

Ліпенков І.В.

Дунайський інститут

Національного університету «Одеська морська академія»

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ РЕМОНТУ, ШЛІФУВАННЯ І БАЛАНСУВАННЯ ГРЕБНОГО ГВИНТА ДЛЯ ВЕЛИКОТОННАЖНИХ СУДЕН

Анотація. Автором було проаналізовано методи щодо ремонту, шліфування та балансування гребного гвинта. Особливу увагу приділено питанням контролю, що попереджають та виявляють дефекти лопаті гвинта, а також поліпшення експлуатаційних можливостей великотоннажного судна після обробки поверхні гвинта. Мета даної статті полягає у розгляді основних технологічних рішень та способів ремонту і відновленню судових гребних гвинтів з огляду останніх зарубіжних досягнень, спрямованих на впровадження цих методів у вітчизняній практиці судноремонту. Оцінюється стан технологічних процесів і перспектив для визначення доцільності і напрямків механізації або автоматизації судноремонтного виробництва. В статті також запропоновано засоби механізації і автоматизації в операціях для скорочення часу на ремонт гребного гвинта та засоби технологічного оснащення.

Ключові слова: методи ремонту судна, гребний гвинт, великотоннажне судно, шліфування та балансування гвинта, обладнання для судноремонту.

Lipenkov Ihor

Danube Institute

of the National University «Odessa Maritime Academy»

ANALYSIS OF MODERN METHODS OF REPAIR, GRINDING AND BALANCING OF THE PROPELLER FOR LARGE-TONNAGE SHIPS

Summary. The methods for repair, grinding and balancing of the propeller are analyzed by the author. The article deals with the control issues that prevent and detect defects in the screw-propeller blade, as well as to improve the performance of a large-tonnage vessel after processing the propeller surface. The purpose of this article is to consider the main technological solutions and methods of repair and renewal of ship propellers from the perspective of recent foreign attainments aimed at introducing these methods to the domestic practice of ship repair. The state of technological processes and prospects for determining the appropriateness and directions of mechanization or automation of ship repair production is evaluated. The article also proposes the means of mechanization and automation in operations reducing the time for repair of the propeller, including: fitter, molding, foundry and welding. In the process of mechanization (automation) in order to reduce manual labor, it is proposed to use the following means of technological equipment: the installation of induction heating for heat treatment of the propeller and welds, Uint-100-2,4; the milling machine RVD-90A is a unique machine with numerical control. Various devices are used to reduce power losses due to a special guiding apparatus for improving the efficiency of propellers (a contra-propeller fairing, a nozzle guide, a pear-shaped thickening on a rudder blade, a tunnel feed on ships with a small landing, etc.). The purpose of mechanization and automation of technological processes is the comprehensive reduction of manual labor, acceleration of productivity growth, improvement of working conditions and its safety. All this ultimately leads to an increase in the efficiency of production and the improvement of product quality.

Keywords: methods for ship's repair, a propeller, a large-tonnage vessel, grinding and balancing of the propeller, a shiprepairing equipment.

Постановка проблеми. Сучасне судно – складне інженерне спорудження, що складається з корпусних конструкцій, механізмів, пристроїв і систем. Всі ці елементи в процесі експлуатації, функціонуючи як єдине ціле, піддаються постійній і безперервній зміні своєї працездатності під дією механічних навантажень, фізичних, хімічних і інших факторів [2].

Спеціальні пристрої, що перетворюють механічну роботу судової силової установки в зав'язаний тиск, яке долає опори і створює поступальний рух судна називаються рушіями.

Найбільш поширеними завдяки простоті пристрою і роботи, компактності, надійності в експлуатації і найбільшому коефіцієнту корисної дії є *гребні гвинти*.

Характерні пошкодження гребних гвинтів – це загин, часткове або повне обламування лопаті, поява тріщин. Причиною подібних ушкоджень найчастіше є удари лопатей об тверді предмети,

проте нерідкі випадки обламування лопатей без видимих зовнішніх причин: по аналогії з гребними валами такі поломки пояснюються появою втомних тріщин через дії на лопать знакозміних навантажень.

У зв'язку з цим, ми погоджуємось з підприємством Castle Marine Ltd, який запевняє, що ремонт гребного гвинта або крильчатки, як правило, заощаджує від 60% до 75% від вартості заміни.

Аналіз останніх досліджень. Під час роботи гребні гвинти піддаються корозійним і ерозійним руйнуванням, а також отримують механічні пошкодження при удари об твердий ґрунт або плаваючі предмети, що призводить до прогину лопатей, їх поломки, появи тріщин, викривлення крайок, а в деяких випадках і до ослаблення посадки на валу.

Зараз, існує чимало підприємств та майстерень, які на високому професіональному рівні займаються ремонтом гребних гвинтів, лопатей та іншо-

го суднового обладнання. До зарубіжних можна віднести Dutch Propeller Repairs BV (<http://www.dutchpropeller.repair>), Qingdao Oceanlink Marine Engineering Co, Ltd. (<http://www.oceanlinkmarine.com/repair1.asp>), Marine Propeller Systems Ltd. (<https://www.marinepropellers.co.uk>) та ін.

На сьогоднішній день, тематика ремонту саме гребних гвинтів суден мало досліджувалася. Але існує багато паралельних цій проблематиці досліджень. З тематикою проблем ремонту та судноремонтного виробництва, можна ознайомитися у роботах таких науковців, як О.Мазур, В.Бабенко, М.Запорожця, В.Кравцова та ін. Занадто мала відстань між краєм лопаті і днищем, розташування гвинта за погано обтічним дейдвудом і кронштейном, надмірний нахил вала, робота валопроводу в умовах крутильних коливань і т.п. – призводять до появи знакозмінних навантажень, що діють на лопаті. В принципі, при правильній обраної товщині лопаті знакозмінні навантаження можуть привести до її обламування тільки в поєднанні з дією інших факторів, таких, як корозія або кавітаційна ерозія, поява внутрішніх напружень при ремонті шляхом правки лопаті в холодному стані або заварці тріщин без подальшого відпалу і т.д. Таким чином, технологія ремонту гребного гвинта робить істотний вплив на його подальшу працездатність.

Мета даної роботи – проаналізувати основні сучасні технологічні рішення та способи ремонту щодо відновлення суднових гребних гвинтів.

Виклад основного матеріалу. Ремонт гребних гвинтів є одним з важливих елементів їх експлуатації і проводиться під наглядом відповідних відділень Регістру, правила якого визначають вимоги до матеріалів, встановлюють норми міцності лопатей, мінімальні розміри шпильок, що кріплять знімні лопаті. У правилах містяться також вимоги до гідроізоляції вала. Нижче наводяться основні принципи, яких необхідно дотримуватися при виконанні ремонтних робіт.

Обсяг, технологія і методи проведення ремонту залежать від матеріалу, з якого виготовлений гребний гвинт, виду і розмірів дефектів.

Використовують наступні методи ремонту, шліфування і балансування гребного гвинта:

– *необезлічений (індивідуальний) метод* – полягає в тому, що зберігається приналежність відновлених деталей до певного механізму. Механізми знаходяться в ремонті до тих пір, поки всі зняті деталі не будуть відремонтовані і встановлені на своє штатне місце.

– *знеособлений метод* – ремонт, при якому не зберігається приналежність відновлення складових частин певного екземпляру. Зняті агрегати і вузли при цьому методі замінюються відремонтованими або новими, а несправні агрегати і вузли піддаються ремонту і йдуть на комплектування оборотного фонду. При знеособленому методі ремонту спрощується організація ремонтних робіт і значно скорочується тривалість перебування обладнання в ремонті. Економія часу досягається за рахунок того, що об'єкти ремонту не очікують, поки будуть відремонтовані зняті з них складові частини.

– *агрегатний метод* – знеособлений ремонт, при якому несправні агрегати замінюються новими або заздалегідь відремонтованими, взяти-

ми з оборотного фонду. Заміна агрегатів може виконуватися після відмови виробу або за планом. Основною перевагою агрегатного методу ремонту є скорочення терміну ремонту машин і підвищення внаслідок цього коефіцієнта їх використання.

– *метод періодичної заміни ремонтних комплектів (ПЗРК)* полягає в тому, що всі складальні одиниці машини з приблизно однаковими термінами служби групуються в ремонтні комплекти з термінами служби, кратними найменш стійкого комплекту.

Для встановлення періодичності заміни комплектів необхідно встановити ресурс найменш стійкого комплекту. Ремонтні комплекти ремонтують централізовано на заводах, а їх заміну виробляють в умовах експлуатації. При заміні комплектів, а не окремих агрегатів, скорочується кількість ремонтів машин і зменшується простий в ремонтах.

У більшості випадків для ремонту гребний гвинт знімають з вала. Цю операцію виконують в доці або на сліпі. Незначні роз'їдання лопатей усувають наплавленням. Якщо дефектна поверхню займає більше 1/3 лопаті, то її вирізують і приварюють нову. Невеликі прогини лопатей сталевих гвинтів правлять за шаблоном з попереднім підгрівом до 800-900°C. Тріщини усувають електрозварюванням або газовою наплавленням. Обламани лопаті замінюють новими. Особливу увагу при ремонті гребних гвинтів звертають на збереження форми і профілю лопатей, а також кроку гвинта, при зміні яких різко знижується ККД рушія.

Після ремонту гвинти піддають балансуванню. Статичне балансування гребних гвинтів може здійснюватися різними способами: на циліндричній оправці і призмах (ножах), подібно до статичної балансуванню диска ротора турбіни; на циліндричній оправці в центрах токарного верстата; в горизонтальному положенні на спеціальних балансувальних верстатах. Принцип балансування полягає в тому, що на розжареній кульці за допомогою конусної оправки встановлений гребний гвинт. Шарик розташований на вертикальному шпинделі.

У балансувальному верстаті для кульки є гніздо. При обертанні рукоятки за допомогою натискного гвинта і важеля шпindel піднімає гребний гвинт над корпусом стенду. При цьому гвинт нахиляється в бік більш важкої лопаті. Урівноваження гвинта досягається зняттям або додаванням вантажів масою 10-15 г. Після врівноваження проводиться зняття або додавання металу.

Визначення шорсткості поверхні лопатей гребних гвинтів до і після шліфування здійснюється шляхом зіставлення стану поверхні лопатей зі спеціальними шаблонами-еталонами (компараторами Руберто) або зразками шорсткості за ГОСТ 9378-75 і ГОСТ 8.300-78. Зіставлення проводиться візуально або навпомацки. Величина шорсткості приймається рівною відповідному ідеалу (зразком) або проміжному значенню між двома найближчими шаблонами (зразками).

Попередньо від балансований гвинт знімають з вібростенда і знову встановлюють на стенд економічної безпеки-М, де виробляють чистову шліфування й полірування поверхонь лопатей

в районі ремонту Ra 0,32. При цьому обробку ведуть повстятими або фетровими колами з наклеєними на них шліфзерно або шліфпорошки в такій послідовності: шліфзерно 80-25; шліфзерно 40-60; шліфпорошки 6-12; пастою ГОІ.

Після шліфування шорсткість лопатей визначається як середня по зонам I і II. Результати оцінки шорсткості гвинта до і після шліфування повинні бути занесені в паспорт гребного гвинта за формою ГОСТ 5.4391-83 в розділ 9 "Відомості про оглядач і ремонт гребного гвинта в період експлуатації" і зафіксовані в особливих відмітках машинного журналу. Після полірування лопатей гвинт переставляють на пристосування для розгортки конусних отворів і перевіряють конусність отвору в маточині і шпоночного гнізда за калібром. При наявності дефектів розгортають конусний отвір за допомогою пневматичної машинки для обертання розгортки і ручного гвинтового приводу для вертикальної подачі. Шпоночне гніздо виправляють шабровою за калібром або по штатній шпонці.

Виконавши всі операції по слюсарній обробці гвинта після наплавлення і зварювання, необхідно перевірити геометричні параметри лопатей способами, застосовуваними при дефектації. При виявленні відхилень, викликаних зварювальними деформаціями, гвинт повторно правлять і потім направляють на остаточну статичну балансування. Її виконують в тій же послідовності, що і попередню балансування на вібростенді БВ-100, з тією лише різницею, що врівноваженість перевіряють при включеному вібраторі. Це дозволяє підвищити чутливість стенду і забезпечити застосування норми врівноваженості з масою контрольного грузика в 2 г на радіусі 305 мм.

Методи контролю, що попереджають дефекти:

- контроль підготовки під зварювання, при якому проводять перевірку якості зварюваного металу, зварювальних матеріалів, контроль підготовки кромки зварювальних деталей і складання їх у вузол, контроль стану зварювального устаткування і оснащення, кваліфікації складальників і зварників;
- контроль зварювальних робіт з перевіркою режимів зварювання, правильності ведення процесу, порядку накладення швів, зачистки швів і кратерів.

Відомі наступні методи контролю, що виявляють дефекти:

Зовнішній огляд зварного з'єднання. Зовнішнім оглядом можна виявити зовнішні дефекти з'єднання: подрізи, не завірені кратери, напливи, поверхневі пори, непровари, тріщини, пропали, наявність зміщення зварених деталей.

Перед оглядом зварений шов і прилеглі поверхні зачищають від окалини, шлаку, бризок металу. Для огляду можна застосувати лупу з 5-10-кратним збільшенням.

Перевірка зварних швів на непроникність. Перевірка на непроникність проводиться для посудин, що працюють під тиском рідин або газів, після перевірки зовнішнім оглядом і усунення дефектів.

Випробування гідростатичним тиском проводиться одним з двох способів.

Перший спосіб полягає в повному або частковому заповненні водою для відкритих емностей

з часом витримки 2-24 ч. Ємність вважається такою, що витримала випробування, якщо протягом встановленого часу не буде пропусків води і не знизиться її рівень.

Другий спосіб полягає в тому, що закриті посудини (котли, трубопроводи) заповнюються водою зі створенням надлишкового контрольного (в 1,5-2 рази вище робочого) тиску. Виріб витримується під надлишковим тиском 5 хв, потім тиск знижують до робочого, колошовну зону (на 15-20 мм від шва) обстукують молотком з круглим бойком. Ділянки шва з течею в вигляді крапель і запотівання відзначаються крейдою. Вода зливається, а відмічені ділянки шва вирубуються і зварюються, після цього виріб піддається повторному випробуванню.

Випробування тиском газу застосовується для визначення непроникності емностей або трубопроводів, що працюють під тиском.

При перевірці випробувана ємність герметизується і в неї подають газ (повітря, азот, інертні гази) до отримання в ній тиску, заданого технічними умовами. Потім все зварні шви промащуються мильним розчином (100 г мила на 1 л води). Ознакою шлюбу служить поява мильних бульбашок на промазати поверхні.

Малогабаритні ємності при можливості герметизують заглушками, занурюють у ванну з водою і подають газ під тиском на 10-20% вище робочого. Дефекти в швах визначають по появі бульбашок газу в воді у швів.

Випробування аміаком засноване на властивості деяких індикаторів (водний розчин азотнокислої ртуті або спиртово-водний розчин фенолфталеїну) змінювати забарвлення під дією зрідженого аміаку. При цьому способі контролю зварних швів ретельно очищається поверхню зварного з'єднання від шлаку, іржі і масла. Після цього на одну сторону шва укладається паперова стрічка або тканина, просочена індикатором, а з іншого боку нагнітають повітря з домішкою 1% аміаку. Тиск повітря не повинен перевищувати розрахункового для випробуваної конструкції.

При наявності дефектів у шві аміак забарвлює папір або тканину з індикатором в сріблясто-чорний колір через 1-5 хв.

Контроль стану і якості проведених робіт по шліфуванню лопатей і забезпечення вимог цієї інструкції по шорсткості лопатей після шліфування здійснюють представники ОТК СРЗ або БТОФ. Приймання робіт по шліфуванню лопатей здійснюється представником інспекції Регістру за присутністю старшого механіка, або представника судновласника. Результати шліфування повинні бути зафіксовані в паспорті гребного гвинта і відображені в машинному журналі.

Для підвищення ефективності гребних гвинтів використовують різні пристрої, що дозволяють зменшити втрати потужності за рахунок спеціального напрямного апарата (обтічне кермо, виконане у вигляді контргвинта, напрямна насадка, грушоподібне потовщення на пері керма, тунельна корма на суднах з малою посадкою тощо).

Для визначення доцільності і напрямків механізації або автоматизації судноремонтного виробництва важливо оцінити стан технологічних процесів і перспективи їх розвитку. Об'єктивно достовірну оцінку механізації (автоматизації)

технологічного процесу забезпечує система якісних і кількісних характеристик технологічного процесу (ГОСТ 23 004-78. Механізація і автоматизація технологічних процесів в машинобудуванні і приладобудуванні).

Для скорочення часу на ремонт гребного гвинта запропоновані засоби механізації і автоматизації в операціях:

1. *Слюсарна*: заміна газової пальника ГР-1-67 на індукційну нагрівальну установку моделі Уинт-100-2,4.

Заміна механічної обробки гвинта ручними шліфувальними машинками на автоматичну обробку фрезерно-розточувальні верстатом РВД-90А.

Заміна ручної талі СВ-100 на таль електричну 2ТЕ 10 000-12.

Заміна гвинтового домкрата на електрогідравлічний.

2. *Формувальна*: заміна пристосувань для ручного приготування формувальної суміші на систему автоматичного приготування суміші моделі RV11Vac фірми Eirich (вакуумне приготування суміші).

Заміна частини ручного інструменту для формування на машину формувальну моделі 267 М.

3. *Ливарна*: заміна ручного інструменту на решітку вибивного інерційну моделі 31 215 для вибивання вилівка з піщано-глинистої форми.

4. *Зварювальна*: заміна ручного пальника для аргонодугового зварювання на напівавтоматичну зварювальну установку А-1197.

В процесі механізації (автоматизації) з метою скорочення ручної праці пропонується застосовувати такі засоби технологічного оснащення:

– установку індукційного нагріву для термообробки гвинта і зварних швів Уинт-100-2,4. Високоякісне і швидке нагрівання дає: високу продуктивність; легкість регулювання температури деталей, мінімальне викривлення, повний контроль за швидкістю охолодження деталі, можливість повної автоматизації всього процесу нагрівання та охолодження.

– фрезерно-розточний верстат РВД-90А унікальний верстат з числовим програмним управлінням. Він призначений спеціально для обробки складних криволінійних поверхонь габаритних деталей. Він відноситься до машин-автоматів. У керуючій програмі задається вся необхідна інформація в математичній формі, далі прово-

диться завантаження об'єкта обробки. Подальша участь людини в обробці деталі не потрібно.

– сталь електрична призначена для підняття і опускання важких деталей. Вона відноситься до механізованого технічному пристрої, що функціонує при послідовному застосуванні енергії людей і неживої природи, яка управляється людьми.

– зварювальний напівавтомат А-1197 відноситься до механізованого технічному пристрої, який функціонує при послідовному застосуванні енергії людей і неживої природи. Система самостійно подає до місця плавлення дріт, полегшуючи при цьому роботу зварювальника.

Практичне значення отриманих результатів полягає у значному зменшенні часу на відновлення робочих параметрів гвинта після ремонту, що в свою чергу веде до скорочення часу перебування судна в доці. Поліпшення якості обробки поверхні лопатей і балансування із застосуванням сучасного високотехнологічного обладнання призводить до зменшення опору гвинта в процесі експлуатації, як наслідок зменшення витрати палива до 1,5% і збільшення часу перебування в експлуатації до чергового ремонту.

Висновки і пропозиції. На сучасному етапі судового виробництва актуальним завданням є механізація і автоматизація технологічних процесів ремонту суден. Метою механізації та автоматизації технологічних процесів є всебічне скорочення ручної праці, прискорення темпів зростання продуктивності праці, поліпшення умов праці та її безпеки. Все це в кінцевому підсумку веде до підвищення ефективності виробництва і поліпшення якості продукції. Саме рівень механізації і автоматизації ремонтних робіт прямо впливає на бюджет ремонтного часу судна, а в кінцевому підсумку – на економічні показники судна.

Запропоноване нове обладнання і оснащення дозволить підвищити продуктивність праці, поліпшити умови роботи і безпеку, що призведе до підвищення ефективності виробництва і поліпшення якості послуг, що надаються судноремонтними підприємствами, що і є основною метою механізації і автоматизації ремонту суден. Перспективою подальших наукових досліджень вважаємо детальний розгляд проблеми започаткування роботи майстерень та підприємств в Україні, які будуть займатися на професійному рівні ремонтом гребних гвинтів.

Список літератури:

1. Кулик Ю.Г., Сумеркин Ю.В. Технология судостроения и судоремонта. Москва : Транспорт, 1988. 352 с.
2. Zaporozhets I.M. Upravlenie stoimostyu v proektakh sudoremontnogo predpriyatiya [Cost management in projects of the shipbuilding enterprises]. – Zbirnyk naukovykh prats NUK, 2010, no. 4, issue 433, pp. 154–161.
3. Повышение эффективности технической эксплуатации среднеоборотных дизелей морских судов [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.08.05 / Бабенко Вера Михайловна ; Севастопольский национальный технический ун-т. Севастополь, 2002. 158 л.

References:

1. Kulik Yu.G., Sumerkin Yu.V. Tehnologiya sudostroeniya i sudoremonta. Moskva : Transport, 1988. 352 s.
2. Zaporozhets I.M. Upravlenie stoimostyu v proektakh sudoremontnogo predpriyatiya [Cost management in projects of the shipbuilding enterprises]. Zbirnyk naukovykh prats NUK, 2010, no. 4, issue 433, pp. 154–161.
3. Povyishenie effektivnosti tehnicheckoy ekspluatatsii sredneoborotnyih dizeley morskikh sudov [Tekst] : dis. ... kand. tehn. nauk : 05.08.05 / Babenko Vera Mihaylovna ; Sevastopolskiy natsionalnyiye tehnicheckiy un-t. Sevastopol, 2002. 158 l.