 28 циклах за хвилину.

Стосовно до плоскодрукарської двообертової машини ПД-2 кафедрою поліграфічних машин УПІ у співдружності з Рибінським заводом поліграфічних машин спроектований і випробуваний автоматичний регулятор амортизаторів сил інерції талера АРА-2, виконаний за схемою, зображеною на рис. 5. Основною особливістю цієї установки є наближення магазину додаткових емкостей безпосередньо до циліндрів амортизаторів. Це примусило створити дві окремі коробки емкостей, золот-

<sup>1</sup> Авторське свідоцтво № 148 068.



никові втулки яких з'єднані карданним валом і керуються від одного відцентрового регулятора з метою підключення необхідних емкостей до циліндрів амортизаторів за заданою програмою залежно від числа робочих циклів машини.

В машині ПД-2 з АРА-2 штоки поршнів також підресорені з метою досягнення ефекту гасіння піків тиску повітря в циліндрах.

Так само, як і для АРА-1, електронно-тензометричні дослідження показали, що застосування АРА-2 на машині ПД-2 дає можливість знизити навантаження на механізм приводу талера на 20—30%.

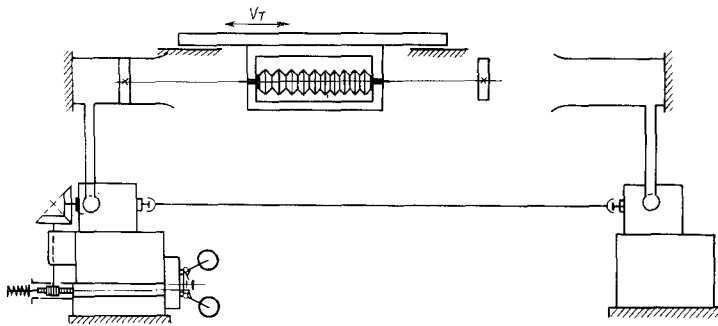


Рис. 5. Принципіальна схема автоматичного регулятора сил інерції талера АРА-2.

Результати експериментальних досліджень свідчать про ефективність застосування описаного автоматичного регулятора амортизаторів двообертових машин з використанням гасителів піків тиску повітря в циліндрах. Зараз ці системи далі вдосконалюються, що повинно забезпечити ще кращі результати. Досягнуте скорочення навантажень на привід талера заслуговує на увагу експлуатаційників.

Установки типу АРА можна використовувати для модернізації діючого парку, а також при створенні нових двообертових друкарських машин.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Б. Н. Бежанов и В. Т. Бушунов. Производственные машины-автоматы. Машгиз, М.—Л., 1953.
2. Б. А. Ворохобин. Пути уравновешивания сил инерции талера двухоборотных плоскочетных машин. Научные записки Украинского полиграфического института, с. XIV, 1961.
3. К. В. Тир. Приближенный аналитический расчет механизмов привода машин-автоматов. Нучные записки Украинского полиграфического института, т. XII, 1958.
4. Я. И. Чехман. Исследование динамики привода талера двухоборотной плоскочетной машины ДПП. Научные записки Украинского полиграфического института, т. XIV, 1961.

К. В. ТИР, Я. И. ЧЕХМАН

### АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕГУЛЯТОР АМОРТИЗАТОРОВ СИЛ ИНЕРЦИИ ТАЛЕРА ДВУХОБОРОТНЫХ ПЛОСКОПЕЧАТНЫХ МАШИН

#### Резюме

Описано устройство и результаты опытной проверки оригинального автоматического регулятора амортизаторов сил инерции талера (конструкции авторов статьи), обеспечивающего благоприятные условия работы приводов талера независимо от скоростного режима двухоборотных плоскочетных машин.

*K. V. TIR, Y. I. TCHEKHMEN*

**TWO-REVOLUTION PRINTING PRESS AUTOMATIC BUFFER CONTROL  
OF BED INERTIA POWER**

Summary

The article gives a description of the mechanism and a summary of the bed inertia automatic buffer control (ARA) test results. The automatic buffer control was designed by this article's authors. The control maintains favourable conditions of work for bed drive irrespective of the two-revolution printing machine speed rate.

