

УДК 621.878:621.643.3  
DOI 10.47049/2226-1893-2025-1-21-29

## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕСУРСУ РУКАВІВ ВИСОКОГО ТИСКУ ПОРТОВИХ ВИЛОЧНИХ НАВАНТАЖУВАЧІВ

**В.В. Стрельбіцький**

к.т.н., доцент кафедри «Підйомно-транспортні машини  
та інжиніринг портового технологічного обладнання»  
*vict141174@gmail.com*

**Ю.В. Яровий**

к.т.н., доцент кафедри «Підйомно-транспортні машини  
та інжиніринг портового технологічного обладнання»  
*yurovoy.yu@gmail.com*

**І.В. Герасимов**

доцент кафедри «Підйомно-транспортні машини  
та інжиніринг портового технологічного обладнання»  
*geras@ukr.net*

*Одеський національний морський університет, Одеса, Україна*

**Анотація.** У роботі досліджено ресурс рукавів високого тиску виловних навантажувачів вантажопідйомністю 20 т. Навантажувачі використовують для перевантаження вантажів у морському порту.

У статті викладено дослідження рукавів високого тиску та причин їх виходу з експлуатації, а також подано приклади досліджень, виконаних із використанням візуального та металографічного методів.

Досліджено 6 ідентичних виловних навантажувачів, вантажопідйомністю 20 тонн, котрі експлуатували в літній і зимовий періоди у морських портах понад 15 років для переміщення штучних вантажів.

Встановлено, що найчастіше рукави виходять з ладу внаслідок через порушення вимог експлуатації рекомендованих виробником у вигляді руйнування та розшарування.

Крім того, встановлено що 60 % відмов РВТ пов'язане з передчасним виходом з ладу ущільнень. Ресурс рукавів складає 3500 мотогодин у зимовий період та 4600 мотогодин – у літній.

Число відмов під час зимового сезону помітно перевищує це число в літній період. Це можна пояснити негативним впливом холодних температур на фізичні та механічні властивості рукавів.

**Ключові слова:** навантажувач, рукав високого тиску, ресурс, дефект, надійність.

© Стрельбіцький В.В., Яровий Ю.В., Герасимов І.В., 2025

UDC 621.878: 621.643.3

DOI 10.47049/2226-1893-2025-1-21-29

## RESEARCH OF THE SERVICE LIFE OF HIGH-PRESSURE HOSES OF PORT FORKLIFTS

**V. Strelbitskyi**

Ph.D., associate professor of department «Hoisting and transport machines and engineering of port technological equipment»  
*vict141174@gmail.com*

**Y. Yarovyi**

Ph.D., associate professor of department «Hoisting and transport machines and engineering of port technological equipment»  
*yurovoy.yu@gmail.com*

**I. Gerasymov**

associate professor of department «Hoisting and transport machines and engineering of port technological equipment»  
*geras@ukr.net*

*Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine*

**Abstract.** *The paper research the service life of high-pressure hoses of forklifts with a lifting capacity of 20 tons. Forklifts are used for cargo transshipment in a seaport.*

*The article describes the study of high-pressure hoses and the reasons for their decommissioning, as well as examples of studies performed using visual and metallographic methods. Six identical forklifts with a lifting capacity of 20 tons, which have been used in summer and winter in seaports for more than 15 years to move piece cargo, were studied. It was found that most often the hoses fail due to violation of the operating requirements recommended by the manufacturer in the form of destruction and delamination. In addition, it was found that 60% of the failures of the HPH are due to premature failure of the seals. The service life of the hoses is 3500 motorhours in winter and 4600 motorhours in summer. The number of failures during the winter season is significantly higher than in the summer. This can be explained by the negative impact of cold temperatures on the physical and mechanical properties of the hoses..*

**Keywords:** *forklift, high-pressure hose, service life, defect, reliability..*

**Вступ.** Рукава високого тиску (РВТ) відіграють критично важливу роль у роботі вилочних навантажувачів, є невід'ємною частиною гідравлічної системи, яка забезпечує: підйом та опускання вил, нахил щогли, бічне переміщення каретки, керування додатковим навісним обладнанням та інші функції [1-5].

Вони дозволяють забезпечити надійне з'єднання між гідравлічним насосом та гідравлічними циліндрами, гнучко з'єднувати різні компоненти гідравлічної системи, розташовані в різних місцях навантажувача, забезпечуючи необхідну рухливість, ефективне передавання гідравлічної енергії та керування функціями

навантажувача [1-5]. Втрата керування гідравлічною системою може призвести до небезпечних ситуацій, аварій і пошкодження обладнання.

Проте, використання навантажувачів у портовій зоні пов'язано з численними негативними чинниками, що впливають на ефективність гідроприводу (підвищений робочий тиск, підвищена вологість, наявність дефектів на робочих поверхнях, розшарування гумових компонентів) та призводять до скорочення терміну служби шлангів [3,4,6-9]. Як показує практика, навіть на сьогодні, для техніки з підвищеним рівнем надійності залишається невирішеною проблема раптових відмов шлангів, що працюють під високим тиском [3; 6; 7].

Слід відмітити, що кількість відмов елементів гідроприводу навантажувачів, котрі експлуатуються у різних галузях, може сягати до 60 % від загального числа відмов, причому від цієї величини понад 50% - це відмови рукавів високого тиску в напірних магістралях [1-7; 10; 11]. Тому, оцінка довговічності рукавів високого тиску на сьогодні залишається актуально науково-прикладною задачею.

**З метою** гарантування стабільності та тривалого використання гідравлічних систем навантажувачів важливо вивчити фактори, що впливають на довговічність рукавів високого тиску.

**Викладення основного матеріалу.** Об'єктами досліджень було обрано 6 ідентичних виловних навантажувачів, вантажопідйомністю 20 тонн, котрі експлуатували в літній і зимовий періоди у морських портах понад 15 років для переміщення штучних вантажів. Ресурс роботи РВТ, продуктивність, циклограми роботи та рівень навантажень навантажувачів відрізнялись незначно.

Обстеження навантажувачів проходило один раз у 3 місяці протягом 3-х років. Крім того, візуальний контроль і перевірку гідросистем, гальм навантажувача здійснював водій навантажувачів перед початком та після закінчення роботи. Проаналізовані відомості, котрі містяться у паспорті навантажувача та журналах відділу механіка були виявлені дефекти РВТ наведені на рис. 1.

Розрив рукавів можна пояснити утворенням мікротріщин на поверхні рукавів, зносом шарів та порушенням технології виготовлення внаслідок використання більш дешевих та низької якості матеріалів. Кількість випадків розриву рукавів взимку значно більша, ніж влітку, оскільки низькі температури негативно впливають на фізико-механічні властивості рукавів

Стирання можна пояснити пульсацією рідини у РВТ у сукупності з вібрація обладнання під час виконання технологічних операцій.

Розрив рукавів можна пояснити утворенням мікротріщин на поверхні рукавів, зносом шарів та порушенням технології виготовлення внаслідок використання більш дешевих та низької якості матеріалів. Кількість випадків розриву рукавів взимку значно більша, ніж влітку, оскільки низькі температури негативно впливають на фізико-механічні властивості рукавів

Стирання можна пояснити пульсацією рідини у РВТ у сукупності з вібрація обладнання під час виконання технологічних операцій.

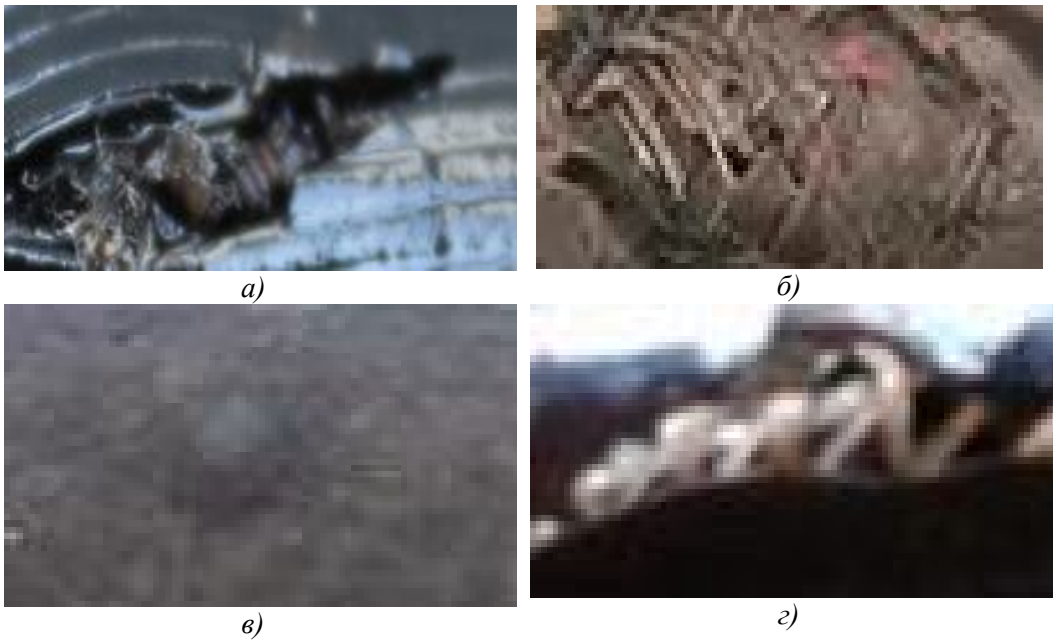


Рис. 1. Дефекти РВТ вилючних навантажувачів:  
тріщини (а); руйнування (б); здуття поверхневе (в); прорив (з)

Розподіл відмов РВТ наведено на рис. 2.

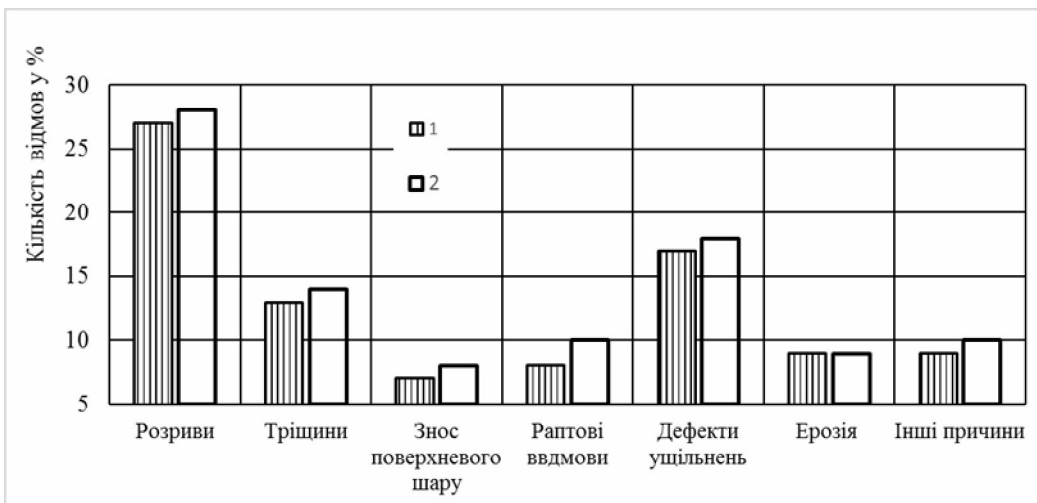


Рис. 2. Розподіл відмов (осереднені значення) рукавів  
у літній (1) та зимовий (2) періоди експлуатації

Під час випробувань стався витік мастила в трубопроводі гідросистеми. Після ретельної перевірки виявлено, що 5 з 44 рукавів мали різний ступінь здуття або витіку масла. За результатами проведеного дослідження під мікроскопом була встановлена причина їх здуття (рис. 1, в). Утворення зазначеного дефекту пов'язане з тим, що гідравлічна рідина змогла проникнути через дрібні тріщини у внутрішній трубці всередину шарів армуючого каркаса. Це призвело до погіршення зчеплення між дротом і гумою, що, своєю чергою, спричинило появу здуття.

Утворення мікротріщин на внутрішній трубці можна пояснити потраплянням повітря у гідросистему. Цей тип пошкодження інколи важко виявити, так як немає неможливо не зруйнувавши рукав виявити розтріскування на шлангу під фітінгами. Лише ознаки зовнішнього витіку вказують на нього.

Основною причиною виходу з ладу армуючого шару (металевої проволочки) є втомне руйнування.

Три рукави передчасно вийшли з ладу у результаті не сумісності рукава з робочою рідиною, що спостерігалось у вигляді руйнувань внутрішньої трубка рукава, набряку та їх розшаровування.

Аналіз випадків виходу з ладу переважної більшості гідравлічних рукавів показав, що причиною є економія коштів на мастилі, запчастинах, технології ремонту та обслуговування. Зокрема, недостатнє затягування фітінгів призводить до витіку мастила в місцях з'єднань, що спричиняє хімічне пошкодження не лише рукава, а й інших деталей механізму. Заміна оригінальних запчастин дешевими аналогами, які часто мають нижчу якість, призвело до швидшого зносу та виходу з ладу. Як наслідок, встановлено що до 20 % відмов РВТ пов'язане з передчасним виходом з ладу ущільнень, що цілком узгоджується з результатами інших досліджень [1; 2; 4; 11].

Слід відмітити, що головною умовою працездатності механізму підйому вил є справність рукавів гідравлічного приводу, т.т. їх цілісність і відсутність слідів зносу. Проте, при підйомі або опусканні шогли рукави рухаються, в результаті гума зношується, оголюючи металевий каркас, після чого відбувається їх розрив. Така несправність може призвести до аварійної ситуації, що загрожує не лише ефективності роботи техніки, але й безпеці працівників.

Крім того, різке підвищення тиску внаслідок невідповідності кутів вигину та зменшення пропускної здатності поперечного перерізу є також причиною руйнування РВТ.

Аналіз показав, що пошкодження шлангів можуть відбуватися через перегрів. Це призводить до того, що шланг стає вкрай жорстким. Внутрішній шар може затвердіти і почати тріскатися, оскільки пластифікатори в еластомері втрачають свою гнучкість за високих температур. При демонтажу із системи РВТ зберігали свою первісну форму, однак при їх згинанні було чутно характерні тріскучі звуки.

За отриманими статистичними даними про відмови було розраховано імовірність безвідмовної роботи  $P$  РВТ [4].

$$P(t) = \frac{n(t)}{N} \quad (1)$$

де  $n(t)$  – кількість виробів, що відмовили;

$N$  – кількість елементів, які брали участь у випробуваннях.

Результати розрахунків імовірності безвідмовної роботи та відмов наведені на рис. 3.

Як видно з рис. 3 гамма-відсотковий ресурс траків РВТ у зимовій та літній періоди експлуатації складають відповідно 3500 та 4500 мотогодин.

Витік гідравлічної рідини з РВТ може призвести до зниження продуктивності навантажувача, втрати гідравлічної рідини, забруднення довкілля та підвищеного ризику нещасних випадків. А вихід РВТ з ладу може призвести до втрати працездатності або неможливості використовувати інше навісне обладнання.

У зв'язку з цим, регулярний моніторинг стану гідравлічних рукавів є критично важливим. Періодичний огляд та заміна старих або пошкоджених елементів повинні стати невід'ємною частиною технічного обслуговування. Важливо також користуватися лише якісними матеріалами, адже дешевші аналоги можуть не витримати навантажень і значно скоротити термін експлуатації обладнання.

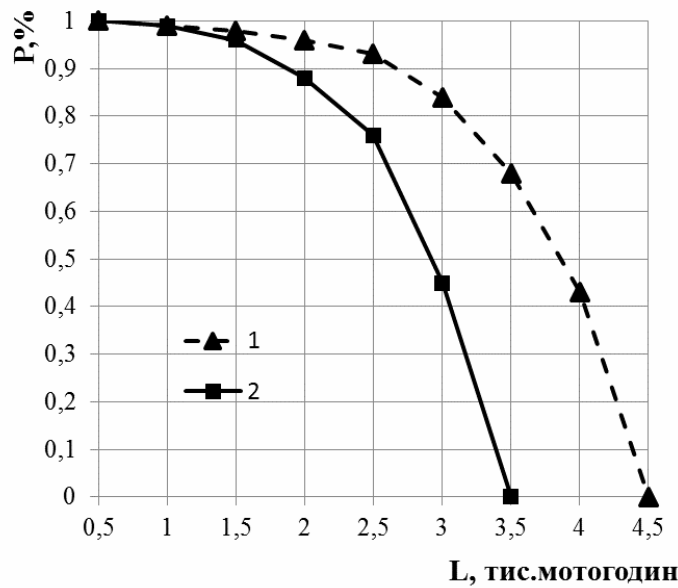


Рис. 3. Імовірність безвідмовної роботи  $P$  рукавів високого тиску при експлуатації у літній (1) та зимовий (2) період в залежності від часу роботи  $L$

Бажання власників зменшити витрати на експлуатацію, обслуговування та ремонт призвело до ігнорування рекомендацій ТО. Тому, основна частина виявлених несправностей та поломок навантажувачів є наслідком прагнення власників до максимального прибутку за умови мінімізації витрат на їх обслуговування та експлуатацію, а також подовження безперервного робочого циклу у сукупності з недбалим ставленням персоналу до виконання своїх обов'язків.

**Висновки.** Рукава високого тиску – це життєво важливі компоненти навантажувачів, їх регулярна перевірка та своєчасна заміна є невід'ємною частиною технічного обслуговування. Несправність РВТ може призвести до серйозних наслідків, тому необхідно приділяти їм належну увагу..

Застосування неякісних гідравлічних рідин, мастил, неякісних ущільнювачів, недотримання технологій монтажу з'єднань – все це може призвести до витоків, корозії та пошкоджень.

Ресурс рукавів складає 3500 мотогодин у зимовий період та 4600 мотогодин – у літній. Це можна пояснити негативним впливом холодних температур на фізичні та механічні властивості рукавів.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Григоров О.В., Петренко Н.О. Вантажопідйомні машини: Навч. посібник. – Харків: НТУ «ХП», 2005. 304 с.
2. Тіщенко Л.М. Проектування вантажопідйомних машин та навантажувачів / Л. М. Тіщенко, В.О. Білостоцький. Харків, 2003. 401 с.
3. Strelbitskyi V. V., Bovnegra L. V., Pavlyshko A. V. Analysis of strength of a fork of the forklift by numerical methods // System technologies. 2023. Т. 3. №. 146. С. 38-45..
4. Андренко П.М. Надійність, технічне діагностування та експлуатація гідро- і пневмоприводів : навч. посіб. / П.М. Андренко, А.Ю. Лебедєв, О.В. Дмитрієнко, М.С. Свиначенко; під ред. проф. П.М. Андренка. – Харків: Видавничий центр НТУ «ХП», 2018. 519 с .
5. Karpenko M., Prentkovskis O., Šukevičius Š. Research on high-pressure hose with repairing fitting and influence on energy parameter of the hydraulic drive. Eksploatacja i Niezawodność. 2022. Т. 24. № 1. Р. 25-32.
6. Стрельбіцький В. Дослідження надійності рукавів високого тиску при експлуатації виловних навантажувачів у морських портах // Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. 2024. Т. 331. №. 1. С. 339-342.
7. Strelbitskyi V. Research of failure hose in the operation of forklifts in seaports // Міжнародна науково-технічна конференція Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні. – 2024. С. 120-123.

8. Немчук О.О. Експериментальне дослідження впливу напрацювання на тріщиностійкість сталей порталних кранів / О.О. Немчук, В.В. Стрельбіцький // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2019. № 1. С. 17-20.
9. Pustovyi, V.M.; Semenov, P.O.; Nemchuk, O.O.; Hredil, M.I.; Nesterov, O.A.; Strelbitskyi, V.V. Degradation of steels of the reloading equipment operating beyond its designed service life. Mater. Sci. 2022, 57, 640-648.
10. Yakimov O. et al. Influence of the geometric characteristics of the discontinuous profile working surfaces of abrasive wheels for precision and temperature when grinding //Cutting & Tools in Technological System. – 2021. №. 94. С. 115-125.
11. Structure of high-pressure hoses for hydraulic transmission. World rubber industry. 2005, 32 (1), 21-26.

### REFERENCES

1. Hryhorov O.V., Petrenko N.O. Vantazhopidiomni mashyny: Navch. posibnyk. Kharkiv: NTU «KhPI», 2005. 304 s.
2. Tishchenko L.M. Proektuvannia vantazhopidiomnykh mashyn ta navantazhuvachiv / L.M. Tishchenko, V.O. Bilostotskyi. – Kharkiv, 2003. 401 s.
3. Strelbitskyi V. V., Bovnegra L. V., Pavlyshko A. V. Analysis of strength of a fork of the forklift by numerical methods // System technologies. 2023. T. 3. №. 146. С. 38-45.
4. Andrenko P.M. Nadiinist, tekhnichne diahnostuvannia ta ekspluatatsiia hidro- i pnevmopryvodiv: navch. posib. / P.M. Andrenko, A.Iu. Lebediev, O.V. Dmytriienko, M.S. Svyarenko; pid red. prof. P.M. Andrenka. – Kharkiv: Vydavnychiy tsentr NTU «KhPI», 2018. 519 s.
5. Karpenko M., Prentkovskis O., Šukevičius Š. Research on high-pressure hose with repairing fitting and influence on energy parameter of the hydraulic drive. Eksploatacja i Niezawodność. 2022. T. 24. № 1. P. 25-32
6. Strelbitskyi V. Doslidzhennia nadiinosti rukaviv vysokoho tysku pry ekspluatatsii vylochnykh navantazhuvachiv u morskykh portakh // Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. 2024. T.331. №.1. S. 339-342.
7. Strelbitskyi V. Research of failure hose in the operation of forklifts in sea-ports//Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiia Informatsiini tekhnologii v metalurhii ta mashynobuduvanni. 2024. S. 120-123
8. Nemchuk O.O. Eksperymentalne doslidzhennia vplyvu napratsiuvannia na trishchynostiikist stalei portalnykh kraniv / O.O. Nemchuk, V.V. Strelbitskyi // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky. 2019. № 1. S. 17-20.
9. Pustovyi, V.M., Semenov, P.O., Nemchuk, O.O., Hredil, M.I., Nesterov, O.A., Strelbitskyi, V.V. Degradation of steels of the reloading equipment operating beyond its designed service life. Mater. Sci. 2022, 57, 640-648.



10. Yakimov O. et al. Influence of the geometric characteristics of the discontinuous profile working surfaces of abrasive wheels for precision and temperature when grinding // *Cutting & Tools in Technological System*. – 2021. №. 94. С. 115-125.
11. Structure of high-pressure hoses for hydraulic transmission. *World rubber industry*. 2005, 32 (1), 21-26

*Стаття надійшла до редакції 00.00.2024*

**Посилання на статтю: Стрельбіцький В.В., Яровий Ю.В., Герасимов І.В.**

Дослідження ресурсу рукавів високого тиску портових виловних навантажувачів // *Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць*, 2025. № 1 (75). С. 21-29. DOI 10.47049/2226-1893-2025-21-29.

*Article received 00.00.2024*

**Reference a journalartic: Strelbitskyi V., Yarovyi Y., Gerasymov I.** Research of the service life of high-pressure hoses of port forklifts // *Herald of the Odesa National Maritime University: Coll. scient. works*, 2025. № 1 (75). С. 21-29. DOI 10.47049/2226-1893-2025-1-21-29.