

УДК 621.22

В. П. Пурдик, М. Ю. Поздняков

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД ТА МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГНУЧКИХ ТРУБОПРОВОДІВ ВИСОКОГО ТИСКУ

Вінницький національний технічний університет

В статті запропоновано методику та обладнання для визначення динамічних характеристик гнучких рукавів високого тиску (РВТ). Встановлено, що коефіцієнт податливості $K(p)$ залежить від геометричних параметрів та структури (кількості та виду металевих обплетень) РВТ.

ВСТУП

В технологічних машинах різноманітного призначення як стаціонарного, так і мобільного виконання, які в якості джерела енергії використовують гідропривід, для з'єднання безпосередньо виконавчих органів (гідродвигунів поступального та обертального руху) з основними магістралями широко використовуються гнучкі рукави високого тиску (РВТ) [1, 2, 3]. В першу чергу це пов'язано з тим, що робочі органи таких машин повинні виконувати складні просторові рухи в процесі виконання свого службового призначення, що виключає використання жорстких трубопроводів.

Ця обставина негативно впливає на динамічні характеристики машини в цілому, тому що гідравлічна жорсткість РВТ суттєво менша ніж у жорсткого металевого трубопроводу.

Для реального прогнозування швидкодії конкретної машини з гідроприводом в процесі її проектування необхідно знати динамічні характеристики РВТ (в технічній літературі часто використовується термін – коефіцієнт $K(p)$ податливості [4, 5]). Аналітично це зробити досить важко, бо конструкція РВТ представляє собою складну композитну металогумову структуру, яку однозначно математично представити складно. За конструктивними параметрами РВТ відрізняються між собою як кількістю металевих чи гумових обплетень (рис.1) [4], так і формою упакування цих обплетень, зокрема металевого. Адже саме від цього параметра залежить пріоритетний напрямок деформації рукава (радіальний чи осьовий) під дією тиску в гідросистемі.

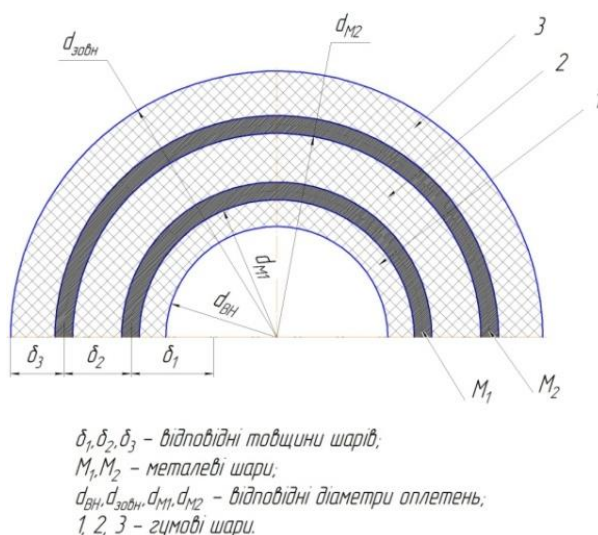


Рисунок 1 – Фізична модель рукава високого тиску з двома металевими обплетеннями

ОСНОВНА ЧАСТИНА

В склад стенда входять: гнучкий рукав 1, що досліджується, вмонтований у спеціальний корпус 2 за допомогою різьбового з'єднання. В корпусі розміщена плунжерна пара 3, плунжер якої кінематично зв'язаний з ексцентриком 4, який обертається аксіально-поршневим гідромотором 5 [6].

В конструкції стенда передбачено реєстрацію в динаміці тиску в порожнині РВТ (давач 11), його деформацію в осьовому та радіальному напрямках відповідно (давачі 10 та 12), а також поступальний рух золотника 3 (давач 14).

Методика проведення експерименту така: порожнину РВТ заповнюють робочою рідиною, чому передують видалення повітряної пробки з трубопроводу за допомогою відгвинчування затвору 10, а потім надають разовий (ступінчатий), або періодичний рух золотнику 3, який вводить в порожнину РВТ відповідний об'єм робочої рідини, і реєструють зміну тиску в РВТ та його деформацію.

Регулювання величини об'єму, що подається в порожнину РВТ здійснюють зміною величини ексцентриситету механізму 3, а його періодичність подачі частотою обертання вала гідромотора, яка регулюється витратою регульованого насоса НП-34 [7].

Під час проведення експерименту РВТ підтримується за допомогою стійок 8, які разом з кутником, де закріплено гідромотор, базуються на столі з Т-подібними пазами 9.

Конструкція стенду дозволяє отримати якісні перехідні процеси в порожнині РВТ під дією разового та періодичного збуджуючого сигналу, яким є певний об'єм рідини, що подається в динамічному режимі, а також побудувати амплітудо-частотну та фазо-частотну характеристики конкретного зразка РВТ.

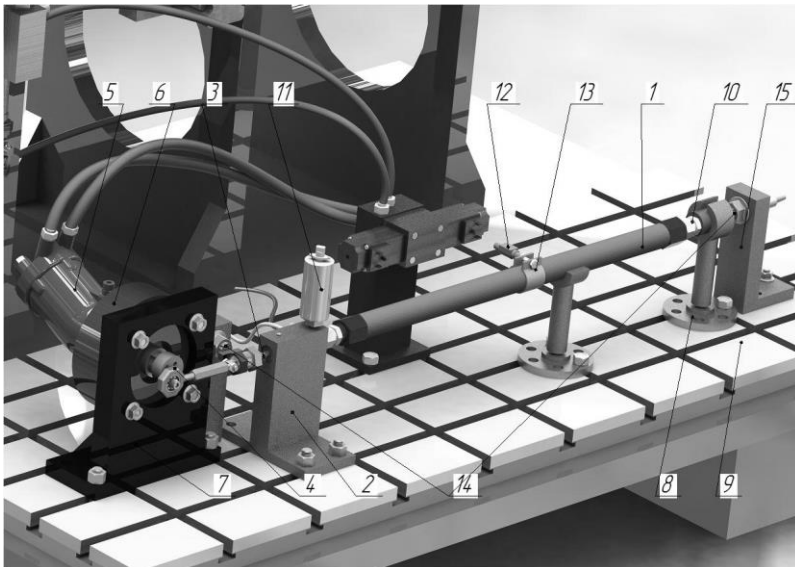


Рисунок 2 – 3D-модель стенда для експериментального дослідження динамічних характеристик РВТ

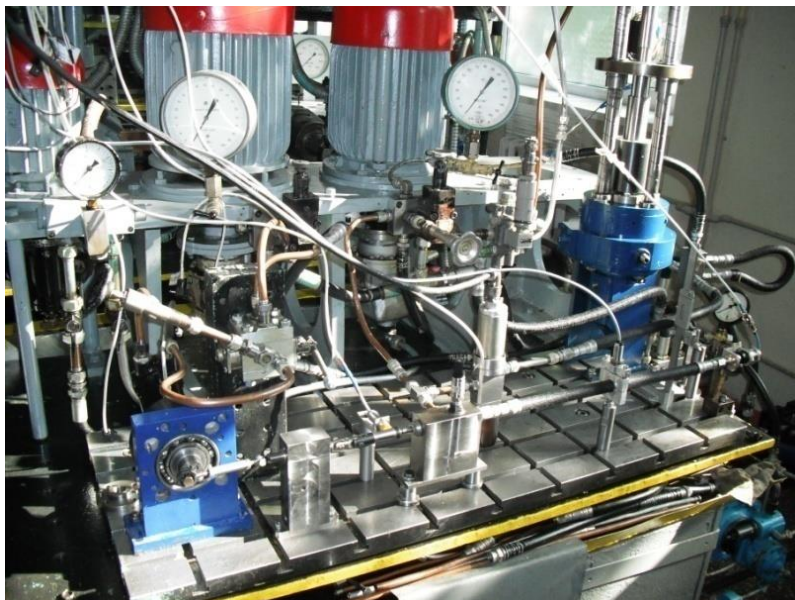


Рисунок 3 – Загальний вигляд стенда для експериментального дослідження динамічних характеристик РВТ

Порядок визначення частотних характеристик, статичного та динамічного коефіцієнтів податливості РВТ із робочою рідиною такий [6, 7, 8, 9]:

1. Рідину подають на гідромотор 5 (у якості робочої рідини використовують мінеральне масло

АМГ-10 [10]), частоту обертання вала гідромотора регулюють витратою регульованого насоса НП-34 в діапазоні 5 – 6000 об/хв і визначають амплітуду коливань тиску й зовнішнього діаметра РВТ.

2. Визначають статичний коефіцієнт податливості РВТ за формулою:

$$K(p) \approx \frac{\Delta W}{W_0 \Delta p}, \quad (1)$$

де ΔW – зміна об'єму РВТ, вираховують за переміщенням плунжера; W_0 – початковий об'єм, відомий з конструктивних параметрів РВТ; Δp – зміна тиску у внутрішній порожнині рукава (визначають за допомогою датчика тиску).

3. Змінюючи подачу рідини на гідромотор 5, послідовно вимірюють амплітуду коливань тиску й зовнішнього діаметра РВТ із різними значеннями частоти коливань плунжера й відповідно коливань тиску в РВТ. Для компенсації можливої зміни амплітуди коливань тиску зі зміною частоти f вхідного сигналу передбачена можливість регулювання ексцентриситету кулачка 9.

Амплітудно-частотну характеристику РВТ визначають за формулою:

$$A_{\Delta L}(f) = \frac{A_{\Delta p}(f) A_{\Delta d} \text{ зовн}(f) K_D(p)(f)}{2}, \quad (2)$$

де $A_{\Delta L}(f), A_{\Delta p}(f), A_{\Delta d}(f)$ – амплітуди коливань зовнішнього діаметра тиску в РВТ та переміщення плунжера з частотою вхідного сигналу f ; $K(p)(f)$ – динамічний коефіцієнт податливості в РВТ.

Якщо $f \rightarrow 0$, то

$$A_{\Delta L_c} = \frac{A_{\Delta p_c} A_{\Delta d \text{ зовн}} K(p)}{2}, \quad (3)$$

де $A_{\Delta L_c}, A_{\Delta p_c}, A_{\Delta d \text{ зовн}}$ – амплітуди коливань зовнішнього діаметра тиску в РВТ та переміщення плунжера в статиці.

Ураховавши співвідношення $A_{\Delta p}(f) = A_{\Delta p_c}$ (підтримуються зміною ексцентриситету) та розділивши (2) на (3), отримаємо:

$$\frac{A_{\Delta L}(f)}{A_{\Delta L_c}} = \frac{A_{\Delta d \text{ зовн}}(f) K_D(p)(f)}{A_{\Delta d \text{ зовн}}(f) K(p)}. \quad (4)$$

Вираз (4) дозволяє визначити величину динамічного коефіцієнта податливості в процесі динамічного навантаження, урахувавши при цьому показники датчиків та значення статичного коефіцієнта податливості. АЧХ РВТ зображена на рис. 4.

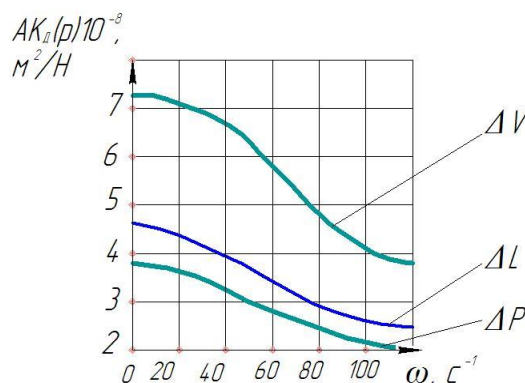


Рисунок 4 – Амплітудно-частотна характеристика РВТ

Приклад перехідних процесів у порожнині РВТ зображено на рис. 5, 6.

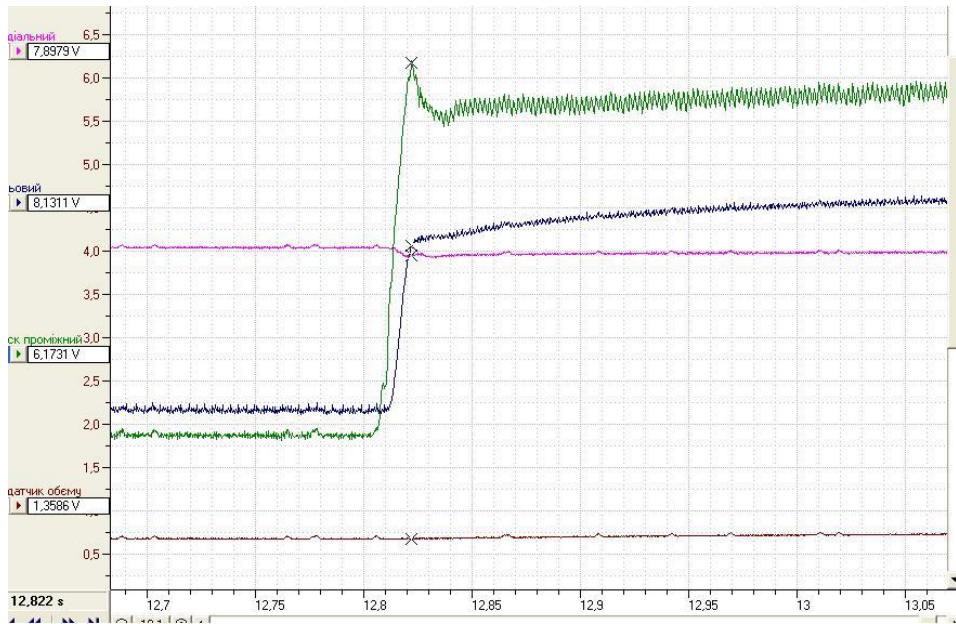


Рисунок 5 – Осцилограма перехідного процесу динамічного навантаження трубопроводу тиском (у вигляді разового ступінчатого сигналу при наявності в його порожнині 5% повітря)

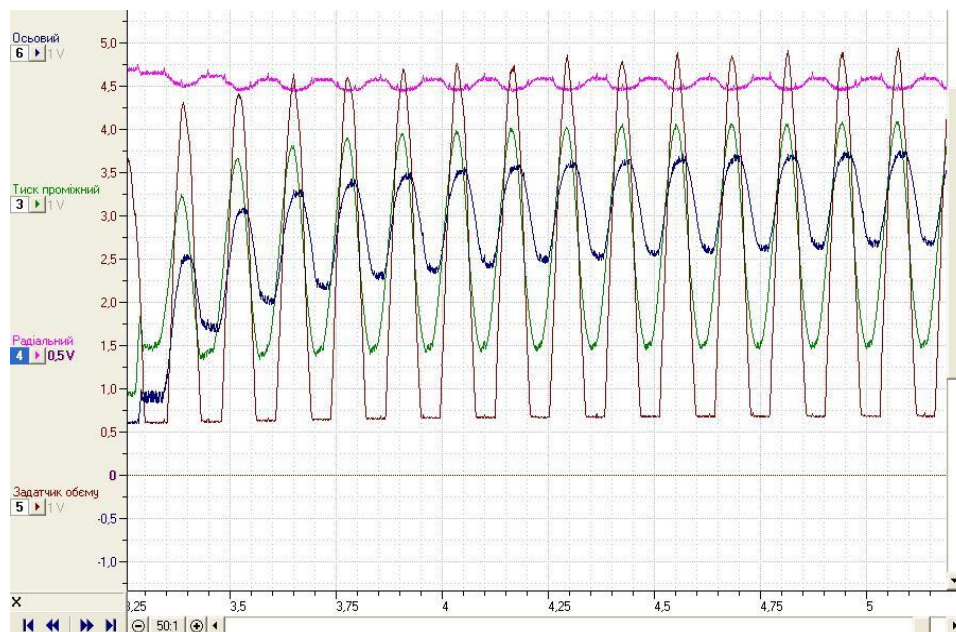


Рисунок 6 – Осцилограма перехідного процесу в трубопроводі при вхідному гармонічному сигналі амплітудою 12 мм з частотою 8Гц

ВИСНОВКИ

Запропонована методика експериментальних досліджень на основі створеної 3D моделі дозволяє встановити величину статичного коефіцієнта податливості $K(p)$ РВТ, визначити динамічний коефіцієнт податливості $K_d(p)(f)$ та встановити залежність зміни цього коефіцієнта від частоти вхідного сигналу.

В результаті проведення експерименту якісно визначено амплітудо-частотні та перехідні характеристики РВТ, які зображені в тексті статті; представлені співвідношення дозволяють одержати необхідні динамічні характеристики РВТ, що дає можливість використовувати отримані дані при проектуванні гідроприводів машин різного призначення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рукава резиновые высокого давления с металлическими оплетками неармированные. Технические условия : ГОСТ 6286-73. – Чинний від 1974-07-01. – М. : Издательство стандартов, 2003. – 16 с.
2. Рукава высокого давления армированные для гидросистем тракторов и сельскохозяйственных машин. Основные параметры и присоединительные размеры : ГОСТ Р 51207-98. – Чинний від 2000-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1999. – 7 с.
3. Немировский И. А. Расчет гидроприводов технологических машин / И. А. Немировский. – К. : Техника, 1992. – 181 с.
4. Дослідження динамічних характеристик рукавів високого тиску / Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, В. І. Савуляк, С. В. Дусанюк // Вісник ВПІ. – 1998. – № 1. – С. 83–87.
5. Experimental study on dynamic pipe fracture in consideration of hydropower plant model / K. Ishikawa, Y. Kono, A. Haga, K. Kato, K. Sugawara // Annual Journal Water Science and Engineering. – 2009. – № 2(4). – P. 60–68.
6. George E. Tolten. Tribology of hydraulic pump testing / George E. Tolten, Gary H. King, Donald M. Smolenski. – Philadelphia : (STP: 1310), 1997. – 376 p.
7. Rowinski Pawel. Experimental Methods in Hydraulic Research / Pawel Rowinski. – Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011. – 321 p.
8. George E. Tolten. Hydraulic failure analysis: fluids, components and system effects / George E. Tolten, David K. Wills, Dierk G. Feldmann. – Philadelphia : (STP: 1339), 2001. – 601 p.
9. Pat. 5,481,902 United States Patent МПК⁶ G01M 3/02, G01M 3/28. Pipe Testing system / Douglas Lanasa. — Claimer and patent holder Lanasa; Douglas (Channelview, TX). – №08/188,023; claimed 28.01.94 ; published 09.01.96.
10. Pat. 4,442,403 United States Patent МПК⁶ G01N 27/90, G01N 027/72, G01N 027/82. Testing installation for pipes having an internal testing unit driven by the rotation of the pipe/ Carl-Ludwig Pohler. — Claimer and patent holder Pohler; Carl-Ludwig (D-5650 Solingen 1, DE). – №06/249,887; claimed 01.04.81 ; published 10.04.84.

REFERENCES

1. Rukava rezinovyе vysokogo davlenija s metallicheskimі opletkami nearmirovannye. Tehnicheskie uslovija : GOST 6286-73. – [Chinnij vid 1974-07-01]. M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 2003. – 16 s.
2. Rukava vysokogo davlenija armirovannye dlja gidrosistem traktorov i sel'skohozjajstvennyh mashin. Osnovnye parametry i prisoedinitel'nye razmery : GOST R 51207-98. – [Chinnij vid 2000-01-01]. M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 1999. – 7 s.
3. Nemirovskij I. A. Raschet gidroprivodov tehnologicheskikh mashin / I. A. Nemirovskij. – K.: Tehnika, 1992. – 181 s.
4. Dusanjuk Zh. P. Doslidzhennja dynamichnykh kharakterystyk rukaviv vysokogho tysku / Zh. P. Dusanjuk, O. V. Deribo, V. I. Savuljak, S. V. Dusanjuk // Visnyk VPI. – 1998. – № 1. – S. 83 – 87
5. Ishikawa K. Experimental study on dynamic pipe fracture in consideration of hydropower plant model / K. Ishikawa, Y. Kono, A. Haga, K. Kato, K. Sugawara // Annual Journal Water Science and Engineering. – 2009. – № 2(4). – P. 60 – 68.
6. George E. Tolten. Tribology of hydraulic pump testing / George E. Tolten, Gary H. King, Donald M. Smolenski. – Philadelphia.: (STP: 1310). – 1997. – 376 p.
7. Rowinski Pawel. Experimental Methods in Hydraulic Research / Pawel Rowinski. – Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 2011. – 321 p.
8. George E. Tolten. Hydraulic failure analysis: fluids, components and system effects / George E. Tolten, David K. Wills, Dierk G. Feldmann. – Philadelphia: (STP: 1339). – 2001. – 601 p.
9. Pat. 5,481,902 United States Patent МПК⁶ G01M 3/02, G01M 3/28. Pipe Testing system / Douglas Lanasa. — Claimer and patent holder Lanasa; Douglas (Channelview, TX). – №08/188,023; claimed 28.01.94 ; published 09.01.96.
10. Pat. 4,442,403 United States Patent МПК⁶ G01N 27/90, G01N 027/72, G01N 027/82. Testing installation for pipes having an internal testing unit driven by the rotation of the pipe/ Carl-Ludwig Pohler. — Claimer and patent holder Pohler; Carl-Ludwig (D-5650 Solingen 1, DE). – №06/249,887; claimed 01.04.81 ; published 10.04.84.

В. П. Пурдик, М. Ю. Поздняков

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД ТА МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГНУЧКИХ ТРУБОПРОВОДІВ ВИСОКОГО ТИСКУ

Вінницький національний технічний університет

В статті запропоновано методику та обладнання для визначення динамічних характеристик гнучких рукавів високого тиску (РВТ).

Об'єкт дослідження - динамічні процеси, що відбуваються в порожнині гнучкого рукава при навантаженні його тиском.

Мета роботи - визначення впливу геометричних параметрів та структури гнучкого рукава високого тиску на його динамічні характеристики.

Реальне прогнозування швидкодії конкретної машини з гідроприводом в процесі її проектування залежить від динамічних характеристики РВТ (в технічній літературі часто використовується термін - коефіцієнт $K(p)$ податливості). Аналітично це зробити досить важко, так як конструкція РВТ представляє собою складну композитну металогумову структуру, яку однозначно математично представити складно.

Запропоновано методику та конструкцію стенду, що дозволяє отримати якісні перехідні процеси в порожнині РВТ під дією разового та періодичного збуджуючого сигналу, яким є певний об'єм рідини, що подається в порожнину РВТ в динамічному режимі, а також побудувати амплітудно-частотну та фазо-частотну характеристики конкретного зразка РВТ.

Встановлено, що коефіцієнт податливості $K(p)$ залежить від геометричних параметрів та структури (кількості та виду металевих обплетень) РВТ.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МЕТОДИКА, РУКАВА, ТИСК, ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, СТЕНД, КОЕФІЦІЄНТ ПОДАТЛИВОСТІ.

Пурдик Віктор Петрович, кандидат технічних наук, Вінницький національний технічний університет, доцент кафедри технології та автоматизації машинобудування ВНТУ, Україна, 21000, м. Вінниця, пр. Космонавтів 36а/33.

Поздняков Михайло Юрійович, Вінницький національний технічний університет, аспірант кафедри технології та автоматизації машинобудування ВНТУ, e-mail: m_p@ukr.net, тел. +380637931802, Україна, 21000, м. Вінниця, вул. Порики 18, кв. 3

V. P. Purdyk, M. Y. Pozdniakov

EXPERIMENTAL STAND AND METHOD OF DETERMINING THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF FLEXIBLE PIPELINES

Vinnitsia National Technical University

The technique and equipment to determine the dynamic characteristics of flexible high pressure hoses (HPH) is proposed in the paper.

The object of the study is the dynamic processes in the oral flexible hose with a load of its pressure.

The purpose of work is to determine the effect influence of geometrical parameters and structure of the flexible high pressure hose on its dynamic characteristics.

The actual forecasting performance of the machine during its hydraulic design depends on the dynamic characteristics of high pressure hose (in the technical literature it is often used the term - coefficient of compliance). Analytically it is quite difficult to do this, because HPH design is a complex composite metal-rubber structure that is mathematically difficult to present clearly.

The method and design of the stand, allowing a qualitative transient processes in cavity hoses under the influence of single and periodic excitation signal, which is a certain amount of fluid supplied to the cavity hoses in dynamic mode and build amplitude-frequency and phase-frequency specific characteristics of the sample hoses.

There has been established that the compliance coefficient $K(p)$ depends on the geometrical parameters and structure (number and type of metal braids) HPH.

KEY WORDS: METHODS, SLEEVE, PRESSURE, DYNAMIC CHARACTERISTICS, STAND, RATE OF COMPLIANCE.

Purdyk Viktor P. – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Chair of Technology and Automation of Machine Building of Vinnytsia National Technical University, Ukraine, Vinnytsia, 21000, sq. Kosmonavtiv 36a/33.

Pozdniakov Mykhailo Yu. – Post-Graduate Student of the Chair of Technology and Automation of Machine building of Vinnytsia National Technical University, e-mail: m_p@ukr.net, tel. +380637931802, Ukraine, 21000, Vinnytsia, Poryka str., 18/3.

В. П. Пурдик, М. Ю. Поздняков

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД И МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИБКИХ ТРУБОПРОВОДОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Винницкий национальный технический университет

В статье предложены методика и оборудования для определения динамических характеристик гибких рукавов высокого давления (РВД).

Объект исследования - динамические процессы, происходящие в полости гибкого рукава при нагрузке его давлением.

Цель работы - определение влияния геометрических параметров и структуры гибкого рукава высокого давления на его динамические характеристики.

Реальное прогнозирование быстродействия конкретной машины с гидроприводом в процессе ее проектирования зависит от динамических характеристики РВД (в технической литературе часто используется термин - коэффициент $K(p)$ податливости. Аналитически это сделать довольно трудно, так как конструкция РВД представляет собой сложную композитную метало-резиновую структуру, которую однозначно математически представить сложно.

Предложена методика и конструкция стенда, что позволяет получить качественные переходные процессы в полости РВД под действием разового и периодического возбуждающего сигнала, которым является определенный объем жидкости, подаваемой в полость РВД в динамическом режиме, а также построить амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики конкретного образца РВД.

Установлено, что коэффициент податливости $K(p)$ зависит от геометрических параметров и структуры (количества и вида металлических оплеток) РВД.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: МЕТОДИКА, РУКАВА, ДАВЛЕНИЕ, ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, СТЕНД, КОЭФФИЦИЕНТ ПОДАТЛИВОСТИ.

Пурдик Виктор Петрович, кандидат технических наук, Винницкий национальный технический университет, доцент кафедры технологии и автоматизации машиностроения ВНТУ, Украина, 21000, г. Винница, пр. Космонавтов 36а/33.

Поздняков Михаил Юрьевич, Винницкий национальный технический университет, аспирант кафедры технологии и автоматизации машиностроения ВНТУ, e-mail: m_p@ukr.net, тел. +380637931802, Украина, 21000, г. Винница, вул. Порики 18, кв. 3.