

Муляр Ю.І.  
Глушич В.О.  
Дусанюк Ж.П.

Вінницький державний  
технічний університет

Дусанюк С.В.

Вінницький державний  
аграрний університет

УДК 621.22

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РУКАВІВ ВИСОКОГО ТИСКУ

*Разработана конструкция стенда для динамических испытаний рукавов высокого давления (РВД) с целью определения ресурса их работы, надежности. Выполнены экспериментальные исследования долговечности различных типоразмеров РВД. Полученные результаты позволяют прогнозировать количество циклов нагружения, которое может выдержать РВД определенного типоразмера до его полного разрушения.*

*Test rig design for the dynamic testing of high-pressure hoses has been developed in order to determine their service life and reliability. Durability tests were performed for the high-pressure hoses of different standard sizes. The obtained results make it possible to predict the number of submersion cycles which the high-pressure hose of the definite size can withstand before its complete failure.*

Надійність і довговічність гідрофікованих технологічних машин суттєво залежить від типових елементів та вузлів, що входять в конструкцію гідравлічного приводу. До таких елементів відносяться рукава високого тиску (РВТ), які забезпечують підвід робочої рідини під тиском до користувачів, її відведення в бак. Тому від надійності рукавів залежить безпечність експлуатації машини, нормальний виробничий процес та якість продукції, що випускається.

Для оцінки та прогнозування надійності, довговічності роботи РВТ проводяться динамічні випробування згідно рекомендацій [1] ГОСТ 6286-73. Проведення таких випробувань та досліджень динамічної витривалості РВТ вимагає створення спеціального стенда, що формує ударні періодичні імпульси навантаження

необхідного характеру (рис. 1).

Дана робота виконана на стенді, який в порівнянні з базовим варіантом [3] був вдосконалений авторами роботи з метою більш повної автоматизації циклу випробування РВТ (при розриві рукава установка автоматично зупиняється).

Принципова схема стенда представлена на рис. 2, а загальний вигляд на рис. 3.

Стенд складається з таких вузлів:

1. Мультиплікатор тиску.
2. Клапан-пульсатор (повнопід'ємний запобіжний клапан).
3. Гідравлічне реле тиску.

Мультиплікатор тиску 22 виконаний спільно з пружинним акумулятором енергії, який складається з чотирьох направляючих 15 з пружинами 16, нерухокої плити 18 і рухокої плити 14. Взаємодія мультиплікатора і акумулятора виконується за рахунок плунжера 20, що встановлений у фланці 21. Щоб звести до мінімуму втрати тиску при відведенні рідини із штокової порожнини поршня 23, в корпусі мультиплікатора 22 виконано ряд радіальних отворів 24, що з'єднують розточку корпусу і збірник 26. Поршень 23 і силовий шток 27 виконані окремо, що забезпечує більшу технологічність виготовлення корпусу і дозволяє при необхідності змінювати коефіцієнт мультиплікації, завдяки установці другого комплекта втулки 28 і силового штока 27. Силовий шток 27 під дією тиску рідини випробуваного рукава постійно знаходиться в контакті зі штоком поршня 23. До порожнини високого тиску мультиплікатора

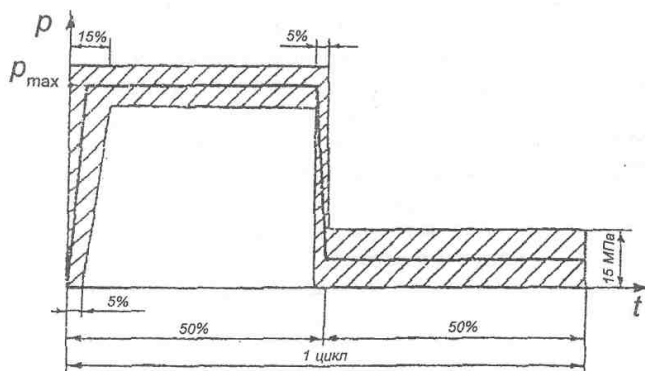
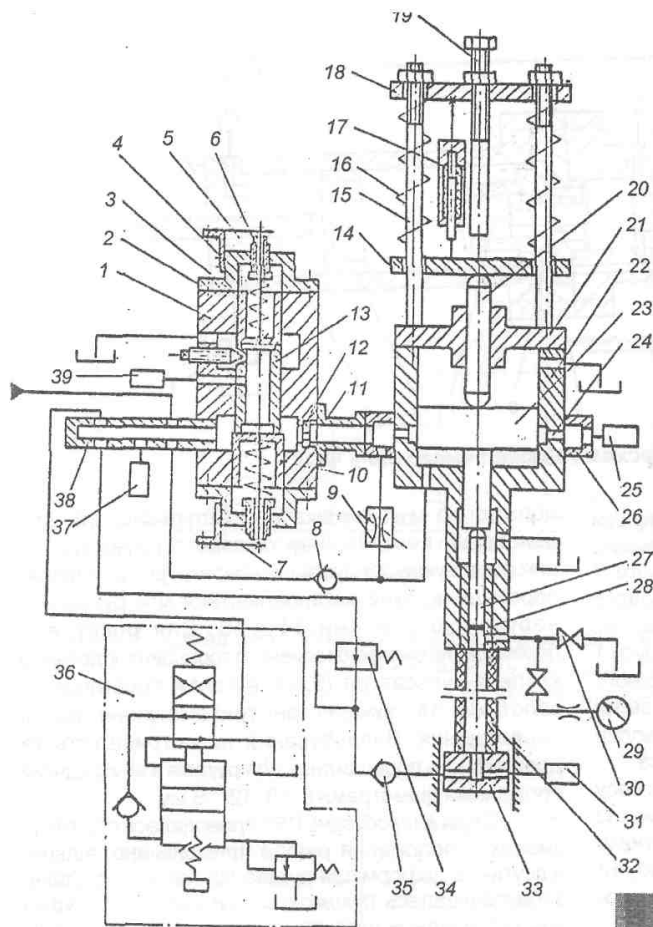


Рис.1. Імпульсний цикл динамічного випробування рукавів згідно ГОСТ 6286-73: P - тиск в РВТ, t - час



**Рис. 2.** Принципова схема установки, що формує імпульси тиску за допомогою мультиплікатора імпульсної дії

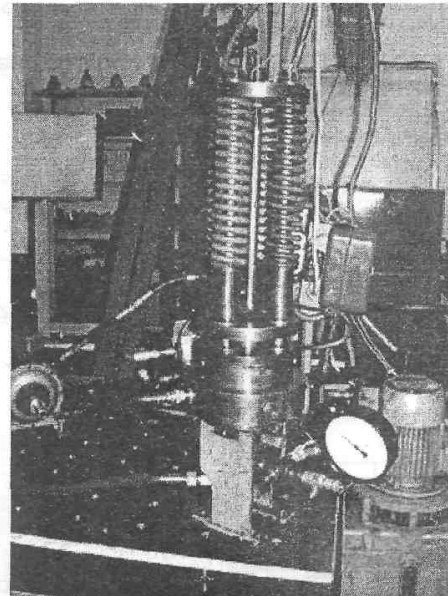
приєднаний випробуваний рукав 32, а другий кінець - до заглушки 33. Щоб компенсувати деформацію рукава 32, заглушка 33 виконана рухомою. Тиск у випробуваному рукаві контролюється давачем тиску 31 або манометром 29.

При установці на випробування нового рукава 32 повітря з нього видаляється таким чином: коли в гідросистемі установки тиск досягає величини  $P_{\max}$ , клапан 34 редує рідину під тиском 0.5 - 1 МПа. Через зворотній клапан 35 рідина поступає в рукав 32, повітря з якого через відкритий кран 30 виходить в атмосферу. Після того, як через кран потече рідина, він закривається. Для попередження удару поршня 23 об корпус 22 в конструкції мультиплікатора передбачено гідравлічне демпфування. Воно включає порожнину, що обмежена розточкою в корпусі 22 і його дном, зворотній клапан 8 і дросель 9. При русі поршня 23 вниз зворотній клапан 8 закривається і рідина із штокової порожнини поршня 23 витісняється через радіальні отвори 2 в збірник 26 і далі через патрубок 11 і дросель 12 в порожнину

високого тиску клапана-пульсатора. Після того, як поршень 23 перекине виточку в корпусі 22, рідина витісняється зі штокової порожнини тільки через дросель 9 з малим отвором, завдяки чому і виникає деформування. Щоб попередити переміщення вгору поршня 23, штока 20 і рухомої плити 14 при спрацюванні клапана-пульсатора 1, який відкривається при тиску, що перевищує  $P_{\max}$ , встановлений регулюєми упор 19. Вимірювання переміщення поршня 23 і силового штока 27 виконувалось за допомогою індуктивного давача 17, що встановлений між нерухомою плитою 18 і рухомою плитою 14.

Клапан-пульсатор корпусом 1 кріпиться до патрубка 11, який в свою чергу кріпиться до збірника 26 мультиплікатора. До порожнини високого тиску клапана-пульсатора з однієї сторони приєднана розподільна плата 38, а з другої сторони-змінна шайба 12, що утворює дросель, за допомогою якого регулюється швидкість підймання тиску у випробуваному рукаві.

До розподільної плати 38 приєднані гідравлічне реле часу 36, клапан підживлення 34, зворотній клапан 8, насосна станція і давач тиску гідросистеми установки 37. Переміщення зливного торцевого золотника 3 реєструється тензометричним давачем переміщення 5,



**Рис.3.** Загальний вигляд установки, що формує імпульси тиску за допомогою мультиплікатора імпульсної дії

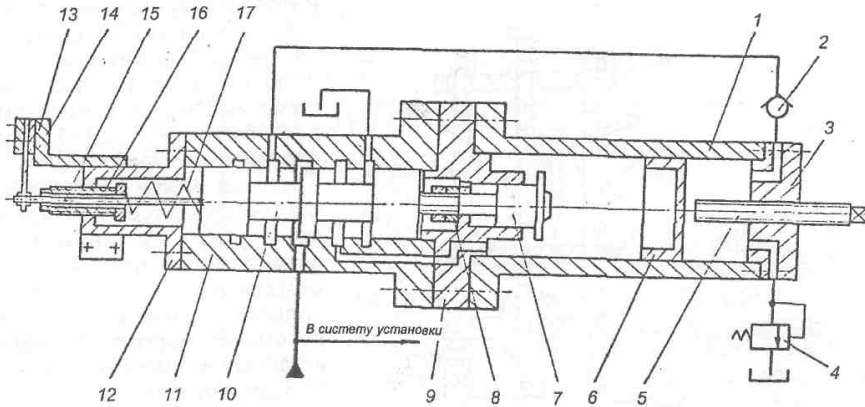


Рис.3. Принципова схема гідравлічного реле часу

який одним кінцем за допомогою кутника 4 кріпиться до фланця 2, а другий кінець через тягу 6 з'єднаний з торцевим золотником 3. Аналогічним давачем 7 вимірюється переміщення силового торцевого золотника 10. Тиск у втулці 13 вимірюється давачем 39, який може безпосередньо кріпитися до корпусу 1 або приєднуватися за допомогою рукавів високого тиску. Тим самим передбачена можливість зміни подативості внутрішньої порожнини втулки 13 і її вплив на динамічні характеристики клапана-пульсатора.

Принципова схема гідравлічного реле часу приведена на рис. 4. Реле часу складається із циліндра 1, перехідного фланця 9 і корпусу золотника 11. В циліндрі 1 рухається вільно плаваючий поршень встановлений на фланці 12, а до другої сторони через тягу 15 з'єднується з золотником 10.

В установці, що формує імпульсом тиску за

допомогою мультиплікатора імпульсної дії, для реєстрації переміщення силового плунжера 27 використовувався індуктивний перетворювач лінійних переміщень, який встановлюється між рухомою і нерухомою плитами 14 і 18. Для реєстрації переміщення силового і зливного торцевих золотників клапана-пульсатора (5, 7), а також переміщення золотника 14 використані тензометричні давачі переміщення. Випробування на витривалість та довговічність проводились для рукавів з внутрішніми прохідними діаметрами 8, 10, 12, 16 мм.

Серія випробувань РВТ проводилась при таких умовах: положення рукава прямолінійне, вільне, відсутність деформацій рукава під час випробувань забезпечувалась рухомою заглушкою, амплітуда і частота імпульсів тиску, температура робочої рідини і навколишнього середовища, швидкість підйому тиску

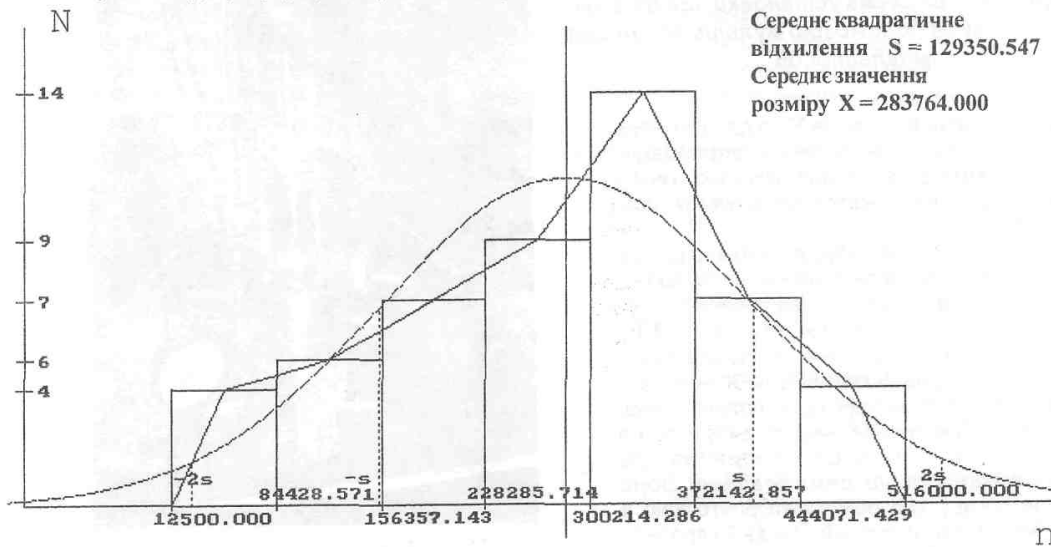


Рис. 5. Крива розподілу результатів досліджень РВТ на витривалість ( $d_{вн} = 8$  мм)  
 N - кількість РВТ, що попадають в даний діапазон  
 n - кількість циклів навантаження

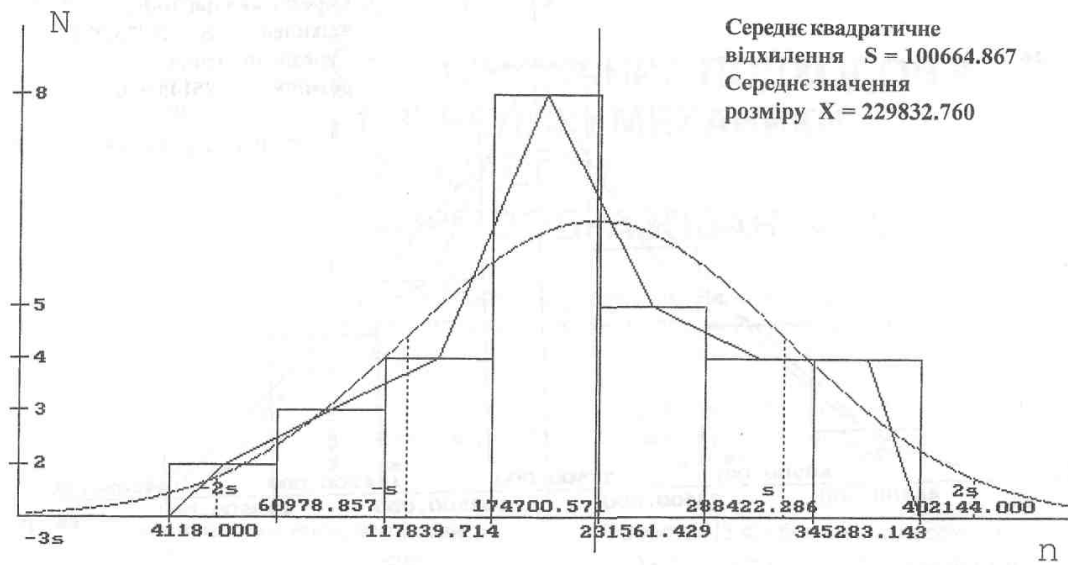


Рис. 6. Крива розподілу результатів досліджень РВТ на витривалість ( $d_{вн} = 16$  мм)  
 $N$  - кількість РВТ, що попадають в даний діапазон  
 $n$  - кількість циклів навантаження

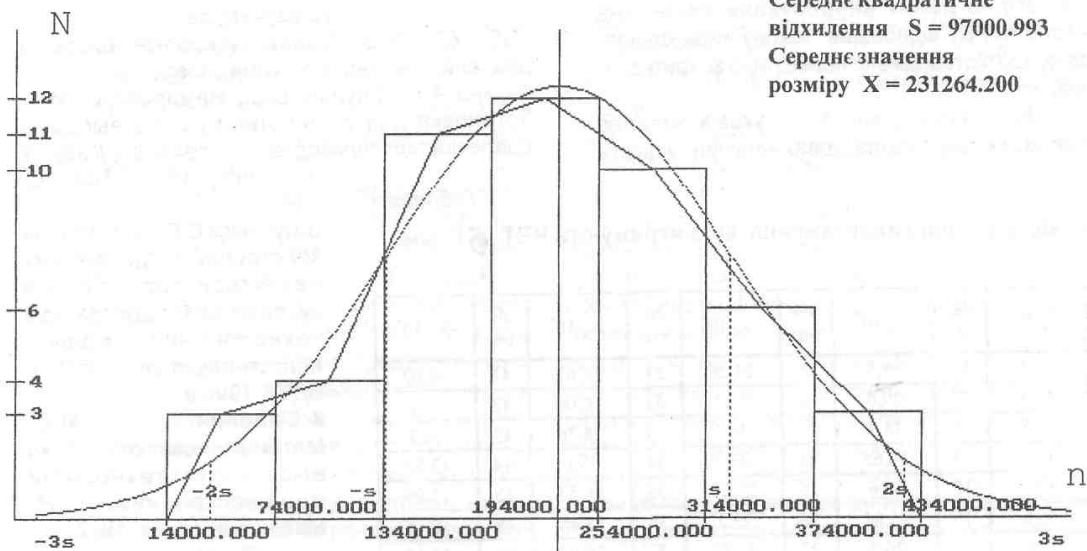


Рис. 7. Крива розподілу результатів досліджень РВТ на витривалість ( $d_{вн} = 10$  мм)  
 $N$  - кількість РВТ, що попадають в даний діапазон  
 $n$  - кількість циклів навантаження

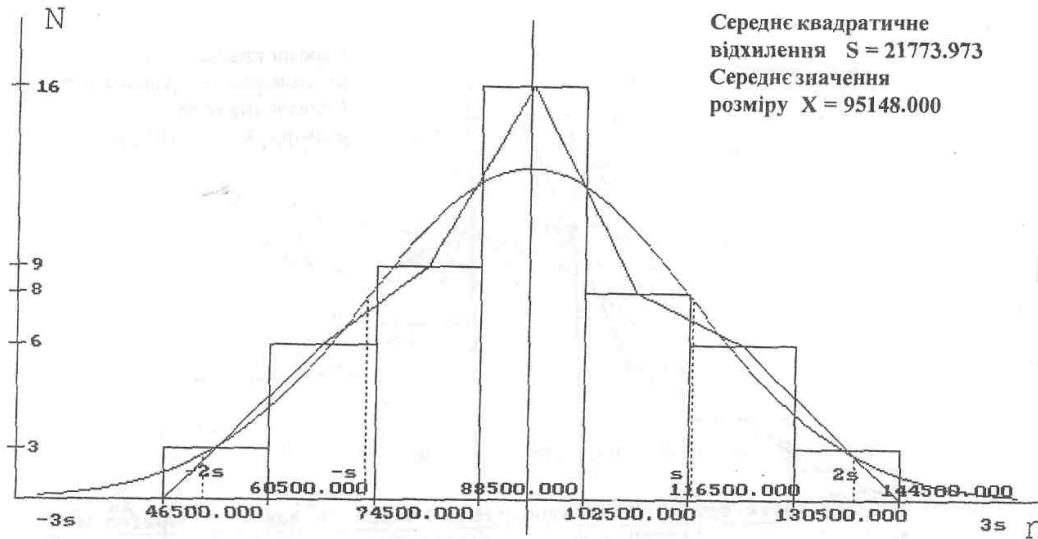


Рис. 8. Крива розподілу результатів досліджень РВТ на витривалість ( $d_{0n} = 12$  мм)  
 N - кількість РВТ, що попадають в даний діапазон  
 n - кількість циклів навантаження

у випробуваному рукаві - постійні, вібрації та механічна дія на рукав відсутні, використовувалась одна і та ж вимірювальна апаратура. В таблиці 1 приведений приклад результатів випробувань РВТ діаметром 10 мм.

Аналогічні дані одержані для рукавів високого тиску діаметрами 8, 12, 16 мм. Побудовані криві розподілу, приклади яких приведені на рис. 5, 6, 7, 8.

**Висновки**

1. Згідно даних випробувань динамічна витривалість РВТ відповідає закону нормального розподілу, що підтверджено перевіркою за критерієм Пірсона.

2. На динамічну міцність рукавів виявляє вплив велика кількість випадкових величин: міцність

проволоки, кут навівання, рівномірність натягу в цілому металевому облєтєнні і однієї проволочки окремо, якість з'єднання з проміжними шарами.

3. Одержані результати дозволяють виконувати динамічні випробування лише для партії РВТ певного типорозміру і прогнозувати динамічну витривалість для решти РВТ згідно закону нормального розподілу.

**Література**

- ГОСТ 62-86-73. Рукава резиновые высокого давления с металлическими оплетками.
- Аигина А.Н., Глушич В.Е., Немировский И.А. Установка для испытания рукавов высокого давления гидроприводов на надежность // Каучук и резина. - 1977. - №8. - С. 49-51

3. Дусанюк С.В. Оптимізація конструкцій та динамічних характеристик рукавів високого тиску гідроприводів технологічних машин. Магістерська дисертація. ВДТУ, 1999 р.

4. Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения. М. Машиностроение, 1972 г.

Статтю представлено доктором технічних наук, професором Ісковичем-Лотоцьким Р.Д.

Таблиця 1

Кількість циклів навантаження, що витримують РВТ  $\varnothing 10$  мм

№ п/п	$N_x \cdot 10^4$	№ п/п	$N_x \cdot 10^4$	№ п/п	$N_x \cdot 10^4$	№ п/п	$N_x \cdot 10^4$	№ п/п	$N_x \cdot 10^4$
1	43,4	11	29,5	21	25,26	31	20,07	41	15,02
2	42,4	12	29,0	22	25,1	32	20,06	42	14,7
3	41,8	13	28,7	23	24,7	33	18,76	43	14,3
4	41,8	14	27,65	24	23,3	34	18,6	44	12,85
5	37,2	15	27,6	25	23,25	35	18,53	45	11,99
6	35,6	16	26,84	26	23,1	36	18,48	46	10,18
7	34,5	17	26,0	27	22,84	37	16,02	47	10,12
8	32,8	18	25,87	28	22,78	38	15,8	48	6,38
9	32,0	19	25,5	29	20,78	39	15,6	49	5,096
10	31,6	20	25,48	30	20,64	40	15,6	50	5,014