

СТРЕЛЬБИЦЬКИЙ ВІКТОР

Одеський національний морський університет

<https://orcid.org/0000-0001-7027-9498>e-mail: [vict141174@gmail.com](mailto:vict141174@gmail.com)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН ГІДРОЦИЛІНДРІВ ВИЛОЧНОГО НАВАНТАЖУВАЧА

У роботі наведено дослідження впливу умов експлуатації на технічний стан гідроциліндрів вилочного навантажувача. Об'єкти досліджень використовують для перевантажень вантажів у морському порту. Встановлено види дефектів деталей гідроциліндрів, котрі виникають у процесі експлуатації. Аналіз отриманих даних показав, що ущільнення є найбільш слабкою ланкою гідроциліндрів, у процесі роботи зношуються не тільки ущільнення, а й штоки та гільзи, що призводить до збільшення витоків робочої рідини, зниження коефіцієнту корисної дії, втрати працездатності.

Ключові слова: вилочний навантажувач, гідроциліндр, відмова, ущільнення, знос.

STRELBITSKIY VICTOR

Odessa National Maritime University, Odessa

## RESEARCH OF THE IMPACT OF OPERATING CONDITIONS ON THE TECHNICAL CONDITION OF HYDRAULIC CYLINDERS OF A FORKLIFT TRUCK

Forklifts are widely used for lifting and transporting various loads in warehouses of sea and river ports [1-7]. In particular, due to its characteristic properties: versatility, economy, high mobility and maneuverability (moving cargo in different directions in a limited space). The performance of Port lines depends on their reliable and continuous operation.

The introduction of hydraulic drives can significantly improve the performance of forklifts. The wide use of which is due to a number of advantages: relatively small dimensions and weight, smooth running, the ability of the working fluid to compensate for shock loads, etc.

However, severe operating conditions and cyclic loading modes negatively affect the efficiency of loaders due to the reduced durability of the hydraulic drive. In addition, the durability of the hydraulic drive of the machine is determined by the service life of its components. As practical experience shows, the most frequent failures are the result of gross violations of the operating conditions and maintenance requirements specified by the manufacturer [1,5-7].

To ensure the reliability and durability of hydraulic drives, a comprehensive and complex solution is needed, which provides for qualitative and quantitative analysis of the causes of malfunctions, analysis of the impact of operating factors on performance during Operation.

The aim of the work is to study the impact of operating conditions on the technical condition of hydraulic cylinders of a forklift truck.

The objects of research were selected 18 forklifts with a load capacity of 5 tons, which are widely used in sea and river ports. The volume of overloaded cargo and operating conditions differed slightly during the year.

The inspection of loaders was carried out once a year for 3 years, during the technical inspection period. Visual inspection (control) and inspection of hydraulic systems, brakes was carried out by the loader driver before and after the end of work.

The analysis of the obtained data showed that the seal is the weakest link of hydraulic cylinders, during operation not only the SEALS wear out, but also the rods and sleeves, which leads to an increase in fluid leaks, a decrease in efficiency, and loss of performance.

Keywords: forklift, hydraulic cylinder, failure, seals, wear..

### Постановка проблеми

Вилкові навантажувачі широко використовуються для підйому та транспортування різноманітних вантажів на складах морських та річкових портів [1-7]. Зокрема, завдяки своїм характерним властивостям: універсальності, економічності, високій мобільності та маневреності (переміщенню вантажів в різних напрямках на обмеженому просторі). Від їх надійної і безперервної роботи залежить продуктивність портових ліній.

Впровадження гідроприводів дозволяє значно поліпшити експлуатаційні характеристики вилочних навантажувачів. Широке використання яких зумовлено рядом переваг: відносно малими габаритами і вагою, плавністю ходу, здатністю робочої рідини компенсувати ударні навантаження та ін [1,3-7].

Проте важкі умови експлуатації та режими циклічного навантаження негативно впливають на ефективності використання навантажувачів через зниження довговічності гідроприводу. Крім того, довговічність гідроприводу машини зумовлюється терміном служби його складових. Як показує практичний досвід, найбільш частими відмов є наслідком грубих порушень умов експлуатація та вимог технічного обслуговування зазначених виробником [1,5-7].

Для забезпечення надійності та довговічності гідравлічних приводів необхідне комплексне та складне рішення, яке передбачає якісний та кількісний аналіз причин несправностей, аналіз впливу факторів експлуатації на продуктивність під час експлуатації.

### Аналіз останніх джерел

Аналіз робіт [1,3,5-8] показав що, незважаючи на постійне вдосконалення конструкцій гідроприводу на сьогоднішній день надійність його складових елементів залишається досить низькою. Крім того, кожен вузол вимагає окремого дослідження через те, що на його працездатність впливають умови

експлуатації, геометричні, фізичні та механічні параметрів складових [1,3,5-8].

**Метою роботи** є дослідження впливу умов експлуатації на технічний стан гідроциліндрів вилочного навантажувача.

### Виклад основного матеріалу

Об'єктами досліджень було обрано 16 вилкових навантажувачів, вантажопідйомністю 5т, виробників «Toyota», котрі широко використовуються у морських та річкових портах. Об'єм перевантажених вантажів та умови експлуатації протягом року відрізнялися незначно.

Обстеження навантажувачів проводилось один раз у рік протягом 3-х років, у строки проведення технічного огляду. Візуальний огляд (контроль) і перевірку гідросистем, гальм здійснював водій навантажувачів перед початком та після закінчення роботи. Виявлені дефекти записували у відповідні журнали вилочних навантажувачів.

Найбільша кількість дефектів було зафіксовано у гідроциліндрах нахилу щогли (див.рис.1).

Аналіз дефектів показав, що у процесі роботи відбувається зношення не тільки ущільнень, а й штоків і гільз, що призводить до збільшення витоків робочої рідини, зниження коефіцієнта корисної дії, та може спричинити втрату працездатності.

Встановлено, що власники не завжди дотримувалися графіків технічного обслуговування зазначені виробником.

В 4-х навантажувачів на поверхнях штоків та на поверхнях гідроциліндрів були виявлені нечисельні та неглибокі поверхневі корозійні виразки.

У п'яти навантажувачів ущільнення передчасно вийшли з ладу через використання неякісних запчастин та порушення технології їх виготовлення.

В двох гідроциліндрів було діагностовано витікання мастила з гільзи крізь утворенні тріщини, що є наслідком порушення умов експлуатації (перевантаження) або технології ремонту гідроциліндра.

Руйнування рукавів високого тиску можна пояснити динамічним згином при сумісній дії з пульсуючим навантаженням, утворенням на їх поверхнях мікротріщин, знос поверхневих шарів та ін..

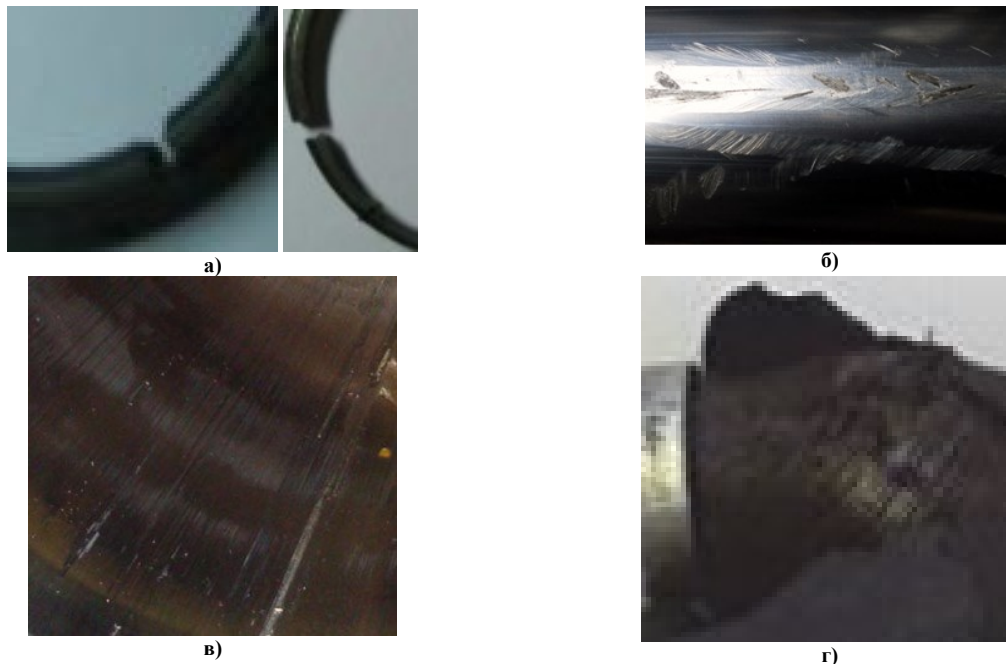


Рис. 1. Дефекти гідроциліндрів: знос ущільнень (а), пошкодження поверхні штоків (б) та гільз (в), руйнування рукавів високого тиску (г)

Внутрішня корозія гільзи гідроциліндрів, котра була виявлена у 3-х навантажувачах, свідчить про забруднення мастил, а також при заливанні в машину рідин. Після заміни мастила та фільтрів вказане явище не спостерігалось.

Переважає більшість виявлених дефектів та відмов є результатом порушень умов експлуатації, так як власники для отримання максимального прибутку зменшили витрати на експлуатацію та обслуговування та збільшили час безперервної експлуатації навантажувачів. Крім того, водій навантажувачів також не завжди сумлінно ставилися до виконання своїх обов'язків.

Розподіл відмов (осереднені значення) гідроциліндрів (осереднені значення), після 7000 годин роботи, наведено на рис.2.

Як видно з рис.2. відмови пов'язані з ущільнюючими елементами (порушенням герметичності) становлять майже половину усіх відмов.

Загально відомо, що основними факторами, що визначають надійність гідроциліндра, є

температура, навантаження, швидкість робочого елемента, а також наявність вібрацій, зношення і руйнування контактних поверхневих шарів [5-8].

У результаті досліджень встановлено, що ущільнення є найбільш слабкою ланкою гідроциліндрів, оскільки зниження працездатності гідроциліндрів відбулося через порушення герметичності внаслідок зношування ущільнень та штоків.

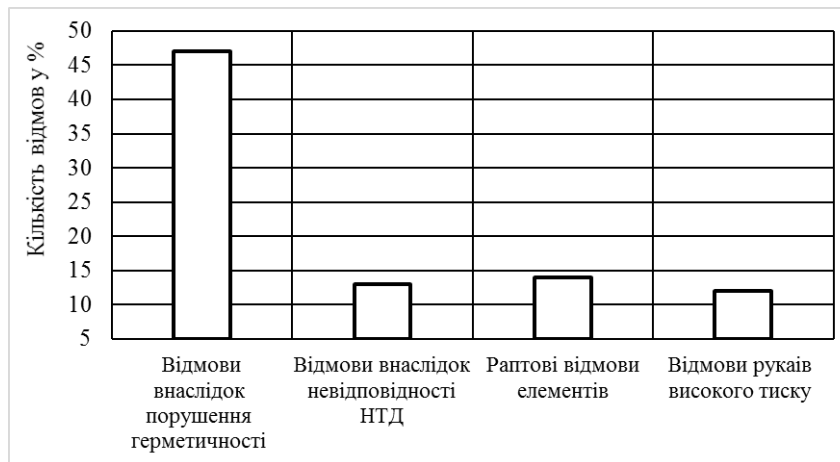


Рис. 2. Розподіл відмов (осереднені значення) гідроциліндрів

Слід відмітити, що у декількох гідроциліндрів було встановлено раптові відмови у вигляді руйнування ущільнення, котрі можна пояснити неможливо спрогнозувати, так як спрогнозувати всю послідовність причинно-діючих факторів неможливо.

Інтенсивний знос ущільнень можна пояснити тим, що під час у порту тверді частинки, які знаходяться у надмірно запиленому та вологому морському повітрі, прилипають до поверхонь штоків утворюючи абразивне середовище, що цілком узгоджується з відомими дослідженнями [5-8].

Знос ущільнень штоку та подряпини гільзи гідроциліндрів можна пояснити твердими частками які потрапили у мастило при роботі вузлів тертя гідроприводу. Для продовження безпечної експлуатації гідроциліндрів було рекомендовано замінити мастило та контролювати вміст твердих частинок у мастил та стан поверхонь його складових.

Забруднення робочих рідин призводять до швидкого зношування розподільних пристроїв насоса, що призводить до зниження ККД.

### Висновки

Аналіз результатів дослідження технічного стану гідроциліндрів вилочного навантажувача показав, що:

- 1) на технічний стан гідроциліндрів впливають умови експлуатації (надмірно запилене та вологе морське повітрі);
- 2) ущільнення є найбільш слабкою ланкою гідроциліндрів, вихід з ладу якої може призвести до аварій;
- 3) в процесі роботи відбувається зношування не тільки ущільнень, а й штоків, що призводить до збільшення витоків робочої рідини, зниження коефіцієнта корисної дії. та може спричинити втрату працездатності, що узгоджується з відомими дослідженнями;
- 4) у декількох гідроциліндрів було встановлено раптові відмови у вигляді руйнування ущільнення, що узгоджується з відомими дослідженнями;
- 5) внутрішня корозія гільзи гідроциліндрів 3-х навантажувачів була пов'язана із забрудненням мастил.

### Література

1. Григоров О. В., Петренко Н. О. Вантажопідйомні машини: Навч. посібник. Харків: НТУ «ХП», 2005. 304 с.
2. Strelbitskiy V.V., Bovnegr L.V., Pavlyshko A.V. Analysis of strength of a fork of the forklift by numerical methods /V.V. Strelbitskiy, L.V. Bovnegr, A.V. Pavlyshko //System technologies. N 3(146) - Dnipro, 2023.- P.38 – 45. .
3. Вікович І.А. Транспортні навантажувально-розвантажувальні засоби: - Львів: Вид-во Львівська політехніка, 2018. - 680 с. .
4. Тіщенко Л. М. Проектування вантажопідйомних машин та навантажувачів / Л. М. Тіщенко, В. О. Білостоцький. – Харків, 2003. 401 с..
5. Андренко П.М. Надійність, технічне діагностування та експлуатація гідро- і пневмоприводів : навч. посіб. / П.М. Андренко, А.Ю. Лебедев, О.В. Дмитрієнко, М.С. Свиначенко ; під ред. проф. П.М.

Андренка. – Харків : Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2018. – 519 с.

6. Сырицын, Т.А. Эксплуатация и надежность гидро- и пневмоприводов/Т.А. Сырицын. — М.: Машиностроение, 1990. — 248 с.

7. Фінкельштейн З. Л. Надійність та експлуатація гідромашин та гідроприводів : навч. посібник / З. Л. Фінкельштейн, П. М. Андrenко, О. В. Дмитрієнко ; Донбаський держ. техн. ун-т, Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Алчевськ : ДонДТУ, 2013. – 142 с..

8. Новицький А. В., Мельник В. І., Лугина С. А. Особливості конструкцій та експлуатаційної надійності гідроциліндрів. Зб. тез., доп., XIV Міжнар. Наук. Конф. «Обухівські читання» 29 березня 2019 року. Київ, НУБіП України 2019 р. С. 104..

#### References

1. Hryhorov O. V., Petrenko N. O. Vantazhopidomni mashyny: Navch. posibnyk. Kharkiv: NTU «KhPI», 2005. 304 s.  
1.1) Strelbitskiy V.V., Bovngra L.V., Pavlyshko A.V. Analysis of strength of a fork of the forklift by numerical methods /V.V. Strelbitskiy, L.V. Bovngra, A.V. Pavlyshko //System technologies. N 3(146) - Dnipro, 2023.- P.38 – 45.
2. Vikovych I.A. Transportni navantazhualno-rozvantazhualni zasoby: - Lviv: Vyd-vo Lvivska politekhniky, 2018. - 680 s.
3. Tishchenko L. M. Proektuvannia vantazhopidomnykh mashyn ta navantazhuvachiv / L. M. Tishchenko, V. O. Bilostotskiy. – Kharkiv, 2003. 401 s. .
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. Svnarenko ; pid red. prof. P.M. Andrenka. – Kharkiv : Vydavnychiy tsentr NTU «KhPI», 2018. – 519 s..
5. Syricyn T.A. Ekspluatatsiya i nadezhnost gidro- i pnevmopryvodov/T.A. Syricyn. — М.: Mashinostroenie, 1990. — 248 s.
6. Finkelshtein Z. L. Nadiinist ta ekspluatatsiia hidromashyn ta hidropryvodiv : navch. posibnyk / Z. L. Finkelshtein, P. M. Andrenko, O. V. Dmytriienko ; Donbaskiy derzh. tekhn. un-t, Nats. tekhn. un-t "Kharkiv. politekhn. in-t". – Alchevsk : DonDTU, 2013. – 142 s...
7. Novytskyi A. V., Melnyk V. I., Luhyna S. A. Osoblyvosti konstruktzii ta ekspluatatsiinoi nadiinosti hidrosylindriv. Zb. tez., dop., XIV Mizhnar. Nauk. Konf. «Obukhivski chytannia» 29 bereznia 2019 roku. Kyiv, NUBiP Ukrainy 2019 r. S. 104