

Р.Р. Обертюх, к.т.н., проф.,
А.В. Слабкий, к.т.н., доц.

¹Вінницький національний технічний університет

ГІДРОІМПУЛЬСНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВІБРОРІЗАННЯ З ВБУДОВАНИМ В КІЛЬЦЕВУ ПРУЖИНУ ГЕНЕРАТОР ІМПУЛЬСІВ ТИСКУ

Сучасні тенденції розвитку виробництва направлені на інтенсифікацію виробничих процесів та їх здешевлення. Використання корисних вібрацій у матеріалобробці є світовою практикою, яка гальмується відсутністю компактних пристроїв з відносно великими корисними зусиллями на виконавчому органі (різці, свердлі тощо). Тому розробка та удосконалення малогабаритних потужних пристроїв для вібраційної матеріалобробки є актуальною науковою та інженерною задачами [1].

Одним із шляхів побудови компактних пристроїв для віброрізання є використання пружних елементів високої жорсткості типу прорізних, тарілчастих та кільцевих пружин і побудові на базі гідроімпульсного привода.

Структурна схема гідроімпульсного пристрою для віброрізання з вбудованим в кільцеву пружину (далі КПІ) генератором імпульсів тиску (далі ГІТ) в конструктивному вигляді показано на рис. 1.

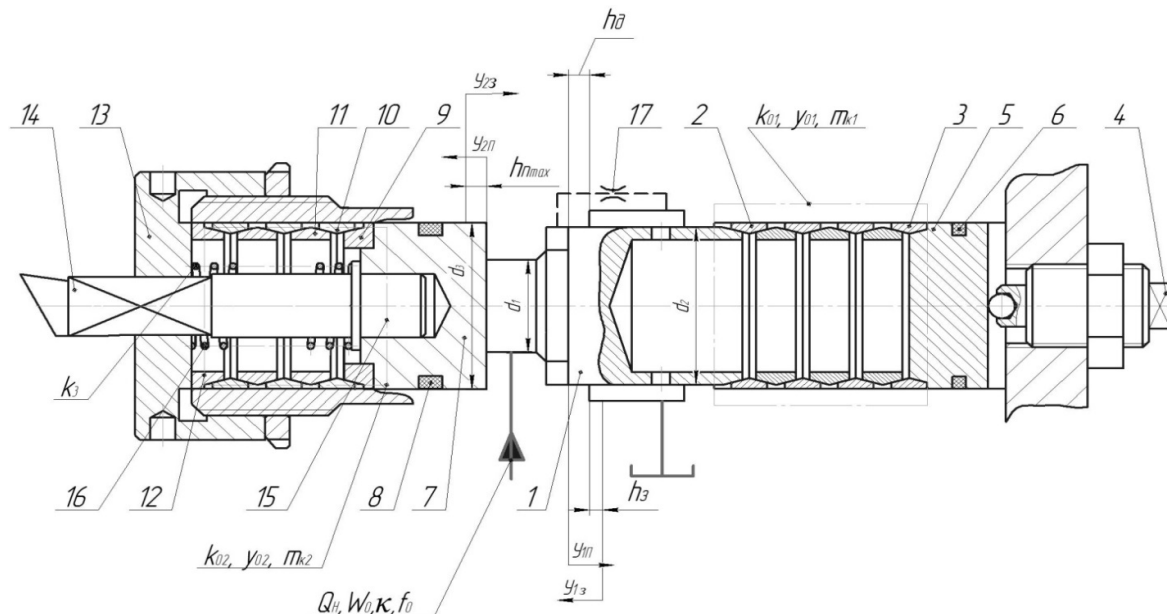


Рисунок 1 – Структурна схема гідроімпульсного пристрою для віброточіння з вбудованим в кільцеву пружину ГІТ

Пристрій складається з двох гідравлічно зв'язаних блоків – ГІТ та гідроциліндра приводу у вібраційних рух, наприклад токарного різця для радіального віброточіння. ГІТ містить запірний елемент у вигляді клапана-золотника 1 масою m_{k3} , правий торець (за кресленником) якого є опорним кільцем кільцевої пружини ГІТ (КПІ) жорсткістю k_1 та масою m_{k1} , що складається з набору зовнішніх 2 і внутрішніх 3 кілець, що контактують між собою посередністю внутрішніх і зовнішніх конічних поверхонь. Попередня деформація y_{01} кільцевої пружини ГІТ регулюється за допомогою гвинта 4, який переміщує натискний плунжер 5, лівий торець (за кресленником) якого оформлено як

друге опорне кільце КП1. Плунжер 5 ущільнюється гумовим кільцем 6 круглого перерізу. Корпус ГІТ і пристрою в цілому умовно не показано на рис. 1.3 блоком гідроциліндра приводу різця (розташованому в одному корпусі, що й ГІТ) ГІТ сполучено через спільну напірну порожнину А (отвір діаметром d_1). Гідроциліндр складається з плунжера 7 масою $m_{пл}$ ущільненого гумовим кільцем 8. На правому (за кресленником) торці плунжера 7 утворена виточка, яка є опорною та напрямною поверхнею опорного кільця 9 кільцевої пружини гідроциліндра (КП2), жорсткістю k_2 та масою m_{k2} .

КП2 складається із зовнішніх 10 і внутрішніх 11 кілець та двох однакових за формою та розмірами опорних кілець 9 і 12. Кільця КП2 контактують між собою через внутрішні та зовнішні конічні поверхні. Попередня деформація y_{02} КП2 регулюється за допомогою накидної гайки 13.

В прямокутному отворі гайки 13 направляється різець 14, оснащений циліндричним штоком 15 з буртовим виступом. Права частина штока 15 (за буртовим виступом) входить заходою посадкою в центральний глухий отвір плунжера 7, а на лівій частині штока 15 (перед буртом) встановлена пружина 16, що одним кінцем впирається в бурт штока, а іншим в гайку 13. Пружина 16 встановлюється під час збирання блока гідроциліндра з розрахунковою попередньою деформацією і здійснює осьову попередню фіксацію різця 14.

Для забезпечення стабільного режиму посадки клапана-золотника 1 в кінці його зворотного ходу передбачено дросель 17. Функцію дроселя 17 можна забезпечити за рахунок зазору в спряженні золотникової частини клапана-золотника 1 за діаметром d_2 з розточкою в корпусі (або гільзі в реальній конструкції) пристрою або шляхом експериментально підібраної лиски довжиною $l_x \geq h_d$ (тут h_d – додатне перекриття золотникової частини клапана-золотника 1), що з'єднує проміжну В та зливну С порожнини пристрою. Порожнина розміщення КП1 сполучена зі зливною порожниною С радіальними отворами «а» в напрямній частині клапана-золотника 1.

Живлення пристрою робочою рідиною (енергоносієм) здійснюється від компактною гідронасосної станції, що з'єднується з пристроєм двома гнучкими рукавами високого тиску. Рукав подачі енергоносія приєднується до напірної порожнини А, а рукав зливної порожнини С сполучає останню з гідробаком станції.

Із врахуванням радіального розтягування зовнішніх кілець 2 і 10 КП1 та КП2 під час їх робочої деформації, циліндричні поверхні зовнішніх кілець 2 і 10, якими КП1 і КП2 направляють в розточках корпусу пристрою, спрягаються з поверхнями розточок корпуса за ходовими посадками не вище 9-10 квалітетів. Оскільки за абсолютною величиною радіальні деформації кілець малі, то зазори, які забезпечують названі квалітети, гарантовано виключають можливе заклинювання кілець.

Тиск «відкриття» ГІТ визначається за відомою [1 – 3] залежністю

$$p_1 \geq k_1 \cdot y_{01} / A_1 = 4k_1 \cdot y_{01} / (\pi d_1^2) = 0,785k_1 \cdot y_{01} / d_1^2, \quad (1)$$

де $A_1 = \pi d_1^2 / 4 = 0,785d_1^2$ – площа поперечного перерізу по фасці клапана-золотника 1 за малим її діаметром d_1 (перший ступінь герметизації запірною елементом ГІТ – клапана-золотника 1) за умови, що герметизація здійснюється по фасці малої ширини, яку можна розрахувати за формулами, наведеними в роботі [2].

Рух плунжера 7 гідроциліндра приводу різця 17 у вібраційне переміщення почнеться після зростання тиску енергоносія в напірній порожнині А до рівня (без врахування сил тертя між плунжером 7 і його напрямною поверхнею)

$$p_c \geq k_2 y_{02} / A_3 = 4k_2 y_{02} / (\pi d_3^2) = 0,785k_2 y_{02} / d_3^2, \quad (2)$$

де p_c – стаціонарний тиск енергоносія, за якого починається рух плунжера 7; $A_3 = \pi d_3^2 / 4 = 0,785d_3^2$ – площа поперечного перерізу плунжера 7.

Максимальне можливе переміщення $h_{II\max}$ плунжера 7 і різця 17, оскільки завдяки зусиллю пружини 19 він знаходиться з плунжером 7 в жорсткому контакті, можна оцінити за рівнянням динамічної рівноваги:

$$p_1 \cdot A_3 = k_2 (y_{02} + h_{II\max}) \quad (3)$$

звідки

$$h_{II\max} = p_1 A_3 / k_2 - y_{02\max} \approx 0,785 p_1 d_3^2 k_2^{-1}. \quad (4)$$

Переміщення h_{II} плунжера 7 є по суті амплітудою вібраційних коливань різця 17 і, як видно із залежності (4) може регулюватись шляхом зміни тиску p_1 енергоносія та попередньої деформації y_{02} КП2. На величину h_{II} в процесі роботи пристрою може впливати інерційне переміщення системи плунжер 7 – КП2, але зважати на дуже високу жорсткість КП2 і дію відтискаючої складової F_y сили різання, на нашу думку, цей вплив буде незначним.

ГПТ розглядуваного пристрою для віброрізання є однокаскадним параметричним ГПТ, під'єднаним до виконавчого гідроциліндра за схемою «на виході» [1 – 3]. За тиску енергоносія $p_r \geq p_1$ герметичність першого ступеня герметизації клапана-золотника 1 порушується (він по фасці мінімального діаметра d_1 відривається від сідла) і порожнина А та В з'єднуються. Тиск енергоносія, зважаючи на дуже малий об'єм порожнини В, практично миттєво в цій порожнині зростає до рівня p_1 та діє на всю площу поперечного перерізу $A_2 = \pi d_2^2 / 4 = 0,785 d_2^2$ клапана-золотника 1, яка більше площі A_1 . Зусилля на клапана-золотника 1 зростає і він швидко (пришвидшено) переміщення на шляху додатного перекриття h_o і, оскільки завдяки інерційності потоку енергоносія, його тиск миттєво не знижується на межі $y_{III} = h_o$ (тут y_{III} – поточне переміщення клапана-золотника 1), то клапан-золотника 1 деякий час рухається на шляху $h_o < y_{III} < h_k$ (де h_k – максимальний хід клапана-золотника 1). Різниця $h_k - h_o = h_g$ є від'ємним перекриттям клапана-золотника 1. Золотникова герметизація клапана-золотника 1 є другим ступенем герметизації ГПТ.

Послідуючим етапом дослідження запропонованої конструктивної схеми є розробка на основі структурно-розрахункової схеми пристрою динамічної (фізичної) та математичної моделей привода і обґрунтування на основі їх аналізу та дослідження методики розрахунку і проектування.

Література

1. Обертюх Р. Р. Пристрої для віброточіння на базі гідроімпульсного привода / Р. Р. Обертюх, А. В. Слабкий. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 164 с.
2. Obertykh R. R. Pneumopulse drive vibrating bunker control over the movement. basis design calculations Obertykh R. R., Slabkiy A. V. // TEHNOMUS Journal./Romania, 2015. - p. 362-371.
3. Roman R. Obertyukh; Andrii V. Slabkiy; Mykhailo V. Marushchak; Leonid G. Koval; Doszhon Baitussupov; Jacek Klimek "Dynamic and mathematical models of the hydraulic-pulse device for deformation strengthening of materials" Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018, 108084Y (1 October 2018); doi: 10.1117/12.2501519; <https://doi.org/10.1117/12.2501519>