

Р. Р. Обертюх¹
 А. В. Слабкий¹
 О. В. Шпак¹

ГІДРОІМПУЛЬСНИЙ ПАРАМЕТРИЧНИЙ ОДНОКАСКАДНИЙ ГЕНЕРАТОР ІМПУЛЬСІВ ТИСКУ З РЕГУЛЬОВАНИМ ТИСКОМ «ЗАКРИТТЯ»

¹Вінницький національний технічний університет

Подано результати аналізу принципових і конструктивних схем параметричних генераторів імпульсів тиску гідроімпульсного приводу. Аналіз показав, що параметричні однокаскадні генератори імпульсів тиску прямої дії за різними схемами приєднання до виконавчих ланок гідроімпульсного приводу вібраційних та віброударних машин можуть керувати циклами цих машин малої або середньої потужності або використовуватись як сервоприводи (перші каскади) дво- та багато каскадних генераторів імпульсів тиску. Встановлено доцільність розширення технологічних можливостей вібраційних та віброударних машин шляхом покращення технічних характеристик генераторів імпульсів тиску, зокрема розширення можливих параметрів регулювання та побудова гідроімпульсного приводу на базі пружних елементів високої жорсткості, типу прорізних, кільцевих та тарілчастих пружин. В результаті виконаного дослідження встановлено доцільність регулювання тиску закриття генератора імпульсів тиску, що вагомо покращило технічні характеристики гідроімпульсного приводу вібраційних та віброударних машин. Ґрунтуючись на аналізі відомих схем та конструкцій і принципів функціонування параметричних генераторів імпульсів тиску гідроімпульсного приводу за різними схемами приєднання до виконавчих ланок вібраційних чи віброударних машин: «на вході», «на виході», «комбінована», розроблено конструктивну схему та конструкцію параметричного однокаскадного генератора імпульсів тиску прямої дії за схемою приєднання «комбінована» з регульованим тиском «закриття». Проаналізовано процес регулювання тиску «закриття» розробленої конструкції генератора імпульсів тиску, зокрема діапазону регульованого тиску «закриття» за заданого діапазону зміни тиску його «відкриття», та встановлено залежність частоти проходження імпульсів тиску від внутрішнього передатного числа площ запірного-регульовального елемента генератора імпульсів тиску.

Ключові слова: генератор імпульсів тиску, герметизація, гідравлічна ланка, гідроімпульсний привод, деформація, жорсткість, енергоносія, привод, подача, тиск, хід.

Вступ

Вібраційні технології широко використовуються в різних галузях промисловості та сільському господарстві, наприклад, виготовлення ливарних форм і залізобетонних конструкцій, вібропресування виробів з порошкових матеріалів, механічне оброблення деталей машин віброрізанням (віброточіння, вібросвердління тощо), деформаційне зміцнення поверхневим деформуванням і т. ін. Реалізуються ці технології вібраційними (ВМ) та віброударними (ВУМ) машинами та пристроями з механічним, пневматичним, гідравлічним, гідроімпульсним, електромагнітним і комбінованим приводами [1], [2]. Гідроімпульсний привод (ГІП) [1], [2] серед зазначених типів приводів дозволяє забезпечити високі робочі зусилля (320 кН і більше) та широкий діапазон регулювання параметрів вібронавантаження об'єкта технологічного впливу на виконавчій ланці ВМ і ВУМ (частоти вібрацій — 1...150 Гц, амплітуди — $(0,1...10) \cdot 10^{-3}$ м). ГІП простий та надійний в експлуатації, має відносно малу металомісткість. У ГІП на відміну від традиційного гідроприводу створюється пульсуючий потік (імпульси тиску) робочої рідини (енергоносія) з регульованими амплітудою та частотою імпульсів тиску. Цей потік енергоносія діє на виконавчі ланки — гідродвигуни (гідроциліндри різних типів тощо) технологічних ВМ чи ВУМ приводять їх у вібраційний (віброударний) рух — вібронавантаження, яке впливає на об'єкти технологічного впливу ВМ чи ВУМ, реалізуючи

таким чином заданий (потрібний) вібраційний технологічний процес.

Основною складовою ланкою ГП є параметричний генератор імпульсів тиску (ГІТ) в робочій рідині гідросистеми привода, який формує та керує робочим циклом ГП та вібраційної машини в цілому. Удосконалення гідроімпульсного привода та ГІТ проводиться в напрямку покращання та розширення їх технічних характеристик, що є актуальною науковою та інженерною задачею.

Результати дослідження

Параметричний ГІТ [3] відноситься до спеціальної гідроапаратури, що діє автоматично, та є однією з основних ланок ГП, оскільки формує його режими роботи (робочий цикл гідроімпульсних машин і пристроїв) та керує ГП.

Загальновизнаною та, за твердженням школи ГП ВНТУ, найдосконалішою є класифікація ГІТ [3]—[6], в якій за головну ознаку взято схему приєднання генератора до виконавчого гідродвигуна. Ця класифікація дозволяє чітко окреслити області застосування ГІТ та їхні функціональні і технічні можливості. За цією ознакою ГІТ поділяються на три основні види (класи), умовно названі — «на вході», «на виході» та «комбінована». Використовуючи умовні схематичні зображення стандартних гідророзподільників за ДСТУ ISO 1219-1:2018, основні види (класи) ГІТ (без вказівки на кількість каскадів), можна показати у вигляді схем (рис. 1).

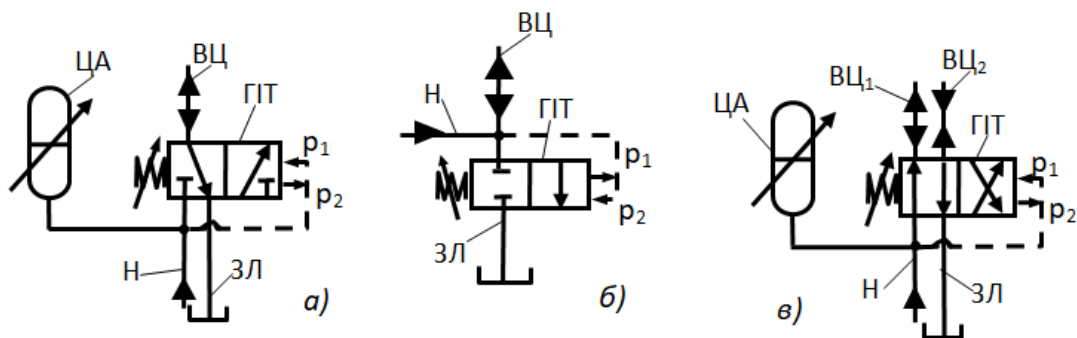


Рис. 1. Умовні схеми приєднання ГІТ до виконавчого (виконавчих) гідродвигуна (гідродвигунів):

а — «на вході»; *б* — «на виході»; *в* — «комбінована»;

ЦА — цикловий гідроаккумулятор; ГІТ — генератор імпульсів тиску; Н — гідролінія, постійно з'єднана з гідронасосом привода; ЗЛ — зливна гідролінія; ВЦ (ВЦ₁ та ВЦ₂) — гідролінія (гідролінії), з'єднана з виконавчим (виконавчими) гідродвигуном (гідродвигунами) ВМ; p_1 та p_2 — відповідно рівні тисків «відкриття» та «закриття» ГІТ

За схемою приєднання до виконавчого гідродвигуна «комбінована» ГІТ може керувати рухом одного поршневого гідродвигуна з робочими поршневою і штоковою порожнинами, або двома плунжерними гідродвигунами. За цією схемою гідролінія ВЦ₁ ГІТ (див. рис. 1в) приєднується до гідродвигуна (або до однієї з його порожнин) за схемою «на виході», а гідролінія ВЦ₂ — «на вході».

Важливими ознаками класифікації ГІТ є каскадність і спосіб герметизації запірно-розподільних ланок (елементів) ГІТ. В залежності від величини потоку енергоносія, який може пропускати через відкриті свої щілини ГІТ, генератори ділять на однокаскадні, двокаскадні та багатокаскадні. Однокаскадні ГІТ можуть бути окремими ланками ВМ чи ВУМ або гідроімпульсних пристроїв малої або середньої потужності та часто використовуються як перший каскад (сервопривод) багатокаскадних ГІТ. За способом герметизації запірно-розподільних ланок ГІТ діляться на золотникові, клапанні та клапанно-золотникові, які поєднують елементи герметизації за рахунок додатного золотникового перекриття та притертих кромek (фасок) запірних ланок. Клапанні запірно-розподільні ланки (елементи) ГІТ взаємодіють із сідлом, виконаним як окрема деталь ГІТ або утвореним в його корпусі.

Параметричні однокаскадні ГІТ можуть бути прямої дії та диференціальні. Згідно з описаними вище ознаками класифікації ГІТ, типові конструктивні схеми однокаскадних параметричних ГІТ показані на рис. 2а—д [3]—[6]. Найпростішими за схемою та конструктивно є золотниковий (рис. 2а) та клапанний (у формі кулі) (рис. 2б). Однокаскадні ГІТ прямої дії виконані за схемою приєднання до гідродвигуна (чи другого каскаду) «на виході». ГІТ за цими схемами складаються із запірно-розподільної ланки 1 (золотник чи клапан), навантаженої пружиною 2, попередня деформація якої може регулюватись гвинтом 3. Напірна порожнина І приєднується безпосередньо до гідронасосної чи гідронасосної з цикловим гідроаккумулятором станцій (на рис. 2 умовно не показані) та гідродвигуна — виконавча ланка цих вібраційних машин. Цикловий гідроаккумулятор на-

копичує потенціальну енергію на один робочий цикл ВМ або ВУМ. Найчастіше цикловий гідроакумулятор це місткість розрахункового об'єму W_a , в якому потенціальна енергія запасается за рахунок власної стисливості робочої рідини (енергоносія). В цих ГПТ проміжна порожнина II відділяється від напірної порожнини I додатним золотниковим перекриттям h_{n1} (див. рис. 2а) або контактом запірного елемента ланки 1 по кромці сідла (див. рис. 2б), а від зливної порожнини III відокремлюється додатним перекриттям h_{n2} чи h_n для схеми б), причому для схеми а) $h_{n2} > h_{n1}$ на $\sim 0,5$ мм.

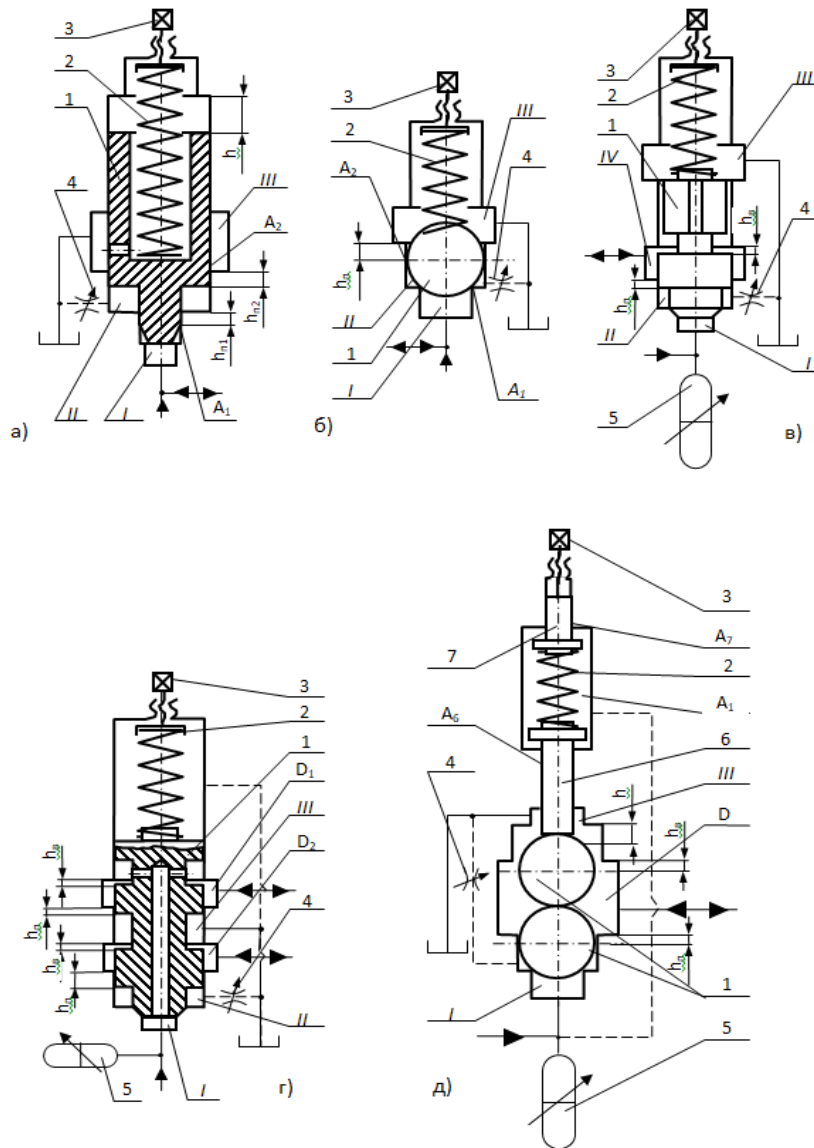


Рис. 2. Типові конструктивні схеми однокаскадних параметричних ГПТ

В однокаскадних параметричних ГПТ, виконаних за схемами приєднання до виконавчого гідродвигуна «на вході» (рис. 2в) та «комбінована» (рис. 2г), використовують комбіновані золотниково-клапанні запірні елементи 1, в яких перший ступінь герметизації клапанного типу (притерта фаска), а другий ступінь герметизації — золотниковий за допомогою додатних перекриттів h_n . Золотникові робочі кромки запірних елементів 1 ГПТ розподіляють потоки енергоносія під час здійснення робочого циклу ВМ чи ВУМ шляхом комутації між порожнинами I та D приєднання ГПТ до виконавчого гідродвигуна вібромашини (див. рис. 2в) або D_1 та D_2 — виконавчих гідродвигунів (див. рис. 2г) та зливною III. Розглянуті ГПТ за схемами приєднання до виконавчих гідродвигунів «на вході» формують в робочих порожнинах гідродвигунів D та D_2 імпульси тиску з малою тривалістю переднього t_n та заднього t_z фронтів та амплітудою $\Delta p = p_1 - p_2$, причому $t_z \approx t_n$ [3]. У випадках використання описаних ГПТ (див. рис. 2в, г) для автономного керування ГПТ ВМ чи ВУМ за схемами приєднання до виконавчого гідродвигуна «на вході» в їхню напірну гідролінію I обов'язково підключається цикловий гідроакумулятор 5.

Параметричні однокаскадні ГІТ прямої дії, за прийнятних габаритних розмірів, можуть керувати відносно невеликими потоками енергоносія (малий умовний прохід), що накладає певні обмеження на їх безпосереднє використання для керування ГІП потужних ВМ або ВУМ. Якоюсь мірою розширити технічний діапазон використання однокаскадних ГІТ для керування ГІП ВМ чи ВУМ, наприклад, середньої потужності, можна за рахунок виготовлення їх за диференціальними схемами, одна з яких зображена на рис. 2д [8], [9]. В ГІТ за цією принциповою схемою запірно-розподільний елемент 1 виконано у вигляді двох, співвісно встановлених кульок (кулькових клапанів). В початковому положенні цей запірно-розподільний елемент 1 притискається до кромки сидла з боку напірної порожнини I через плунжер 6 пружиною 2 і тиском рідини на площу A_6 (на рис. 2д) поперечного перерізу плунжера 6 з боку порожнини A_1 , що безпосередньо сполучена напірним гідроканалом з порожниною I. За такого виконання ГІТ зменшується зусилля і габарити пружини 2, регулювання попередньої деформації y_{01} якої визначає рівень тиску «відкриття» $p_1 \geq k y_{01} / (A'_1 - A_6)$ ГІТ (тут A'_1 — площа поперечного перерізу, що перекривається нижньою кулькою запірно-розподільного елемента 1). Попередня деформація y_{01} пружини 2 регулюється гвинтом 3 через герметично ущільнений плунжер 7, площа поперечного перерізу A_7 якого вибирається такою, щоб зусилля на гвинті 3 дозволяло регулювання тиску p_1 під час роботи ГІТ. В параметричних однокаскадних ГІТ за диференціальною схемою навантаження запірно-розподільної ланки 1 порівняно з однокаскадними ГІТ прямої дії більші умовні проходи та пропускна здатність, але складніша конструкція, погіршене регулювання тиску «відкриття» p_1 та вищий рівень внутрішніх перегікань енергоносія. Під час конструювання і виготовлення такого типу ГІТ ставляться вищі вимоги до точності його деталей та їх спражень.

Аналіз результатів експериментальних досліджень ГІП [1]—[6] показує, що у відомих конструкціях ГІТ, чітко регулюється тиск енергоносія p_1 «відкриття», а тиск p_2 «закриття», внаслідок інерційності потоку енергоносія і надлишкового переміщення ЗРЕ (відсутність обмеження його робочого ходу h) ГІТ, коливається у відносно широких межах, зазвичай в бік зменшення від розрахункового значення. Такий характер зміни тиску p_2 впливає на стабільність частоти ν імпульсів тиску та їхньої амплітуди $\Delta p = p_1 - p_2$, а це погіршує якість технічної характеристики ГІТ та в цілому ГІП.

Описана проблема певною мірою вирішена в конструкції параметричного однокаскадного ГІТ, наприклад, за схемою приєднання «комбінована» до виконавчих ланок ГІП. Структурна схема цього ГІТ, наприклад, як сервопривод двокаскадного ГІТ, показана на рис. 3 [13].

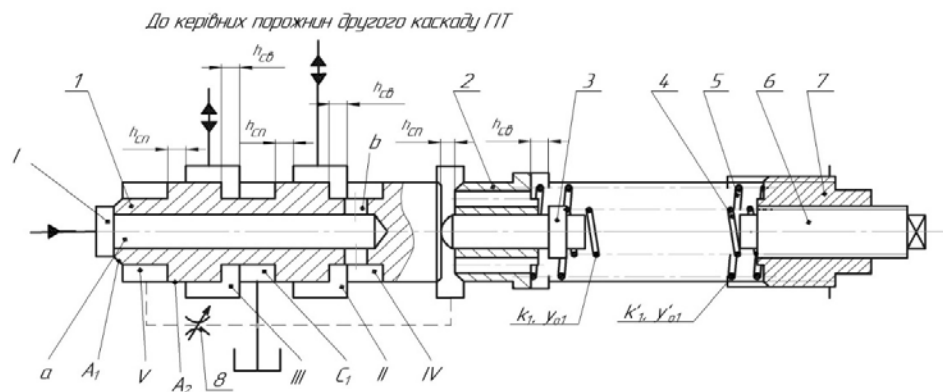


Рис. 3. Структурна схема параметричного однокаскадного ГІТ з регулюванням тиску p_2 «закриття»

Регулятор тиску p_2 «відкриття» складається з двох, концентрично встановлених пружин 4 та 5, розміщених в розточці стакану регулятора (стакан умовно не показаний), при цьому пружина 4 через плунжер 3 навантажує ЗРЕ 1 ГІТ. Плунжер 3 розташований в осевій розточці рухомої ступінчастої втулки 2, притисненої у початковому положенні через буртик до корпусу ГІТ (умовно не показаний) пружиною 5. Попередня деформація пружини 4 (y_{01}) та 5 (y'_{01}) регулюється, відповідно, гвинтами 6 і 7. Гвинт 6 розміщується в осевому різьбовому отворі гвинта 7. Конструктивно вузол регулятора рівнів тиску енергоносія p_1 та p_2 (деталі 2—7, корпус регулятора умовно не показаний) виконано як окрема складальна одиниця [3].

Розмірний ланцюг осевого складання ЗРЕ 1 та втулки 2 розрахований так, що у початковому положенні зазор між правим (за креслеником) торцем ЗРЕ 1 і лівим торцем втулки 2 дорівнює

додатному перекриттю $h_{\text{сп}}$ золотникової частини ЗРК 1. Хід втулки дорівнює від'ємному перекриттю $h_{\text{св}}$ ЗРЕ 1.

Підвищення тиску в напірній порожнині I ГІТ до тиску його «відкриття»

$p_1 \geq k_1 y_{01} / A_1' = \pi d_1^2 / 4 \approx 0,785 d_1^2$ (тут d_1 — діаметр клапанної частини ЗРЕ 1, див. рис. 1) спричиняє рух ЗРЕ 1, який, проходячи шлях $h_{\text{сп}}$, випирається у втулку 2, через яку додатково навантажуються пружиною 5.

Тиск «відкриття» p_1 ГІТ визначається через площу A_1 [3]—[6]

$$p_1 \geq k y_{01} / A_1, \quad (1)$$

а тиск «закриття» p_2 через площу A_2

$$p_2 \leq k(y_{01} + h) / A_2, \quad (2)$$

де k, y_{01} — відповідно жорсткість та попередня деформація пружини 2 — регулятора тиску «відкриття» p_1 ГІТ; $h = h_n + h_e$ — хід запірної елементи 1 (запірно-розподільної ланки ГІТ); h_n — додатне перекриття запірної елементи 1; h_e — від'ємне перекриття запірної елементи 1 для повністю відкритого ГІТ.

Виділенням з формули (1) добутку $k \cdot y_{01}$ і врахуванням знайденого виразу в залежності (2), можна встановити зв'язок між тисками p_1 та p_2 [1]—[6]

$$p_2 \leq p_1 A_1 / A_2 + kh / A_2 = p_1 (u_{21})^{0,5} + kh / A_2, \quad (3)$$

де $u_{21} = A_1^2 / A_2^2$ — внутрішнє передатне число ГІТ [3]—[6]. У випадку використання в регуляторі тиску «відкриття» p_1 ГІТ витих пружин, оскільки $A_2 > A_1$, величина ходу h невелика, то складова kh / A_2 залежності (3), — порівняно зі складовою $p_1 (u_{21})^{0,5}$ незначна, що дозволяє в проєктних розрахунках ГІТ нею знехтувати. $p_1 > p_2$, тоді внаслідок відкривання і закривання ГІТ в напірній порожнині A , яка за схеми приєднання ГІТ «на виході» безпосередньо (на пряму) з'єднана з робочою порожниною гідродвигуна ВМ, формуються імпульси тиску з амплітудою $\Delta p = p_1 - p_2$.

На шляху $h_{\text{св}}$ ЗРЕ 1 переміщується під навантаженням двох пружин 4 та 5. Тиск p_2 «закриття» ГІТ розраховується за простою залежністю:

$$p_2 \leq p_1 A_1' / A_2 + (k_1 h_c + k_1' h_{\text{св}}) / A_2 + k_1' y_{01}' / A_2, \quad (4)$$

де k_1, k_1' — відповідно, жорсткості пружин 4 і 5; $A_2 = \pi d_2^2 / 4 \approx 0,785 d_2^2$ (тут d_2 — діаметр золотникової частини ЗРЕ 1 (рис. 1) — площі поперечного перерізу клапанної (A_1') та золотникової (A_2) частин ЗРЕ 1; $h_c = h_{\text{сп}} + h_{\text{св}}$ — хід запірної елементи 1 (запірно-розподільної ланки ГІТ); $h_{\text{сп}}$ — додатне перекриття запірної елементи 1; $h_{\text{св}}$ — від'ємне перекриття запірної елементи 1 для повністю відкритого ГІТ). Згідно з формулою (1) регулювати рівень p_2 можна тільки зміною попередньої деформації y_{01}' пружини 5. Для аналізу меж зміни y_{01}' та оцінки величини жорсткості пружини 5, виразимо жорсткість k_1' та деформацію y_{01}' як частки від k_1 та y_{01} :

$$\theta_1 = k_1' / k_1; \quad (5)$$

$$\xi = y_{01}' / y_{01}, \quad (6)$$

звідки

$$k_1' = \theta_1 \cdot k_1; \quad (7)$$

$$y_{01}' = \xi y_{01}. \quad (8)$$

З урахуванням (3), (5) та (6) і $A_2 = A_1 \cdot u_{21}^{0,5}$, перетворимо (4)

$$p_2 = p_1 \cdot u_{21}^{0,5} (1 + \theta_1 \xi) + k_1 h_c A_2^{-1} (1 + \theta_1 h_c / h_{\text{св}}). \quad (9)$$

Нехай $\xi = 1$ та $h_c / h_{\text{св}} = 0,5$, тоді, оскільки $k_1 h_c A_2^{-1} < p_1 u_{21}^{0,5}$, основний вплив на рівень p_2 має вираз $u_{21}^{0,5} (1 + \theta_1)$. Оскільки за параметричним принципом роботи ГІТ $p_2 < p_1$, то $u_{21}^{0,5} (1 + \theta_1) < 1$.

В ГІТ з традиційним регулятором робочого тиску енергоносія величина тиску p_2 визначається

тільки передатним відношенням $u_{21}^{0,5}$, а в ГІТ, що розглядається, — добутком $u_{21}^{0,5}(1 + \theta_1 \xi)$. Це дозволяє низькочастотні однокаскадні ГІТ перевести в розряд високочастотних, наприклад, ГІТ з $u_{21} = 0,3$ і звичайним регулятором тиску не може генерувати імпульси тиску високої частоти внаслідок великої різниці між тисками p_1 та p_2 ($p_2 = 0,3 p_1$). В генераторі з модернізованим регулятором тиску енергоносія для $\theta = 1$ та $\xi = 1$, $p_2 = 0,3 \cdot 2 \cdot p_1 = 0,6 p_1$, що характерно для швидкодійних ГІТ [3]. Якщо орієнтуватись на передатні відношення, $u_{21} = 0,5 \dots 0,6$ ($\nu \geq 40$ Гц), то на основі аналізу (9) для ГІТ високочастотного типу варто рекомендувати $\theta_1 < 1$ та $\xi < 1$, а для низькочастотних ($\nu \leq 20$ Гц, $u_{21} = 0,06 \dots 0,12$) з метою підвищення їхньої швидкохідності — $\theta_1 \leq 1$ та $\xi \geq 1$.

Висновки

1. Встановлено, що у відомих параметричних однокаскадних ГІТ в широкому діапазоні регулюється тиск «відкриття», але відсутнє регулювання тиску «закриття», внаслідок чого це, певною мірою, обмежує технічні та технологічні можливості ГІП ВМ і ВУМ.

2. За результатами аналізу відомих схем і конструкцій і принципів функціонування параметричних ГІТ ГІП за різними схемами приєднання до виконавчих ланок ГІП ВМ чи ВУМ на «на вході», «на виході» та «комбінована», розроблено конструктивну схему та конструкцію параметричного однокаскадного ГІТ прямої дії за схемою приєднання «комбінована» з регульованим тиском «закриття» p_2 .

3. Компонівка розробленого параметричного однокаскадного ГІТ прямої дії виконана у вигляді трьох складальних одиниць (блоків) — розподілення енергоносія, дроселя регулювання режиму посадки запірно-регулюючого елемента 3 та регулятора рівнів тисків «відкриття» p_1 та «закриття» p_2 ГІТ, в якому керована зміна тиску p_2 «закриття» ГІТ досягається за допомогою додаткової пружини, що стискається після переміщення запірно-регулювального елемента 3 на відстань його додатного перекриття $h_{сп}$. Така компоновка блоків ГІТ дозволяє, у випадку необхідності, відносно просто змінювати їхню конструкцію без зміни суті приєднувальних блоків.

4. Діапазон регульованого тиску «закриття» p_2 розробленого параметричного однокаскадного ГІТ визначається за заданого діапазону зміни тиску його «відкриття» p_1 варіюванням безрозмірних параметрів θ_1 і ξ у (5) і (6).

5. На основі аналізу процесу (див. залежності (1) та (9) регулювання тиску «закриття» p_2 , розробленого параметричного однокаскадного ГІТ) встановлено, що для високочастотного типу ГІТ ($\nu \geq 40$ Гц, $u_{21} = 0,5 \dots 0,6$) варто рекомендувати $\theta_1 < 1$ та $\xi < 1$, а для низькочастотних ($\nu \leq 20$ Гц, $u_{21} = 0,06 \dots 0,12$), з метою підвищення їхньої швидкохідності — $\theta_1 \leq 1$ та $\xi \geq 1$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх, М. Р. Обертюх, і В. І. Томчук, «Генератори імпульсів тиску для гідроімпульсних приводів технологічних машин», *Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету*, вип. 7, с. 9-4, 2000.
- [2] Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх, і І. В. Севостьянов, *Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій*, моногр. Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2006, 291 с. ISBN 978-966-641-523-6.
- [3] Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх, і М. Р. Архипчук, *Генератори імпульсів тиску для керування гідроімпульсними приводами вібраційних та віброударних технологічних машин*, моногр. Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008, 171 с.
- [4] Р. Р. Обертюх, і М. Р. Архипчук, «Генератори імпульсів тиску із параметричним принципом керування другим каскадом», *Вібрації в техніці та технологіях*, № 4 (56), с. 60-65, 2009.
- [5] Р. Р. Обертюх, А. В. Слабкий, С. Р. Андрухов, і В. О. Кудраш, «Параметричні однокаскадні генератори імпульсів тиску підвищеної пропускної здатності», *Вісник машинобудування та транспорту*, № 1, с. 40-48, 2019.
- [6] Р. Р. Обертюх, і А. В. Слабкий, *Пристрої для віброточіння на базі гідроімпульсного привода*, моногр. Вінниця: ВНТУ, 2015, 164 с.
- [7] Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх, і О. В. Поліщук, *Використання гідроімпульсного привода в обладнанні переробних виробництв*, моногр. Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця 2013, 116 с.
- [8] Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх, М. Р. Архипчук, і О. В. Поліщук, «Кульковий двокаскадний генератор імпульсів тиску», *Патент України F01L13/00. № 46373 Україна*, МПК (2009), 25. 12. 2009.
- [9] Р. Р. Обертюх, А. В. Слабкий, і М. В. Марущак, «Віброударні гідроімпульсні пристрої підвищеної швидкодії для динамічного деформаційного зміцнення поверхонь деталей машин з вбудованим генератором імпульсів тиску», *Наукові нотатки*, Луцьк, вип. 59, с. 204-211, 2017.

Рекомендована кафедрою галузевого машинобудування ВНТУ

Обертюх Роман Романович — канд. техн. наук, доцент, професор кафедри галузевого машинобудування;
Слабкий Андрій Валентинович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри галузевого машинобудування, e-mail: slabkiyandrey@gmail.com ;

Шпак Олексій Вікторович — студент магістратури кафедри галузевого машинобудування.
 Вінницький національний технічний університет, Вінниця

R. R. Obertykh¹

A. V. Slabkyi¹

O. V. Shpak¹

Hydroimpulse Parametric Single-Stage Pressure Pulse Generator with Adjustable “Closing” Pressure

¹Vinnitsia National Technical University

The paper presents the results of the analysis of the basic and design diagrams of parametric pressure pulse generators for a hydraulic pulse drive, which showed that parametric single-stage direct-acting pressure pulse generators with different connection schemes to the executive links of the hydraulic pulse drive of vibrating and vibro-impact machines can control the cycles of these low- or medium-power machines or be used as servo drives (first stages) of two- and multi-stage pressure pulse generators. The expediency of expanding the technological capabilities of vibrating and vibro-impact machines by improving the technical characteristics of pressure pulse generators, in particular, expanding the possible control parameters and constructing a hydraulic pulse drive based on high-rigidity elastic elements, such as slotted, ring and disc springs, has been established. The results of the study revealed the feasibility of regulating the closing pressure of the pressure pulse generator, which significantly improved the technical characteristics of the hydraulic pulse drive of vibration and vibration-impact machines. Based on the analysis of known circuits, designs and the principles of operation of parametric pressure pulse generators of a hydraulic pulse drive according to various connection schemes to the executive links of vibration or vibration-impact machines at the “input”, “at the output” and “combined”, a structural diagram and design of a parametric single-stage direct-action pressure pulse generator with a “combined” connection scheme with adjustable “closing” pressure has been developed. The process of regulating the “closing” pressure of the developed pressure pulse generator design has been analyzed, in particular the range of adjustable “closing” pressure for a given range of “opening” pressure changes, and the dependence of the pressure pulse frequency on the internal transmission ratio of the pressure pulse generator's shut-off and regulating element areas has been established.

Keywords: pressure pulse generator; sealing; hydraulic link; hydraulic pulse drive; deformation; rigidity; energy carrier; drive; feed; pressure; stroke.

Obertykh Roman R. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Chair of Industrial Engineering;
Slabkyi Andrii V. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Chair of Industrial Engineering, e-mail: slabkiyandrey@gmail.com ;

Shpak Oleksiy V. — Master's Student of the Chair of Industrial Engineering