



# ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ ВИРОБНИЦТВА ТА ВІДНОВЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СУДНОВОГО ПРОПУЛЬСИВНОГО КОМПЛЕКСУ

## IMPROVEMENT OF THE MEANS OF PRODUCTION AND RESTORATION OF VESSEL ELEMENTS PROPULSION COMPLEX

Сандлер А. К.<sup>1</sup>, Опришко М. О.<sup>2</sup>

Sandler A. K.<sup>1</sup>, Opryshko M. O.<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Національний університет "Одеська морська академія"

<sup>1,2</sup> National University "Odessa Maritime Academy"

ORCID: <sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0709-0542>, <sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9385-8676>

E-mail:

Copyright © 2024 by author and the journal "Automation of technological and business – processes".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v16i2.2764>

**Анотація.** Вказується, що дейдвудні підшипники служать опорами для суднового валопроводу. Описуються умови експлуатації, дія навантажень і виникнення можливих дефектів, які зменшують ресурс дейдвудних підшипників і суднового валопроводу. Практичний строк експлуатації судів без ремонту визначається винятково технічним станом дейдвудного вузла й величиною зазору між гребним валом і дейдвудними підшипниками, який у процесі зношування підшипників збільшується.

Пропонується нова конструкція свердла гарматне, яке складається з різальної головки з ріжучими пластинами, вставними направляючими твердосплавними роликками по контуру циліндра одного діаметра із ріжучими пластинами. Відмінність пропонованого свердла полягає у тому, що свердло за усією своєю довжиною має наскрізне свердлення у якому на різьбі розташовано регулюючий стрижень, який має конусну ділянку. Стрижень взаємодіє з ріжучими пластинами на поверхню яких нанесено наноструктуроване покриття, у якому міститься 62% монокарбіда, та які закріплені у свердлі на штифтах та підтискуються пружинами. Мазильно-охолоджуюча рідина надходить до них через канал у регулюючому стрижні через який одночасно видаляється стружка. Застосування свердла пропонованої конструкції дозволить підвищити точність ремонтно-відновлювальних робіт.

У відповідності до сформульованої задачі запропоновано нове схемотехнічне рішення свердла гарматного. На відміну від існуючих, застосування запропонованого свердла спроможне підвищити точність ремонтно-відновлювальних робіт. Впровадження нової конструкції свердла дозволить підвищити якості обробки поверхонь дейдвудних пристроїв.

Зроблені висновки про можливість подальшого вдосконалення конструкції свердла на основі новітніх конструкційних матеріалів.

**Abstract.** It is indicated that the deadwood bearings serve as supports for the ship's shaft. Operating conditions, the effect of loads and the occurrence of possible defects that reduce the resource of deadwood bearings and ship shafts are described. The practical period of operation of ships without repair is determined exclusively by the technical condition of the deadwood unit and the size of the gap between the propeller shaft and the deadwood bearings, which increases as the bearings wear out. A new design of a gun drill is proposed, which consists of a cutting head with cutting plates, insertable guide hard alloy rollers along the contour of a cylinder of the same diameter with cutting plates. The difference of the proposed drill is that the drill along its entire length has a through-drilling in which the adjusting rod is located on the thread, which has a conical section. The rod interacts with cutting plates on the surface of which a nanostructured coating containing 62% monocarbide is applied, and which are fixed in the drill on pins and pressed by springs. Lubricating-cooling liquid enters them through a channel in the regulating shear, through which chips are simultaneously removed. The use of a drill of the proposed design will improve the accuracy of repair and restoration works. In accordance with the formulated problem, a new circuit-technical solution of the gun drill is proposed. Unlike the existing



ones, the use of the proposed drill is capable of increasing the accuracy of repair and restoration works. The introduction of a new design of the drill will improve the quality of surface treatment of dead wood devices.

Conclusions were made about the possibility of further improvement of the drill design based on the latest construction materials.

**Key words:** drill, nanostructured coating, cutting plate

**Ключові слова:** свердло, наноструктуроване покриття, ріжуча пластина

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** Валопровід є частиною пропульсивного комплексу судна, передає крутний момент від двигуна до гребного гвинта й сприймає осьові навантаження від гребного гвинта до корпусу судна.

У складі пропульсивного комплексу дейдвудні пристрої є вразливим вузлом. Тому у світовому суднобудуванні йдуть пошуки методів удосконалювання існуючих конструкцій, а також нових конструктивних рішень.

Аналіз досвіду експлуатації свідчить про те, що ресурс дейдвудних підшипників залежить від багатьох факторів: навантаження, що задається, конструкції підшипників, району плавання й ступені забруднення річкової й морської води, вібрації й матеріалу облицювання гребного валу, якості монтажу при будівлі або ремонті судна, а також деформації корпусу судна при експлуатації.

Причинами втрати ресурсних показників дейдвудних підшипників служать необоротні фізичні процеси, що відбуваються на поверхні й в обсязі матеріалу на структурному рівні внаслідок тривалості впливу циклічних напруг. Основними факторами, що сприяють деструкції елементів дейдвудного пристрою, є:

- нерівномірність напруженості по довжині, що приводить до зменшення ефективної довжини підшипника;
- навантаження, отримані розрахунковим шляхом, не відповідають дійсним, що виникають при експлуатації, що й носять динамічний характер;
- кормовий дейдвудний підшипник сприймає основне динамічне навантаження на відстані не більш двох діаметрів гребного валу від кормового зрізу дейдвудного підшипника;
- піддатливість дейдвудних підшипників впливає на величину їх зношування.

Процес іде без видимих ознак зміни властивостей матеріалу й приводить деталь до граничного стану, який характеризується або зміною геометрії або задиром – появою смуги зношування неприпустимої для подальшої експлуатації ширини.

У цих умовах реальний строк міжремонтного періоду експлуатації судів визначається винятково технічним станом дейдвудного вузла й величиною зазору між гребним валом і дейдвудними підшипниками, який у процесі зношування підшипників збільшується.

У міру всебічного розвитку машинобудування, організація нових галузей по виробництві машин і встаткування різного технологічного призначення номенклатура деталей із глибокими отворами швидко розширилася.

Труднощі обробки отворів зростають зі збільшенням їх глибини. Глибину отворів прийнято оцінювати відношенням  $L/D_o$ , де  $L$  – довжина отвору, а  $D_o$  – його діаметр. Це ж відношення використовують і при поділі отворів на глибокі й "неглибокі", і в якості чисельної границі ухвалюють  $L/D_o = 5$ , тому що нормальним інструментом і звичайними способами можна раціонально обробити отвору з відношенням  $L/D_o < 5$ , а для обробки більш глибоких отворів доводиться застосовувати спеціальне устаткування й інструмент і особливі способи обробки. У зв'язку із цим отвори у дейдвудних трубах з  $L/D_o > 5$  прийнято вважати глибокими отворами і застосовувати для їх виготовлення та відновлювання спеціалізований інструмент.

Через велику глибину оброблюваних отворів інструмент для глибокого свердління й розточування має більшу довжину. Для зручності виготовлення й експлуатації його виконують складовим по довжині, використовуючи рознімне з'єднання двох основних частин ріжучого й допоміжного інструментів. Різальний інструмент виконується у вигляді так званої свердлильної (розточувальної) головки, установлюваної на кінці допоміжного інструмента у вигляді стебла (борштанги).

При глибокій свердлінні й розточуванні ріжучі елементи інструментів працюють у тяжких умовах. Виникаючи на цих операціях огранювання, вібрації й порушення безперерйного стружковідводу прискорюють зношування ріжучих елементів і викликають їхню поломку (викрашування ріжучого леза, руйнування всієї ріжучої частини). Через складність і високої вартості цих інструментів продовження строку їх служби має велике значення як з погляду забезпечення продуктивності, так і зниження питомих витрат на інструмент [1, 2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відоме гарматне свердло з твердосплавними пластинами, що зварені з основним свердлом та яке подовжене за допомогою виготовлення подовжуючого хвостовика з подальшою зваркою з основним свердлом та шліфівкою зовнішнього діаметра [3].

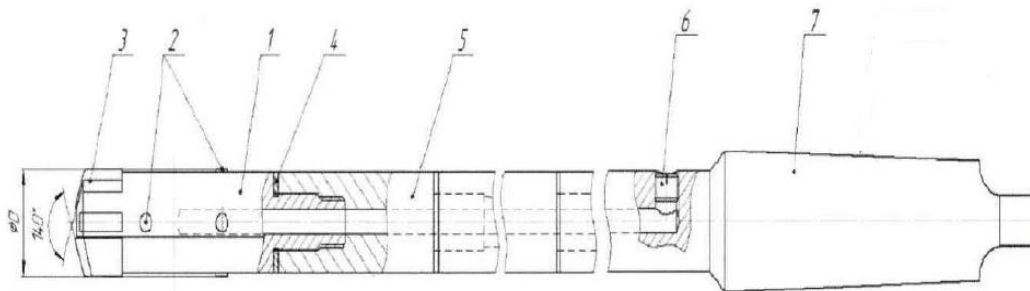
Недоліки пристрою, які обумовлені використанням подовжуючого хвостовика який зварений з основним свердлом:

- складність виготовлення подовженого свердла довжиною понад 2000 мм;
- необхідність наявності великого асортименту діаметрів такого свердла;
- необхідність заміни усього свердла після зношування твердосплавних пластин.

Найбільш близьким за технічною сутністю та результатом, що досягається, до схематичного рішення, що пропонується, є гарматне свердло, яке складається з різальної головки з впаяними ріжучими пластинами,



вставними твердосплавними роликками по контуру циліндра. Ролики виконані одного діаметра із ріжучими пластинами і виконують роль направляючих елементів та запобігають зміщенню осі різання. Подовжуюча частина являє собою модуль, поєднаний за допомогою різьбового з'єднання, що подовжує свердло до необхідної довжини та скріпленій з хвостовиком. Модуль має в собі канал для подачі мастильно-охолоджуючої рідини у зону різання, який заглишений пробкою (рис. 1) [4].



1 – різальна головка; 2 – твердосплавні ролики; 3 – впаяні ріжучі пластини; 4 – прокладка;  
5 – подовжуюча частина; 6 – пробка; 7 – хвостовик

**Рис. 1. Гарматне свердло**

**Fig. 1. Cannon drill**

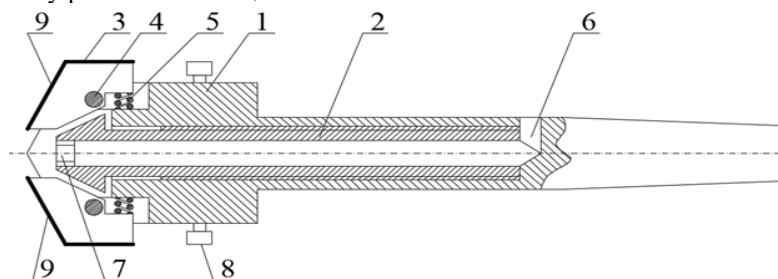
Недоліки пристрою, які обумовлені використанням сполучення металу та скла у основі дзеркала:

- необхідність наявності великого асортименту діаметрів такого свердла;
- необхідність заміни усього свердла після зношування твердосплавних пластин;
- необхідність забезпечення точності з'єднання шляхом центрування по циліндричних поверхнях.

**Постановка завдання.** Мета дослідження – створення свердла гарматного, у якому є можливість корегування номінального діаметра свердла у міру зношування ріжучих пластин, відсутня необхідність додаткових операцій з металообробки свердла при виготовленні подовжуючих елементів, розширений діапазон робочих діаметрів та одночасно збережена простота схематичних рішень свердел відомих типів.

**Викладення матеріалу дослідження.** Поставлена задача вирішується тим, що свердло гарматне, яке складається з різальної головки з ріжучими пластинами, вставними направляючими твердосплавними роликками по контуру циліндра одного діаметра із ріжучими пластинами. Відмінність пропонованого свердла полягає у тому, що свердло за усією своєю довжиною має наскрізне свердлення у якому на різьбі розташовано регулюючий стрижень, який має конусну ділянку. Стрижень взаємодіє з ріжучими пластинами на поверхню яких нанесено наноструктуроване покриття, у якому міститься 62% монокарбіда, та які закріплені у свердлі на штифтах та підтискуються пружинами. Мастильно-охолоджуюча рідина надходить до них через канал у регулюючому стрижні через який одночасно видаляється стружка.

Особливості пропонованого свердла пояснюються кресленням (рис. 2), де зображена різальна головка 1, у якої зафіксовані штифти 4. Навколо штифтів обертаються ріжучі пластини 3. За центральною віссю різальної головки виконано отвір який містить різьбу, яка сполучає різальну головку та регулюючий стрижень 2. Регулюючий стрижень має центральний канал для мастильно-охолоджувальної рідини та оголовок, який з зовнішнього боку утворений поверхнею другого порядку, а з внутрішнього боку має шестигранний отвір для ключа налаштування. Зовнішня поверхня оголовка контактує з ріжучими пластинами, які додатково підтискуються пружинами 5. Центральний канал у регулюючому стрижні сполучається з каналом для мастильно-охолоджувальної рідини у різальній головці 6.



1 – різальна головка; 2 – регулюючий стрижень; 3 – ріжучі пластини; 4 – штифти; 5 – пружини;  
6 – канал для мастильно-охолоджувальної рідини; 7 – шестигранний отвір у регулюючому стрижні;  
8 – направляючі ролики; 9 – наноструктуроване покриття

**Рис. 2. Свердло гарматне**

**Fig. 1. Cannon drill**

На зовнішньому боці різальної головки по контуру циліндра містяться вставні направляючі твердосплавні ролики 8. Ролики виконані одного діаметра із ріжучими пластинами і виконують роль направляючих елементів



та запобігають зміщенню осі різання.

Перед підготовкою до роботи ключом налаштування регулюючий стрижень пересувається уздовж різальної головки. Завдяки взаємодії зовнішньої поверхні оголовка стрижня та ріжучих пластин їм надається обертання навколо штифтів. Внаслідок чого змінюється зовнішній діаметр свердла. Пружини створюють додатковий тиск на пластини, який протидіє самовідгвинчуванню регулюючого стрижня.

Після фіксації свердла у верстаті воно приєднується до трубопровода з мастильно-охолоджувальною рідиною.

У міру зношування ріжучих пластин регулюючим стрижнем виконується корегування зовнішнього діаметра свердла. Наноструктуроване покриття наноситься на робочі поверхні ріжучих пластин детонаційним методом. Застосування покриття сприяє зменшенню коефіцієнта тертя та забезпечує роботу з великим навантаженням без заїдання, чого не можливо досягти при застосуванні традиційного покриття з керамічного порошку [5 - 7].

Стружка, що утворюються видаляється ежекційним методом.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Запропоноване схематичне рішення свердла завдяки застосуванню регульованих ріжучих пластин та регулюючого стрижня забезпечить такі складові технічного ефекту:

- можливість корегування номінального діаметра свердла у міру зношування ріжучих пластин;
- відсутність додаткових операцій з металообробки свердла при виготовленні подовжуючих елементів;
- спрощення конструкції свердла;
- розширений діапазон робочих діаметрів.

З оглядом на можливості, обмеження та недоліки, розвиток дослідження має полягати у:

- подальшому вдосконаленні моделі свердла, яка дозволить враховувати більше факторів, що впливають на можливість здійснювати безперервне застосування протягом тривалих термінів часу;
- пошуках альтернативних матеріалів з більш досконаліми фізико-ко-механічними властивостями для створення захисного покриття ріжучих пластин;
- оптимізації конструкції свердла за критеріями довготривалої надійності та швидкодії.

У відповідності до сформульованої задачі запропоновано нове схематичне рішення свердла гарматного. На відміну від існуючих, застосування запропонованого свердла спроможне підвищити точність ремонтно-відновлювальних робіт. Впровадження нової конструкції свердла дозволить підвищити якості обробки поверхонь дейдвудних пристроїв.

#### Список використаних джерел

1. Патент України № 27198U. МПК (2006) В21С 37/00. Спосіб виготовлення видовжених свердел/ Б. М. Гевко, І. Б. Гевко, І. І. Брошчак, М. Р. Гевко; заявники та володарі патенту: М. Гевко, І. Б. Гевко, І. І. Брошчак, М. Р. Гевко. – u200705163. – заявл. 11.05.2007; – опубл. 25.10.2007. – 3 с.
2. Патент України № 129074. МПК (2018.01) В23В 51/00 В23В 41/02 (2006.01) В23Р 15/00. Модульне гарматне свердло/ О. М. Безвесільна, А. О. Возняковський, О. М. Гержан, В. Г. Цірук, М. В. Цірук; заявники та володарі патенту: О. М. Безвесільна, А. О. Возняковський, О. М. Гержан, В. Г. Цірук, М. В. Цірук. – u201802731. – заявл. 19.03.2018; – опубл. 25.10.2018, Бюл.№ 20. – 3 с.
3. Опришко, М.О. Застосування наноматеріалів для заміни металічних деталей на нові легкі та корозійностійкі // Матеріали науково-технічної конференції "Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт", 22.03.2023 - 23.03.2023. – Одеса: НУ "ОМА", 2023. – С. 52-56.
4. Конструкційні, інструментальні й триботехнічні наноматеріали // Матеріали науково-технічної конференції "Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт", 25.03. 2021- 26.03.2021 – Одеса: НУ "ОМА", 2021. – С. 72 - 76.

#### References

- [1.]Istoriya razvitiya tekhnologii sverleniya glubokikh otverstiy. URL: <https://toolsua.com.ua/page/185.html>.
- [2.]Patent Ukrayiny № 27198U. MPK (2006) V21S 37/00. Sposib vyhotovlennya vydovzhenykh sverdel/ B. M. Hevko, I. B. Hevko, I. I. Broshchak, M. R. Hevko; zayavnyky ta volodari patentu: M. Hevko, I. B. Hevko, I. I. Broshchak, M. R. Hevko. – u200705163. – zayavl. 11.05.2007; – publ. 25.10.2007. – 3 s.
- [3.]Patent Ukrayiny № 129074. MPK (2018.01) B23B 51/00 B23B 41/02 (2006.01) B23P 15/00. Modul'ne harmatne sverdlo/ O. M. Bezvesil'na, A. O. Voznyakovs'kyy, O. M. Herzhan, V. H. Tsiрук, M. V. Tsiрук; zayavnyky ta volodari patentu: O. M. Bezvesil'na, A. O. Voznyakovs'kyy, O. M. Herzhan, V. H. Tsiрук, M. V. Tsiрук. – u201802731. – zayavl. 19.03.2018; – opubl. 25.10.2018, Byul.№ 20. – 3 s.
- [4.]Khuzhakhmedova, KH. S., Yuldasheva, G. B., Rashidov, B. U. Primeneniye nanomaterialov dlya vosstanovleniya pod-shipnikov skol'zheniya // Dostizheniya nauki i obrazovaniya. – 2020. – №5 (59). – S. 4 – 5.
- [5.]Opryshko, M.O. Zastosuvannya nanomaterialiv dlya zaminy metalichnykh detaley na novi lehki ta koroziynostiyki // Materialy naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi "Mors'kyu ta richkovyy flot: ekspluatatsiya i remont", 22.03.2023 - 23.03.2023. – Odessa: NU "OMA", 2023. – S. 52-56.
- [6.]Konstruktsiyini, instrumental'ni y trybotekhnichni nanomaterialy // Materialy naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi "Mors'kyu ta richkovyy flot: ekspluatatsiya i remont", 25.03. 2021- 26.03.2021 – Odessa: NU "OMA", 2021. – S. 72 - 76.

Отримана в редакції 30.04.2024. Прийнята до друку 14.05.2024. Received 30 Aprile 2024. Approved 14 May 2024. AvailableinInternet 23 July 2024